



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE ECONOMIA E RELAÇÕES
INTERNACIONAIS
GRADUAÇÃO EM RELAÇÕES INTERNACIONAIS**



RODOLFO SOUZA FONSECA

RELAÇÕES INTERNACIONAIS, CLIMA E ENERGIA

**UBERLÂNDIA
2024**

RODOLFO SOUZA FONSECA

RELAÇÕES INTERNACIONAIS, CLIMA E ENERGIA:

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Relações Internacionais, da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em Relações Internacionais.

Orientador: Prof. Dr. Sylvio Luiz Andreozzi

UBERLÂNDIA
2024

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer ao meu Orientador, pela compreensão e pela sabedoria, e aos meus pais, meu companheiro e meus amigos, pelo apoio emocional e material. Quero agradecer também as minhas querências, as Minas Gerais e o Tocantins. Espero contribuir com a sociedade brasileira, retribuindo parte do trabalho e do tempo investidos em mim.

RESUMO

Este trabalho investiga questões políticas e econômicas dos grandes mercados de energia, no contexto da consolidação da agenda climática a nível global, através da análise das grandes economias produtoras e grandes economias consumidoras de combustíveis fósseis (petróleo, gás natural e carvão mineral), e também de grandes mercados de energia renovável (energias eólica, solar fotovoltaica, hidrelétrica, de biomassa e geotérmica) e nuclear. O estudo aponta para a centralidade da Ásia na expansão da capacidade de geração global, através de fontes renováveis e de baixo carbono, e também de fontes não-renováveis e de alta emissão de gases de efeito estufa, o que, junto a outros fatores analisados, pode indicar que a transição energética tem sido um processo não-linear de diversificação e não de substituição das matrizes energéticas.

Palavras-chave: Geopolítica da Energia, Transição Energética, Fontes Renováveis, Combustíveis Fósseis.

ÍNDICE DE IMAGENS

Figura 1 – Vista aérea de Malé, Capital das Maldivas	11
Figura 2 – Vista aérea de Funafuti, Capital de Tuvalu	11
Figura 3 – Novas rotas do Ártico	13

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Atividades econômicas e sua participação nas emissões globais de gases de efeito estufa no ano de 2020	18
Tabela 2 - Maiores emissores de gases de efeito estufa por MtCO ₂ no ano de 2020	19
Tabela 3 - Maiores consumidores de energia em exajoules consumidos no ano de 2022	20
Tabela 4 - Maiores produtores de petróleo e sua participação na produção global em 2022	22
Tabela 5 - Maiores consumidores de petróleo e sua participação no consumo global em 2021	23
Tabela 6 - Maiores produtores de carvão mineral e sua participação na produção global no período 2021-2024	27
Tabela 7 - Maiores consumidores de carvão mineral e sua participação no consumo global em 2022	28
Tabela 8 - Maiores produtores de gás natural e sua participação na produção global em 2021	30
Tabela 9 - Maiores consumidores de gás natural e sua participação no consumo global em 2021	31
Tabela 10 - Maiores produtores de Energia Eólica a nível global em 2022	37
Tabela 11 - Maiores produtores de Energia Solar Fotovoltaica a nível global em 2022	41
Tabela 12 - Maiores produtores de Energia Hidrelétrica a nível global em 2023	45
Tabela 13 - Maiores produtores de Energia Nuclear a nível global em 2022	50
Tabela 14 - Maiores produtores de Energia de Biomassa a nível global em 2022	54
Tabela 15 - Maiores produtores de Energia Geotérmica a nível global em 2023	58

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. A EMERGÊNCIA DA QUESTÃO CLIMÁTICA E DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NAS RELAÇÕES INTERNACIONAIS.....	10
2.1. A política internacional do clima	13
2.2. A Geopolítica da Transição Energética	16
3. OS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS E SEUS GRANDES MERCADOS	18
3.1. O Petróleo	21
3.2. O Carvão Mineral	26
3.3. O Gás Natural.....	30
4. AS FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL (E NUCLEAR) E SEUS GRANDES MERCADOS	34
4.1. O Vento.....	35
4.2. A Luz do Sol	39
4.3. Os Rios.....	44
4.4. Os Átomos.....	48
4.5. A Matéria Viva.....	53
4.6. O Calor da Terra.....	57
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
6. REFERÊNCIAS.....	65

1. INTRODUÇÃO

Os processos de alteração nos padrões climáticos do planeta, causados principalmente pela ação antrópica, são conhecidos como mudanças climáticas. A partir da primeira revolução industrial, as emissões de determinados gases, em especial, do dióxido de carbono, tem contribuído para o aquecimento global, cujos impactos já são significativos nos ecossistemas e nas condições de vida das pessoas no mundo todo, especialmente por sua associação a eventos extremos, como a intensificação das ondas de calor, das tempestades e das alterações no regime de chuvas, no nível dos mares e nos ciclos de cheia e de estiagem dos rios.

Essa transformação é amplamente reconhecida pela comunidade científica (assim como sua relação com as atividades humanas), especialmente entre estudiosos da geografia, da biologia e de outras ciências relacionadas. Entretanto, a aceitação da própria mudança climática e de suas implicações na economia e na política passaram por vários momentos, desde a constatação de sua ocorrência. O uso politicamente instrumentalizado da questão climática nos ciclos eleitorais e na política internacional (típicos das democracias liberais, mas não somente), as pressões de curto prazo e as metas de lucro (típicas do modelo econômico vigente), além da existência de agentes privados importantes que percebem seus interesses ameaçados pela alteração das matrizes energéticas, são alguns dos exemplos de entraves à construção e à consolidação, não apenas de uma eventual política climática, mas também de uma eventual economia climática.

Nesse cenário planetário adverso, estudos dedicados à reflexão sobre as conexões entre as mudanças climáticas, a economia e a política internacional e o papel de países em desenvolvimento, como o Brasil, se tornam cada vez mais necessários, pois os aspectos geopolíticos da mudança do clima já se consolidaram e são definidores da inserção da maioria dos países na arena política e econômica global.

Os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio - ODM, estabelecidos pela Declaração do Milênio das Nações Unidas, visavam avanço geral em áreas como combate à pobreza e a fome, saúde, meio ambiente, direitos humanos, além de igualdade social, racial e de gênero. Posteriormente foi criada a Agenda 2030 das Nações Unidas, considerada uma das mais

arrojadas da história da diplomacia internacional, e que estabeleceu os sucessores dos ODM: os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS (e suas 169 metas específicas), tendo as questões econômicas, sociais e ambientais como seus pilares. Os ODS tem a finalidade principal, universal e declarada de acabar com a pobreza, proteger o planeta e garantir paz e prosperidade para todos até 2030. Entre os 17 ODS, estão inclusos: energia limpa e acessível para todos (objetivo 7), cidades e comunidades sustentáveis (objetivo 11) e ação global contra as mudanças climáticas (objetivo 13). Esta pesquisa é motivada por e bastante relacionada a esses objetivos específicos (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2024).

Em março de 2023, o Painel Intergovernamental para as mudanças climáticas (IPCC), publicou mais um de seus relatórios anuais, com dados considerados preocupantes, alertando que, é preciso reduzir as emissões de gases do efeito estufa em 50% até 2030 e em 99% até 2050, para que não sejam ultrapassados os limites recomendados pela ciência (de no máximo +1,5°C até 2100). O IPCC apontou também que os setores energéticos são uns dos principais emissores de gases causadores de efeito estufa, em todo o mundo, e que, portanto, esses setores têm função fundamental a desempenhar diante deste grande desafio (ALVES, 2023).

A transição energética, é um processo que tem como marca principal a mudança de matrizes energéticas baseadas predominantemente em fontes não-renováveis e notavelmente emissoras de gases de efeito estufa, para matrizes mais diversificadas, mais eficientes e mais sustentáveis, com ênfase nas fontes renováveis e em tecnologias consideradas mais sustentáveis. Portanto, a transição energética implica em uma grande reconfiguração no padrão de produção e de consumo de energia no mundo todo (ONU NEWS, 2022).

Este trabalho analisa alguns indicadores do atual estágio da chamada transição energética, em nível global, sob ponto de vista da configuração e de distribuição ao redor do mundo das grandes fontes de energia e de seus maiores mercados, o que inclui tanto aqueles abastecidos por fontes energéticas consideradas de alta emissão de gases de efeito estufa, quanto aqueles baseados em fontes energéticas renováveis ou de baixa emissão de gases de efeito estufa, ou seja, através da observação e da comparação entre várias fontes energéticas e da geopolítica de seus mercados produtores e mercados consumidores, e também de suas perspectivas para o futuro. Este estudo tem como objetivo principal, identificar a relação do processo de descarbonização e transição energética global com: novas e velhas tendências dos mercados de energia, relações de dependência energética tradicionais e emergentes entre os

países, regionalidades dos grandes mercados produtores e consumidores, e diferenças importantes na inserção de grandes economias emergentes e economias de rendimento avançado nessa nova conjuntura econômica e climática global.

A metodologia baseia-se em uma revisão de textos acadêmicos, artigos de revistas, fontes jornalísticas e outras publicações. Os critérios para a seleção de artigos, matérias e outras fontes incluem a atualidade da discussão, a relevância para o tema, e a credibilidade da fonte. A busca por essas fontes foi realizada em bancos de dados acadêmicos, agências governamentais e intergovernamentais, jornais e plataformas de publicação online. Essas informações, coletadas de diferentes fontes, foram analisadas e sintetizadas para alcançar uma compreensão abrangente. A análise qualitativa dos dados foi realizada através da identificação de padrões e temas emergentes nesses dados.

2. A EMERGÊNCIA DA QUESTÃO CLIMÁTICA E DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NAS RELAÇÕES INTERNACIONAIS

As mudanças climáticas têm influenciado as relações internacionais e a economia global há décadas. O próprio surgimento e o estabelecimento das noções de Norte e de Sul Global (nações ricas/nações pobres, sociedades pós-imperiais/sociedades pós-coloniais, economias desenvolvidas/economias em desenvolvimento), têm sua origem nas primeiras negociações políticas internacionais em torno da mudança climática e das questões ambientais (MIGUEL, MAHONY, MONTEIRO, 2019).

Durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, em 1992, no Rio de Janeiro, ativistas utilizaram a regionalização “Norte/Sul” do globo, para denunciar questões problemáticas relacionadas à globalização, que afetariam mais seriamente o Sul, e que seriam reflexos de políticas econômicas historicamente controladas pelo Norte (MIGUEL, MAHONY, MONTEIRO, 2019).

Ou seja, as próprias nomenclaturas utilizadas comumente em nossos dias para nos referirmos às dicotomias mais centrais da política global, já foram, em boa parte, definidas ou tiveram sua definição influenciada por fatores e variáveis oriundas da dimensão climática da geopolítica (MIGUEL, MAHONY, MONTEIRO, 2019).

Mas o mero aumento da temperatura em algumas regiões do globo já é o suficiente para o surgimento de novas realidades geopolíticas neste século. Com a subida do nível dos mares, nações insulares e costeiras que são, em sua maioria, países em desenvolvimento, correm o risco de perderem parte e eventualmente, em alguns casos, a totalidade de seus territórios.

A Aliança dos Pequenos Estados Insulares (que hoje reúne 44 países insulares, arquipelágicos e costeiros de baixa altitude do Caribe, da Costa Atlântica Africana, do Índico e do Pacífico) foi fundada na década de 1990, tendo as mudanças climáticas e o consequente aumento do nível do mar como questão mais urgente de seus membros, cujas economias em geral são historicamente vulneráveis, e cujos estados são historicamente marginalizados nos grandes fóruns internacionais (com eventuais exceções, como Cingapura) (ALLIANCE OF SMALL ISLAND STATES, 2023).

Tomemos então como exemplo paradigmático pequenas nações arquipelágicas estabelecidas em Atóis que, portanto, têm suas cidades erguidas a pouquíssimos metros acima do nível do mar. A subida do nível das águas tem impactos irreversíveis para as populações de pequenos estados insulares, como Malvinas, Kiribati e Tuvalu. A possível perda de habitat, de território, de meios de subsistência, da identidade cultural, de tradições materiais e imateriais, além de várias outras questões sociais e econômicas, tornam a mudança climática uma ameaça existencial imediata para esses países (IPCC, 2021).

Figura 1 e 2 – Respectivamente, vista aérea de Malé, Capital das Maldivas e Funafuti, Capital de Tuvalu



Fontes: Euro Divers, 2023 e Dias, 2023

Essa ameaça existencial já é instrumentalizada por potências estrangeiras. Em novembro de 2023, Tuvalu e Austrália, anunciaram que iriam celebrar a chamada “União Falepili”, um tratado bilateral (cujo nome na língua tuvaluana se refere a um conjunto de valores associados à boa vizinhança, ao compartilhamento e à ajuda mútua) (GRARE, REUTER, 2023).

Neste tratado, Camberra se comprometeu com a segurança e a defesa de Tuvalu. Um acordo especial de vistos para tuvaluanos migrarem para o continente Australiano foi firmado, além da assistência ao desenvolvimento, resiliência e adaptação à mudança climática de Tuvalu, que foi incrementada (GRARE, REUTER, 2023).

Em troca, Tuvalu deverá consultar a Austrália antes de toda parceria de segurança e defesa nacional com qualquer outro estado nacional. Para a Austrália, a parceria afasta Tuvalu da crescente influência da China, evidenciada na aproximação recente de Pequim com as Ilhas Salomão (GRARE, REUTER, 2023)

Tuvalu, sendo um arquipélago de nove Atóis com seu ponto mais alto a poucos metros acima do nível do mar, percebe as mudanças climáticas como constituintes de grave ameaça existencial, e não a ascensão da China, como a Austrália considera. A União Falepili demonstra como as percepções de ameaça das grandes potências, inclusive das regionais, como a Austrália, são diferentes das dos países menores e mais vulneráveis, como a maioria das ilhas do Pacífico Sul (GRARE, REUTER, 2023).

As preocupações da Austrália são principalmente estratégicas, enquanto Tuvalu opera em um nível sub estratégico, sendo sua localização, seu único ativo estrategicamente relevante. O Tratado da União Falepili foi feito explorando a vulnerabilidade de Tuvalu diante dos impactos mais graves das alterações climáticas (GRARE, REUTER, 2023).

Outro exemplo de reconfiguração das bases territoriais e geopolíticas em função de fatores climáticos, vem do Pólo Norte. O Ártico tem tido a mais rápida tendência de aquecimento no mundo, equivalente a duas vezes a média mundial, o que tem causado rápidas mudanças ambientais, como a redução do volume das geleiras, o aumento do nível médio do mar, o degelo do permafrost (liberando na atmosfera, grandes quantidades de CO₂ e gás metano), o avanço da vegetação em direção ao Norte, onde as terras eram gélidas, (alterando a disponibilidade de alimentos e os padrões de migração dos animais, inclusive dos peixes) (JÚNIOR, 2015).

No entanto, a mudança mais rápida naquele ambiente é a redução da superfície marinha coberta de gelo de forma permanente, que favorece a exploração de recursos naturais e abre o Oceano Ártico à navegação em determinados períodos do ano, com a abertura de novas passagens (JÚNIOR, 2015).

Os países árticos (Canadá, Islândia, Suécia, Dinamarca (Groelândia), Estados Unidos da América, Noruega e Rússia) possuem planos para expansão de suas Zonas Econômicas Exclusivas e algumas reivindicações territoriais se sobrepõem, o que gera novas tensões, anteriormente “congeladas”. Há também um interesse crescente de nações não-árticas (por exemplo, Japão, China, Índia e Cingapura) que desejam utilizar as novas rotas marítimas do Norte e participar da exploração de seus recursos naturais (JÚNIOR, 2015).

Figura 3 – Novas rotas do Ártico –



Fonte: Oki Nagai, Nikkei, 2018

Comparando os exemplos do Ártico e dos arquipélagos da Oceania, podemos notar a diferença de perspectivas em relação à nova conjuntura climática global, entre as grandes potências estabelecidas, as potências regionais e emergentes e os demais países em desenvolvimento.

A inserção assimétrica dos países no sistema internacional, do ponto de vista dos recursos naturais e dos recursos financeiros é evidente, inclusive perante as perdas (e oportunidades) geradas pela mudança climática.

2.1. A política internacional do clima

O concerto internacional em prol da mitigação e do enfrentamento da mudança do clima pode ter origem na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio

Ambiente Humano, realizada em Estocolmo em 1972, que foi a primeira sobre questões ambientais. Ela colocou a questão ambiental na agenda política internacional. A conferência resultou na criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, o PNUMA (LAGO, 2006).

O posicionamento dos países em Estocolmo foi influenciado pela divisão leste/oeste da Guerra Fria e pelos processos de descolonização na África e na Ásia. Os países do bloco ocidental tendiam a enfatizar a importância da proteção ambiental (por vários motivos), enquanto que os do bloco oriental estavam mais preocupados com questões de desenvolvimento econômico (também por motivações diversas) (LAGO, 2006).

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC, é uma organização científica criada em 1988 pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), composto por cientistas de todo o mundo. Seu estabelecimento foi motivado pela necessidade de um órgão que reunisse e sintetizasse o conhecimento científico sobre o assunto de forma democrática, e pelo reconhecimento da necessidade de uma abordagem internacional coordenada (LAGO, 2006).

A Rio 92 ocorreu em um contexto político internacional diferente. A Guerra Fria havia terminado recentemente, levando a uma nova ordem geopolítica global e à busca por cooperação internacional em diferentes áreas, incluindo o meio ambiente. O fim da Guerra Fria permitiu que as nações focassem em questões não relacionadas à segurança militar e dessem mais atenção aos desafios ambientais e de desenvolvimento, o que representou uma oportunidade crucial para os líderes mundiais se reunirem e discutirem soluções. No final da década de 1980 e início da década de 1990, houve um aumento significativo na conscientização pública sobre problemas ambientais, como mudanças climáticas, desmatamento, poluição e perda de biodiversidade (LAGO, 2006).

Na Rio 92, foram assinados diversos tratados. O mais importante foi o da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC). A Convenção-Quadro tem sido o principal fórum global para negociar ações destinadas a enfrentar as mudanças climáticas. Seu objetivo principal é a estabilidade das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera do planeta, em níveis que impeçam interferências perigosas no clima global. A Convenção-Quadro fornece aparato para negociações e acordos subsequentes (como o

Protocolo de Quioto). A Conferência das Partes (COP) é a reunião anual das nações signatárias da Convenção-Quadro, onde as partes revisam o progresso na implementação das medidas, e onde também são discutidas questões emergentes relacionadas às mudanças climáticas e a transição energética. A COP é o órgão supremo da Convenção-Quadro, e cada uma é numerada sequencialmente, indicando sua ordem cronológica (BIATO, 2006).

2.2. A Geopolítica da Transição Energética

A perda da estabilidade climática em nível global requer atitudes de mitigação, e essa mitigação, por sua vez exigiria um concerto internacional mais robusto. Para que essa concertação ocorra, seriam necessárias novas acepções de soberania nacional, especialmente em matéria energética. Emergem então, uma série de conflitos de interesses entre as nações, oriundos tanto das consequências imediatas da mudança climática, quanto das transformações necessárias para a realização dessa transição energética em escala global (BASSO, VIOLA, 2016)

Historicamente, os países enriquecidos pela extração e distribuição de petróleo, gás natural e carvão exerceram grande influência nas relações internacionais devido à sua posição vantajosa enquanto principais fornecedores de energia. Com a ascensão das fontes renováveis, outros países podem se tornar líderes nesse cenário energético global, em especial aqueles com abundância de recursos naturais para energia solar, eólica e hidrelétrica e aqueles que são líderes em inovação e infraestrutura, na indústria de energias renováveis e na produção de tecnologias mais sustentáveis. Esses países podem se destacar, não apenas como consumidores, mas também como exportadores de produtos com alto valor agregado e de insumos importantes para a economia verde (FERNANDES, 2021).

Do ponto de vista geopolítico, consequentemente, poderá haver transformação e recomposição nas relações de poder entre países, por conta da disponibilidade de recursos estratégicos, da necessidade de promover segurança energética e eventualmente pelas diferentes capacidades de gerar inovações tecnológicas necessárias à mitigação e à resiliência climática. Novos desafios surgem da competição por insumos necessários para a produção de energia e tecnologias de baixa emissão de gases de efeito estufa (como os minerais utilizados em baterias para armazenamento de carga, como o lítio e os metais de terras-raras) (FERNANDES, 2021).

Além disso, a eventual maior independência de importações de energia, ou a eventual dependência de tecnologia e de equipamentos necessários à produção de energia renovável pode gerar novos contextos econômicos de dependência, o que cria novas dinâmicas de desenvolvimento nacional, e, também, de segurança nacional. A transição energética, não é

apenas uma mudança de caráter tecnológico, mas também, é uma transformação nas relações de poder (FERNANDES, 2021).

Geralmente, é mais fácil exportar recursos energéticos não renováveis, como petróleo, gás natural e carvão mineral. Isso ocorre porque esses recursos podem ser transportados de forma relativamente simples por meio de dutos, navios e trens, e há uma infraestrutura global estabelecida para sua comercialização (VITTO, 2022).

Por outro lado, a exportação de energia produzida a partir de fontes renováveis (ou de baixa emissão) como fotovoltaica, eólica, nuclear, geotérmica, de biomassa ou hidrelétrica, é bem mais complexa, pois são frequentemente exploradas em locais remotos ou descentralizados, o que exige investimento em infraestrutura de transmissão para conectá-la às grandes redes elétricas. Além disso, sua geração muitas vezes depende das condições naturais locais, como a intensidade do sol, a velocidade do vento ou a disponibilidade de biomassa. Isso pode limitar a capacidade de exportação dessas fontes de energia para regiões onde as condições não são favoráveis. Algumas fontes de energia renovável, como solar e eólica, são intermitentes e dependem das condições climáticas. Isso pode tornar a exportação dessas fontes de energia mais difícil em comparação com as fontes esgotáveis de energia (VITTO, 2022).

Mas, as energias renováveis são geralmente produzidas localmente, o que promove a autonomia e reduz a vulnerabilidade a flutuações nos preços e nas condições de fornecimento de energia no mercado global, desempenhando papel crucial na busca pela segurança energética dos países. Ao diversificar as fontes de energia e reduzir a dependência de combustíveis fósseis importados, como o petróleo e o gás natural, as nações podem eventualmente aumentar sua autonomia e soberania (MORAES, LENZI, 2014).

3. OS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS E SEUS GRANDES MERCADOS

A emissão de gases de efeito estufa ocorre em várias atividades econômicas. Cerca de 60% das emissões globais provêm de apenas dez países, enquanto os 100 países que menos emitem, juntos contribuem com menos de 3% (CLIMATE WATCH, 2020).

Podemos observar a distribuição das emissões globais por setor econômico na tabela (2020) abaixo:

Tabela 1 - Atividades econômicas e sua participação nas emissões globais de gases de efeito estufa no ano de 2020

Atividades Econômicas	Participação nas Emissões Globais de Gases de Efeito Estufa (2020)
Produção e Consumo de Energia	74%
Agropecuária e Mudança do Uso do Solo	15%
Processos Químicos Industriais	7%
Outros	4%

Fonte: adaptado de CLIMATE WATCH, 2020

A produção e o consumo de energia representam três quartos das emissões globais. As atividades ligadas ao uso da terra, o que inclui a Agricultura, a Pecuária e as Mudanças no Uso do Solo (que por sua vez, inclui o desmatamento), são o segundo tipo de atividade econômica com mais emissões. Enquanto isso, dentro dos setores energéticos, o setor que mais emite é o da produção de eletricidade e de calor. Os transportes são o segundo setor energético em emissões de gases de efeito estufa. (CLIMATE WATCH, 2020).

Podemos observar na tabela a seguir, os países de origem da maior parte das emissões de gases de efeito estufa, em MtCO₂e (milhões de toneladas métricas de carbono) no ano de 2020:

Tabela 2 - Maiores emissores de gases de efeito estufa por MtCO2 no ano de 2020

Maiores Emissores (2020)	Emissões em MtCO2 (2020)
China	12295,62
Estados Unidos	5289,13
Índia	3166,95
Rússia	1799,98
Indonésia	1475,83
Brasil	1469,64
Japão	1062,78
Irã	844,71
Canadá	731,54
Arábia Saudita	712,59
Congo	688,06
Alemanha	681,18

Fonte: adaptado de CLIMATE WATCH, 2024

Por sua vez, na tabela a seguir, são apresentados os maiores consumidores de energia em 2022 (em exajoules):

Tabela 3 - Maiores consumidores de energia em exajoules consumidos no ano de 2022

Maiores Consumidores de Energia (2022)	Exajoules Consumidos (2022)
China	159,39
Estados Unidos	95,91
Índia	36,44
Rússia	28,89
Japão	17,84
Canadá	14,14
Brasil	13,41
Coreia do Sul	12,71
Alemanha	12,31
Irã	12,16
Arábia Saudita	11,51
Indonésia	9,77

Fonte: adaptado de Statista, 2022

Comparando as tabelas 2 e 3, podemos notar que no topo de ambas as listas, se repetem as superpotências do século: China, Estados Unidos e Rússia. O crescimento acelerado das emissões da Índia é preocupante. Além disso, as emissões dos Estados Unidos são historicamente muito maiores que as emissões chinesas que, por sua vez, ultrapassaram as americanas há relativamente poucos anos. Mas as emissões da China têm crescido de forma bem mais acelerada do que as americanas. Tudo isso também é reflexo da trajetória recente de desenvolvimento econômico rápido das grandes potências emergentes da Ásia (ALVES, 2023).

Em ambas as tabelas, existe a presença de outras grandes economias estabelecidas, como Japão, Coreia do Sul e Alemanha, cujas produções industriais manufatureira destinadas

à exportação, correspondem a grande parte de suas economias, mas que são muito dependentes das importações de recursos energéticos.

Também nota-se a presença dos dois maiores países do Golfo Pérsico, o Irã e a Arábia Saudita, que têm na exportação de combustíveis fósseis o motor de suas economias, cuja demanda e consumo de energia tem aumentado, possivelmente influenciado pela oferta, que no contexto nacional desses dois países, é abundante.

Por outro lado, o desmatamento tem levado países como Brasil, Indonésia e Congo a patamares elevados de emissões de gases de efeito estufa, embora Brasil e Indonésia estejam entre os países mais populosos do mundo e entre os maiores consumidores de energia, enquanto o Congo ainda não figura entre esses (GOULART, 2023).

Por fim, constata-se que os grandes consumidores de energia, também são, em sua maioria, os maiores emissores desses gases, excetuando eventualmente grandes países com altos índices de desmatamento (como o Congo). Por este motivo, este trabalho se concentrará especialmente na análise dos grandes mercados de energia.

3.1. O Petróleo

A tabela a seguir apresenta os maiores produtores de Petróleo e as respectivas parcelas que eles ocuparam na produção global em 2022:

Tabela 4 - Maiores produtores de petróleo e sua participação na produção global em 2022

Maiores produtores (2022)	Participação na produção global (2022)
Estados Unidos	21%
Arábia Saudita	13%
Rússia	10%
Canadá	6%
Iraque	5%
China	5%
Emirados Árabes	4%
Irã	4%
Brasil	3%
Kuwait	3%

Fonte: adaptado de EIA, 2023

A tabela a seguir apresenta os maiores consumidores de Petróleo e as respectivas parcelas que eles ocuparam de todo o consumo global em 2021:

Tabela 5 - Maiores consumidores de petróleo e sua participação no consumo global em 2021

Maiores consumidores (2021)	Participação no consumo global (2021)
Estados Unidos	20%
China	16%
Índia	5%
Rússia	4%
Japão	4%
Arábia Saudita	3%
Brasil	3%
Coreia do Sul	3%
Canadá	2%
Alemanha	2%

Fonte: adaptado de EIA, 2023

O mercado do petróleo tem sido um fator determinante nas relações internacionais. O Petróleo tem algumas características que facilitam sua distribuição ao redor do mundo. Seu transporte pode ser feito por oleodutos, navios-tanque, caminhões e trens. A localização das refinarias também é importante nessa logística.

Tradicionalmente, as grandes economias petrolíferas do Oriente Médio, Arábia Saudita, Irã, Emirados Árabes Unidos, Iraque e Kuwait, são conhecidas por suas vastas reservas de petróleo, o que torna a região central para economia global de energia.

A Arábia Saudita, em particular, tem desempenhado um papel crucial como líder da Organização dos Países Exportadores de Petróleo - OPEP, influenciando significativamente os preços globais do petróleo através de políticas de produção. A Arábia Saudita é uma aliada histórica dos Estados Unidos, que por sua vez, são historicamente dependentes das exportações sauditas. O Irã tem nos Estados Unidos uma ameaça existencial, desde a Revolução Islâmica de 1979. Além disso, Riad e Teerã têm uma relação marcada por graves tensões. Mas grandes mudanças, em função de vários fatores, têm ocorrido.

A recente aproximação com a China, outra grande economia dependente de importações de petróleo, tem contribuído para a normalização das relações entre Iranianos e Sauditas. A entrada do Irã, da Arábia Saudita e dos Emirados Árabes nos BRICS sugere uma aproximação cada vez maior entre tradicionais produtores de petróleo e grandes consumidores emergentes, pois, como observamos na Tabela 5, a China e a Índia, são grandes consumidores ascendentes, e que têm um papel crescente na demanda global de petróleo, impulsionado pelo rápido desenvolvimento econômico e industrial, junto com a necessidade de mais energia e de relações comerciais condizentes com essa demanda. (SPUTNIK, 2023)

Isso ocorre simultaneamente à redução da dependência americana das importações de Petróleo. Os Estados Unidos, tradicionalmente a grande economia consumidora desse produto, revolucionaram sua produção com o desenvolvimento de tecnologias de fraturamento hidráulico. Essa inovação permitiu ao país aumentar significativamente sua produção, tornando-se um dos maiores produtores mundiais no século XXI, impactando as dinâmicas de oferta e demanda globais. Essas novas tecnologias tornaram os Estados Unidos menos dependentes do petróleo do Oriente Médio, mas a extração via fraturamento hidráulico é altamente emissora de gases de efeito estufa, o que pode dificultar a descarbonização da economia estadunidense. (ONU NEWS, 2018)

Mas não é só o aumento da oferta no maior mercado consumidor que gera alterações nesse quadro. Mudanças em dinâmicas de segurança também têm sido profundamente influentes nessa nova conjuntura.

A Rússia é um grande e tradicional exportador de petróleo, e um ator importante no cenário energético global. Suas exportações são essenciais para muitos países, e as políticas russas de energia têm implicações de grande impacto, especialmente para o Continente europeu. Mas a guerra da Ucrânia e as sanções econômicas impostas à Rússia pelo Ocidente, afetaram significativamente a exportação de petróleo da Rússia e a importação pela Alemanha (que é uma grande consumidora, como vemos na Tabela 5) (CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA, 2024).

A Alemanha, por fatores geopolíticos, tem tido uma postura complexa diante da transição energética, como veremos mais à frente nesta pesquisa.

A transição energética representa um grande desafio para essas economias dependentes da exportação de petróleo. Mas os Emirados Árabes Unidos têm se destacado nesse processo, diversificando sua economia para além dos hidrocarbonetos. Essa mudança é parte da estratégia emiratense para a economia da mudança climática. O país foi anfitrião da Vigésima oitava Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima - COP 28, e defendeu negociações em torno das tecnologias de captura de carbono, que poderiam prolongar o uso de petróleo. Essas iniciativas incluem um projeto significativo da *Abu Dhabi National Oil Company* - ADNOC, a gigante petroleira emiratense. A ADNOC vai investir em dispositivos capazes de capturar e armazenar milhões de toneladas de CO₂ por ano e se comprometeu a alcançar a neutralidade de carbono até 2045, o que é parte dos esforços dos Emirados para atingirem suas metas de sustentabilidade, as mais ousadas entre as economias petrolíferas do Oriente Médio (MOYEN-ORIENT, 2023).

O Brasil tem, historicamente, uma matriz elétrica majoritariamente baseada em fontes renováveis, sendo uma potência regional emergente, e um grande produtor e consumidor de petróleo. A Petrobras e o petróleo brasileiro também desempenham um papel estratégico e histórico na economia do país e na estratégia de desenvolvimento brasileira (PETROBRAS, 2023).

Descobertas recentes de reservas (Pré-Sal e Margem Equatorial) têm atraído atenção (e em alguns momentos, assédio) internacional e aumentado a complexidade da posição brasileira diante da transição energética (G1, 2013).

O dinamismo da geopolítica do petróleo impressiona. O mercado global de petróleo tende a continuar em expansão, mas as dinâmicas políticas e econômicas, nesta conjuntura instável, especialmente aquelas que envolvem dependência energética, por vezes dificultam, por vezes facilitam, a descarbonização da economia global, o que aponta para uma não-linearidade da transição energética. Destacam-se as relações de dependência energética tradicionais, como a do Japão e da Coreia do Sul, que são dependentes de grandes importações de energia para sustentar seu crescimento econômico e desenvolvimento industrial. Para esses países, a transição pode representar uma oportunidade de obterem mais autonomia energética (MONTEIRO, 2022).

Mas principalmente, são notáveis as transformações nas relações de dependência

energética das grandes potências, devido a diversos fatores, como a redução da dependência americana de importações de petróleo e o crescimento vertiginoso da demanda por petróleo nas economias emergentes asiáticas. As relações de segurança também têm moldado uma nova arquitetura energética internacional, com a guerra na Ucrânia gerando instabilidade nos preços e nas relações entre os países, mudando completamente o panorama energético europeu.

Por fim, é importante notar o pioneirismo dos Emirados Árabes, que têm tido as iniciativas mais relevantes de transição energética, no berço da produção global, direcionando a sua indústria do Petróleo, em prol de sua própria descarbonização. O avanço da transição energética nos Emirados pode ser um exemplo paradigmático de adaptação das grandes economias nacionais baseadas na exploração do petróleo à essa nova conjuntura energética global.

3.2. O Carvão Mineral

A tabela a seguir apresenta os maiores produtores de carvão mineral e as respectivas parcelas que eles ocuparam de toda a produção global no período 2021-2024:

Tabela 6 - Maiores produtores de carvão mineral e sua participação na produção global no período 2021-2024

Maiores produtores	Participação na produção global (2021-2024)
China	50%
Índia	12%
Indonésia	7%
Estados Unidos	6%
Austrália	6%
Rússia	5%

Fontes: adaptado de Statista Research Department, 2023 e de EIA, 2024.

Já a Tabela a seguir apresenta os maiores consumidores de Carvão Mineral e as respectivas parcelas que eles ocuparam de todo o consumo global em 2022:

Tabela 7 - Maiores consumidores de carvão mineral e sua participação no consumo global em 2022

Maiores consumidores (2022)	Participação no consumo global (2022)
China	54,8%
Índia	12,4%
Estados Unidos	6,1%
Japão	3%
Indonésia	2,7%
África do Sul	2,1%

Fontes: adaptado de Statista Research Department, 2023 e de EIA, 2024.

O Carvão Mineral é sólido, o que permite ser transportado por trem, navio ou caminhão, podendo ser armazenado em pilhas ao ar livre e manuseado com transportadoras e carregadores. Sua cadeia logística, portanto, é mais flexível devido à facilidade de armazenamento e de transporte.

A relação entre desenvolvimento socioeconômico e consumo de energia é complexa. Em países emergentes e densamente povoados como China, Índia e Indonésia, a urbanização e o crescimento econômico acelerado geram uma demanda ascendente de energia a preços acessíveis. O carvão, sendo uma das fontes de energia mais baratas, desempenha um papel vital nas economias desses países, especialmente em meio a desafios socioeconômicos consideráveis e ao baixo consumo per capita de energia, muitas vezes devido à pobreza, o que destaca a necessidade de fontes de energia baratas para sustentar esse crescimento. Isso associado a grande quantidade de reservas de carvão mineral disponíveis na Ásia-Pacífico, gera grande dependência dessa fonte nas economias emergentes da região, mas também em países cujas economias são de alto rendimento, como o Japão, como vemos na Tabela 7 (KEMP, 2023).

A China é o exemplo mais proeminente, sendo a maior produtora e consumidora de carvão do mundo. A demanda por energia na China está em ascensão, impulsionada pelo rápido desenvolvimento econômico e pela necessidade de atender às necessidades energéticas de sua população. Em 2022, o consumo de carvão na China atingiu cerca de 88,41 exajoules, apesar dos esforços para diversificar sua matriz energética e aumentar a participação de fontes

renováveis, como veremos mais à frente neste trabalho (KEMP, 2023).

A Índia, em particular, enfrenta um desafio histórico: a falta de reservas significativas de petróleo e gás natural. Isso a torna ainda mais dependente do carvão, que é a fonte de energia mais barata disponível no país. Essa dependência pode ser um obstáculo significativo para a transição energética e aos esforços de descarbonização na Índia, pois a demanda crescente pode levar a um aumento nas emissões de gases de efeito estufa, dificultando o cumprimento dos objetivos climáticos indianos (THE HINDU, 2023).

A África do Sul, outro país com grande consumo de carvão, também enfrenta desafios semelhantes aos da Índia e da Indonésia, com uma demanda crescente de energia para apoiar seu desenvolvimento socioeconômico, e que também tem baixo consumo per capita de energia. O carvão é um dos pilares da economia sul-africana, emprega cerca de 100.000 pessoas e fornece 80% da eletricidade da economia mais industrializada da África, o que gera grandes dificuldades para a transição energética e para descarbonização Sul-Africana (UOL NOTÍCIAS, 2022).

A indústria do carvão tem sido influenciada por ciclos eleitorais nos Estados Unidos, com políticas energéticas frequentemente mudando em resposta a diferentes administrações, justamente por conta de abordagens muito distintas em relação à produção de energia e a mudança do clima, numa sociedade que tem sido marcada pela polarização política, o que tem impactos em todo o mundo (EGLI, 2022).

Na Alemanha, a decisão de desativar as usinas nucleares após o desastre de Fukushima, em 2011, levou a um aumento temporário no uso do carvão mineral. A necessidade de substituir rapidamente a energia nuclear, combinada com a guerra na Ucrânia e a consequente insegurança energética, resultou no ressurgimento do carvão na matriz energética alemã, o que lança dúvidas sobre as pretensões de descarbonização da Alemanha e os compromissos climáticos assumidos pelo país (PLADSON, 2022).

No Ocidente, são evidentes as condicionantes políticas em torno da indústria do carvão mineral. As questões políticas internas da sociedade americana têm afetado as perspectivas de produção e de consumo de carvão mineral nos Estados Unidos. Ao mesmo tempo, as questões geopolíticas têm influenciado bastante no aumento do consumo de carvão mineral pela Alemanha.

Porém, é notável o quanto o carvão mineral é mais relevante para as Economias emergentes, por sua competitividade e disponibilidade, e pela própria estrutura socioeconômica interna, especialmente das grandes nações asiáticas. A Ásia continuará a utilizar carvão mineral em larga escala nas próximas décadas.

Países como a Índia e a África do Sul têm sérias preocupações quanto à viabilidade de manter o crescimento acelerado experienciado nas últimas décadas ao mesmo tempo em que realiza um processo acelerado de transição energética. O ocidente pode eventualmente ter mais margem de manobra em relação ao abandono do Carvão Mineral em prol da descarbonização do que a Ásia-Pacífico e a África.

3.3. O Gás Natural

A tabela a seguir apresenta os maiores produtores de gás natural e as respectivas parcelas que eles ocuparam de toda a produção global em 2021:

Tabela 8 - Maiores produtores de gás natural e sua participação na produção global em 2021

Maiores produtores (2021)	Participação na produção global (2021)
Estados Unidos	23%
Rússia	17%
Irã	6%
China	5%
Catar	5%
Canadá	4%
Austrália	3%
Arábia Saudita	2%

Fonte: adaptado de IBP, 2022

Já a tabela a seguir apresenta os maiores consumidores de gás natural e as respectivas parcelas que eles ocuparam de todo o consumo global em 2021:

Tabela 9 - Maiores consumidores de gás natural e sua participação no consumo global em 2021

Maiores consumidores (2021)	Participação no consumo global (2021)
Estados Unidos	20%
Rússia	12%
China	9%
Irã	6%
Canadá	3%
Arábia Saudita	3%
Japão	3%
Alemanha	3%

Fonte: adaptado de IBP, 2022

Apesar de ser um combustível fóssil e de ter uma produção e um consumo que emitem quantidades relevantes de gases de efeito estufa na atmosfera, o gás natural é visto como um combustível de transição. O gás, paradoxalmente, pode ajudar o mundo a se afastar das emissões de gases de efeito estufa dos combustíveis fósseis, pois as emissões associadas ao gás natural são relativamente menores comparadas ao petróleo e o carvão. O gás pode ser utilizado para reforçar e dar segurança ao abastecimento energético onde as fontes renováveis são majoritárias, pois, muitas vezes, elas são intermitentes. O gás auxilia a geração de energia renovável nesses momentos de intermitência (EPBR, 2022).

As rotas de fornecimento de gás são, muitas vezes, fixas e dependentes de infraestrutura específica, como os gasodutos. O gás natural liquefeito requer sistemas de armazenamento e regaseificação. Isso significa que, a exportação de gás, diferentemente da de carvão e petróleo, não é tão dinâmica, devido à natureza regionalizada dos sistemas de distribuição, o que diminui a flexibilidade e a resposta rápida diante de mudanças geopolíticas.

Por outro lado, a guerra na Ucrânia tem impactado significativamente os mercados de gás natural, e já levou a uma reconfiguração das relações energéticas entre a Rússia e a Europa. A Rússia tem as maiores reservas de gás natural do mundo (grande parte delas situada na Sibéria) e por décadas foi a maior fornecedora de energia para a Europa, mas teve suas exportações sancionadas pelo ocidente e por isso tem buscado novos mercados consumidores, em especial, a China, onde a demanda por gás natural está em ascensão (ORGAZ, 2022).

A Alemanha, terceira maior economia do mundo, é, como vários países europeus, historicamente dependente de grandes importações de gás natural, e enfrenta o desafio de diversificar suas fontes de energia e reduzir sua dependência diante da Rússia. O conflito russo-ucraniano levou a uma grande reavaliação das políticas energéticas europeias e a uma busca acelerada por alternativas e diversificação, tanto em matéria de matriz energética (o que inclui o ressurgimento da indústria do carvão na Alemanha, já mencionado anteriormente) quanto de fornecedores, estimulando a exploração de gás em regiões como Estados Unidos, África Ocidental e Cáucaso. A dificuldade de acesso ao gás natural tem tornado a transição energética mais difícil para a Alemanha. Apesar disso, a Alemanha continua a importar grandes quantidades de gás russo, já que importar gás natural liquefeito é muito mais oneroso (EUROPEAN PARLIAMENT, 2022).

O advento da tecnologia do fraturamento hidráulico nos Estados Unidos teve um impacto substancial na oferta global de gás natural. Aumentou significativamente a produção doméstica americana, reduzindo sua dependência de importações e influenciando os preços globais. Isso também levou a uma reconfiguração geopolítica, com os Estados Unidos se tornando um dos maiores produtores de gás natural do mundo. Apesar de serem grandes consumidores, os Estados Unidos almejam ser uma nova fonte de importação para a Europa, o que já gera impacto relativo no mercado global de gás. No entanto, o aumento da produção de gás natural via fraturamento hidráulico levanta preocupações ambientais significativas. Essa técnica de extração é conhecida por suas altas taxas de emissão de gases de efeito estufa, o que pode anular os benefícios de sua queima mais limpa quando comparada ao carvão e petróleo, e comprometer a adesão e o cumprimento das metas climáticas dos Estados Unidos, bem como a descarbonização da matriz energética americana (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2018).

O Catar tem planos ambiciosos para expandir sua produção e exportação de gás natural liquefeito (GNL). Apesar de ser mais caro devido aos processos de liquefação e regaseificação, o GNL oferece uma solução para as dificuldades logísticas e políticas e geográficas associadas aos gasodutos (RASHAD, 2024).

Essas iniciativas atendem o desejo do país de diminuir os riscos associados a eventuais investidas e bloqueios de países vizinhos, especialmente da Arábia Saudita e dos Emirados Árabes Unidos, países bem maiores e com quem o Catar tem um histórico diplomático recente marcado por grandes tensões, cujo ápice foi o bloqueio imposto a Península em 2017 (IBRAHIM, 2020)

Essa estratégia também posiciona o Catar como um produtor mais capaz de atender à demanda em diferentes partes do mundo, contornando complexidades geopolíticas regionais e globais, o que pode ter grande impacto nos mercados globais de gás, já afetados pela expansão da produção americana e pelas mudanças causadas pela guerra na Ucrânia (RASHAD, 2024).

O Catar tem a terceira maior reserva de gás do mundo, e a produção mais competitiva em termos de custo (o que pode ter relação tanto com o tamanho diminuto do território do país e a grande concentração de reservas, quanto com a oferta de mão de obra barata expatriada do Sul e do Sudeste Asiático) e pretende expandir a sua produção em até 85%, até 2030 (RASHAD, 2024).

O crescimento da produção e da infraestrutura de distribuição de GNL pode tornar o mercado de gás natural mais dinâmico, e ajudar a transição energética, dada a possibilidade de transporte para lugares distantes de regiões produtoras. Mas é importante considerar que essa expansão do GNL, especialmente nos Estados Unidos e no Catar, ocorre no mesmo contexto político internacional que as sanções ao gás russo, que por sua vez, tornaram o uso do gás natural na Europa mais caro, o que além de impulsionar o uso de GNL, também impulsionou o uso de fontes mais poluentes, como o carvão mineral, o que eventualmente compromete a descarbonização. Por esses motivos, o gás natural ocupa uma posição paradoxal no contexto da transição energética.

4. AS FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL (E NUCLEAR) E SEUS GRANDES MERCADOS

Na 28ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (UNFCCC), a COP 28, que ocorreu em Dubai, os países concordaram em triplicar a energia renovável e duplicar a eficiência energética até 2030 (IRENA, 2024).

Atualmente as fontes renováveis, como o sol, o vento e os rios, são responsáveis por cerca de um quarto da energia global. Menos de 40% da eletricidade se origina de fontes de baixa emissão carbônica, como solar, eólica, geotérmica, nuclear, hidráulica e de biomassa. A parcela de energia renovável na matriz energética global cresceu rapidamente na última década (embora a nuclear tenha retrocedido e a dos combustíveis fósseis tenha se mantido constante) (NIRANJAN, 2022).

A expansão da energia renovável tende a se acelerar, pois fabricantes produzem cada vez mais painéis fotovoltaicos e turbinas eólicas, e os componentes tendem a ficar mais baratos. No entanto, quase todo o crescimento ocorre nos países ricos e na China, onde são mais baixos os custos para financiar essa nova infraestrutura. Nesse processo, países de renda média gastam mais do que os de renda alta. Na África, onde milhões não têm acesso à eletricidade, o financiamento é um obstáculo especialmente sério (NIRANJAN, 2022).

Os recursos renováveis geralmente têm baixa mobilidade devido a algumas limitações. A disponibilidade de recursos renováveis varia com a localização geográfica, a infraestrutura necessária para capturar e distribuir energia renovável (painéis solares, turbinas eólicas, usinas hidrelétricas) requer investimentos significativos e não pode ser facilmente transportada, e o armazenamento eficiente da energia ainda é um desafio, o que limita sua mobilidade. Nos últimos anos, houve um notável avanço na mobilidade da energia proveniente de fontes renováveis, impulsionado principalmente pelo desenvolvimento de tecnologias de armazenamento, que requer materiais específicos, como o lítio, o cobalto e as terras raras (SILVA, VIEIRA, MACHADO, FORNERETO, SILVA, 2023).

A busca por esses insumos pode levar a tensões geopolíticas entre países produtores e consumidores. Muitos países já dependem de importações desses materiais. Isso cria vulnerabilidades em cadeias de suprimento e assédio de grandes potências. Países que

controlam a produção e exportação desses insumos podem eventualmente exercer influência significativa no mercado global (RODRIGUES, PADULA, 2017).

A Bolívia possui uma das maiores reservas de lítio do mundo. Durante o governo Morales, houve tentativas de nacionalizar a indústria do lítio e estabelecer parcerias com empresas estrangeiras para a sua exploração, mantendo o controle do estado. Após o golpe que levou Jeanine Añez à Presidência do Estado Plurinacional, esses acordos foram abandonados. Houve alegações de que atores externos, (incluindo empresas americanas), poderiam estar interessados na privatização do lítio. As tensões em torno do controle e da exploração do lítio podem ter contribuído para o clima político instável que levou ao golpe (CARMO, 2020).

E o que para muitos é desvantagem, para outros é oportunidade, afinal, como a energia de fontes renováveis normalmente se baseiam em recursos locais, investir em energia renovável pode ser um de autossuficiência e soberania. Fontes renováveis permitem que os países reduzam sua dependência de combustíveis fósseis importados. Isso é crucial para a segurança energética, pois evita vulnerabilidades causadas por flutuações nos preços ou por questões geopolíticas, ou seja, fontes renováveis tornam os países menos suscetíveis a choques externos. A soberania energética capacita os países a tomar decisões alinhadas com seus interesses nacionais, estando menos sujeitos a pressões externas.

4.1. O Vento

A energia eólica possui baixos custos operacionais. Após a instalação das turbinas, os custos se tornam relativamente menores, dada a baixa necessidade de manutenção. O crescimento da capacidade de geração eólica tem sido acelerado, o que é condizente com as metas globais de redução das emissões de gases de efeito estufa, visto que a geração de energia eólica não é grande emissora de gases de efeito estufa. A geração de energia eólica requer espaço, tanto em terra quanto em alto-mar, e exige investimentos iniciais consideráveis para a sua instalação. A intermitência é o principal problema, uma vez que a produção de eletricidade depende das condições climáticas (SILVA, VIEIRA, MACHADO, FORNERETO, SILVA, 2023).

Além disso, a construção de parques eólicos *onshore* pode ter impactos ambientais, visuais e sonoros em seres humanos, além de problemas de segurança para aves e morcegos.

Os parques eólicos *offshore*, em particular, ganham destaque para investimentos futuros. Localizados em águas profundas, têm o potencial de gerar grandes quantidades de eletricidade próximas a áreas urbanas densamente povoadas, mas com menor ou inexistente impacto sonoro e visual para humanos, ao mesmo tempo em que é reduzida a necessidade de longas linhas de transmissão, embora existam questionamentos acerca da segurança da navegação e dos padrões migratórios da fauna marinha (SILVA, VIEIRA, MACHADO, FORNERETO, SILVA, 2023).

O desenvolvimento de novas tecnologias para turbinas maiores, mais eficientes, e de maior capacidade, junto com a combinação da tecnologia eólica com tecnologias de armazenamento, como baterias de lítio e sistemas de hidrogênio verde, ou ainda, com a energia solar, podem ajudar a tornar a energia eólica mais estável, atenuando os efeitos da intermitência. Além disso, a energia eólica tende a se tornar mais competitiva em termos de custo em comparação com outras fontes de energia, à medida que sua indústria se expande pelo mundo. Entre as fontes de energia renováveis, a energia eólica é a que possui o menor índice de custo nivelado de eletricidade (SILVA, VIEIRA, MACHADO, FORNERETO, SILVA, 2023).

A tabela a seguir apresenta os maiores produtores de energia eólica do mundo em 2022:

Tabela 10 - Maiores produtores de Energia Eólica a nível global em 2022

Maiores produtores em 2022	Participação na produção global em 2022
China	40%
Estados Unidos	16%
Alemanha	7%
Índia	5%
Grã Bretanha	3%
Brasil	3%
França	2%
Canadá	2%

Fonte: Center for Sustainable Systems, 2023

A China se destaca como o maior mercado eólico do mundo, representando 40% da produção global. O país não só tem uma demanda crescente por energia renovável, mas também está expandindo sua oferta. A capacidade instalada de energia eólica e solar da China poderá ultrapassar a do carvão mineral num futuro próximo. Até o final de 2024, a energia solar e eólica conectadas à rede representarão cerca de 40% da capacidade instalada (em comparação com os 37% esperados para o carvão mineral), segundo o Conselho de Eletricidade da China. Em 2023, a energia eólica e a solar juntas representavam cerca de 36% da capacidade. A mesma entidade afirma também que a capacidade de geração a partir de todas as fontes de combustíveis não fósseis, ultrapassou 50 por cento da capacidade total de geração da matriz elétrica chinesa em 2023 (HOWE, 2024).

As eólicas *offshore* ocupam um papel importante na estratégia chinesa para cumprimento das metas climáticas, de alcançar o pico de emissões de carbono até 2030. É notável a rápida expansão chinesa do setor eólico *offshore*. A China instalou mais de dois terços de toda a nova capacidade eólica *offshore* do mundo em 2022. Desde 2020, mais de 400 modelos diferentes de turbinas foram lançados por fabricantes chineses, incluindo a maior turbina eólica do mundo. O tamanho médio e a capacidade de geração média das turbinas eólicas chinesas são relativamente maiores quando comparadas a modelos de turbinas eólicas ocidentais (MACHADO, 2024).

A União Europeia tem feito progressos significativos, com aumento de 4% nas instalações eólicas em 2022 em comparação com 2021, com a Alemanha na liderança desse processo, como parte da “Energiewende”. Na Europa, particularmente no noroeste e norte do continente, há um enorme potencial eólico e as nações dessa região têm tradição na utilização dessa fonte (WINDFLIX, 2022).

A Grã-Bretanha e a Dinamarca são líderes, especialmente em energia eólica *offshore*, que tem menor impacto perante a opinião pública. A maior parte da energia eólica do Reino Unido provém de parques eólicos *offshore*. A instalação de novas turbinas eólicas *onshore* foi efetivamente proibida desde 2015 (STALLARD, 2023).

Ainda assim, o parque eólico britânico é um dos maiores do mundo e não para de crescer. Já a Dinamarca, em particular, é pioneira e possui uma indústria eólica robusta. Seus primeiros parques eólicos datam da década de 1970, e hoje contribuem significativamente para a matriz energética do país (SILVA, VIEIRA, MACHADO, FORNERETO, SILVA, 2023).

Nos Estados Unidos, a energia eólica desempenha um papel significativo e deverá fornecer 31,4% da energia dos EUA até 2050. A energia eólica tem se tornado cada vez mais competitiva no país, sendo uma das fontes de energia que mais cresce. Atualmente, o vento já fornece mais de 10% da eletricidade em 16 estados. Os estados do Kansas, Iowa, Oklahoma, Dakota do Sul e Dakota do Norte já possuem mais de 30% da sua oferta total de eletricidade proveniente de instalações eólicas. Em 2020, os EUA tinham uma capacidade instalada de cerca de 117,74 GW e havia 180 instalações eólicas *onshore* em preparação para entrarem em operação já nos próximos anos (MORDOR INTELLIGENCE, 2024).

A Índia está avançando rapidamente em sua capacidade eólica, o que é crucial para atender às suas crescentes necessidades energéticas e seus objetivos de descarbonização, especialmente num país cuja ascensão como uma potência global tem se dado em meio a crise climática e cuja economia depende bastante da importação de petróleo e da exploração do carvão mineral. O país já tem a quarta maior capacidade instalada do mundo (INVEST INDIA, 2024).

A capacidade instalada de energia eólica da Índia era de mais de 42,6 GW em fevereiro de 2023. O governo indiano tem como meta 140 GW de capacidade instalada cumulativa de energia eólica até 2030. Ao expandir seu mercado interno de energia eólica, a Índia pode tornar-se uma potência na cadeia de abastecimento global. O custo de produção na Índia é bastante competitivo, e o país tem capacidades tecnológicas relevantes. A Índia prevê que cerca de 22 GW poderão ser adicionados a sua matriz nos próximos anos, se mantido o atual ritmo de crescimento (CANAL ENERGIA, 2023).

O Brasil também tem visto uma expansão notável em sua capacidade eólica, com um aumento recorde na matriz elétrica em 2023, onde as usinas eólicas desempenharam um papel significativo. Em 2021, o Brasil já tinha a sexta maior capacidade total instalada de energia eólica onshore. Para efeito de comparação, o país ocupava a 15ª posição em 2012. Em 2020 e 2021, o Brasil foi o terceiro país que mais instalou usinas eólicas, ficando atrás da China e dos Estados Unidos, feito notável, diante das capacidades econômicas e tecnológicas das duas maiores potências do mundo (MARTINS, 2022).

No Brasil, a energia eólica já é a segunda maior fonte da matriz elétrica com 11% de participação (estando atrás apenas da energia hidrelétrica) e sua produção é muito relevante no Nordeste do país. O Brasil também fabrica, e já é um exportador relevante de equipamentos para a produção eólica. A fonte também representa pouco mais de 40% dos empreendimentos energéticos em construção no país (MACHADO, 2021).

Como as outras fontes renováveis, a força do vento não é distribuída uniformemente pelo planeta. O vento sopra mais forte em diferentes partes do mundo, e as características do solo limitam a instalação das turbinas. Esses fatores influenciam bastante na expansão da energia eólica, mas as diferentes capacidades tecnológicas e financeiras dos países tendem a ser um fator ainda mais importante nesse processo.

4.2. A Luz do Sol

A energia solar fotovoltaica é produzida utilizando estruturas que convertem fótons diretamente em energia elétrica. Os painéis solares, compostos pelas chamadas células fotovoltaicas, captam a luz solar, que libera elétrons ao atingir as células, criando uma corrente.

A energia fotovoltaica apresenta um potencial de expansão global. O sol é uma fonte de energia abundante em todo o mundo (embora seja ainda mais abundante nos trópicos). Vários países têm implementado projetos em grande escala e incentivado a instalação de sistemas fotovoltaicos em empresas, prédios públicos e habitações. (SILVA, VIEIRA, MACHADO, FORNERETO, SILVA, 2023).

O custo decrescente dos painéis e a busca pela descarbonização tem impulsionado a rápida expansão do setor. Em nível global, a capacidade instalada de energia solar cresceu cerca de 12 vezes entre 2010 e 2020, atingindo aproximadamente 760 GW em 2023. A energia solar é uma fonte de energia renovável, pois o sol brilha e provavelmente continuará brilhando por bilhões de anos. A geração de energia fotovoltaica tem baixa emissão de gases de efeito estufa, o que a torna imprescindível no contexto da crise climática e da transição energética. (SILVA, VIEIRA, MACHADO, FORNERETO, SILVA, 2023).

Entre as principais vantagens da energia fotovoltaica está a redução nos custos de eletricidade a longo prazo. Um sistema fotovoltaico pode gerar eletricidade por décadas, com baixas necessidades de manutenção, e sua instalação em habitações e empresas permite que estes gerem sua própria eletricidade, reduzindo e eventualmente eliminando a dependência da rede elétrica comum. Além disso, sistemas fotovoltaicos podem fornecer eletricidade a regiões remotas sem acesso à rede elétrica. Muitos governos têm oferecido incentivos (como subsídios e descontos fiscais) para a instalação de sistemas fotovoltaicos, o que ajuda a diminuir custos iniciais de aquisição e instalação. Em muitos casos, os sistemas solares produzem mais eletricidade do que seu produtor consome, o que eventualmente permite a venda do excesso de eletricidade de volta à rede elétrica (SILVA, VIEIRA, MACHADO, FORNERETO, SILVA, 2023).

Mas a instalação de infraestruturas fotovoltaicas pode envolver custos iniciais significativos, e embora estes custos estejam diminuindo rapidamente, o retorno do investimento pode levar vários anos. Além da noite, o funcionamento dos painéis também é afetado por condições climáticas, como dias nublados, portanto, a intermitência é uma questão importante. Em sistemas isolados das grandes redes, a necessidade de armazenamento aumenta os custos (SILVA, VIEIRA, MACHADO, FORNERETO, SILVA, 2023).

A tabela a seguir apresenta os maiores produtores de energia solar fotovoltaica em 2022:

Tabela 11 - Maiores produtores de Energia Solar Fotovoltaica a nível global em 2022

Maiores produtores em 2022	Participação na produção global em 2022
China	49%
Estados Unidos	13%
Japão	10%
Alemanha	8%
Índia	8%
Austrália	3%
Itália	3%
Brasil	3%
Holanda	3%
Coreia do Sul	2%

Fonte: IRENA, 2024

A China é a superpotência da energia solar fotovoltaica, com uma capacidade instalada equivalente a quase metade da capacidade global. Em 2023, o país estabeleceu um novo recorde ao adicionar 216,9 GW de capacidade solar, mais do que a capacidade total dos Estados Unidos, em toda a história. Essa expansão está relacionada ao estratégico papel do estado chinês e à crescente demanda energética da própria China, cuja ascensão econômica se dá em meio à crise climática global, mas também do mundo desenvolvido e em desenvolvimento, que se engaja cada vez mais na transição energética. A grande capacidade de produção industrial da China tornou os painéis solares tão mais acessíveis, que certamente ajudaram a desacelerar o aumento das emissões de gases de efeito estufa, não apenas na China, mas a nível global (BRADSHER, 2024).

A oferta chinesa abaixou o preço de atacado dos painéis solares quase pela metade. As exportações de componentes essenciais duplicaram e as suas exportações de painéis totalmente montados dentro da China aumentaram quase 40%. O foco no desenvolvimento da energia solar é parte de um programa de duas décadas, que pretende tornar a China menos dependente das

importações de energia, ao mesmo tempo em que realiza a descarbonização de sua economia. A vantagem de custo da China é grande e a diferença perante os produtores ocidentais, se deve em parte, a mão de obra mais barata. Além disso, as cidades chinesas também oferecem terrenos para fábricas de painéis solares relativamente mais baratos e os bancos estatais chineses continuaram investindo em empreendimentos fotovoltaicos mesmo diante de eventuais altos riscos (BRADSHER, 2024).

A fabricação do polisilício, a principal matéria-prima dos painéis solares, exige bastante energia, e a eletricidade necessária para produzir painéis equivale a mais de sete meses de seu próprio funcionamento. As empresas da China também estão reduzindo custos ao instalar parques solares nos grandes desertos do oeste (como o Deserto do Taclamacã e o Deserto de Gobi), especialmente na Região Autônoma de Xinjiang. Os Estados Unidos proíbem importações de materiais ou componentes fabricados em Xinjiang, e alegam que isso se dá em virtude das violências sofridas pelo Povo Uigur (BRADSHER, 2024).

A Europa está expandindo seu parque solar rapidamente. A União Europeia visa aumentar a participação das fontes renováveis na sua geração de eletricidade para 40% até 2030, com a Alemanha se destacando nesse processo. A redução dos preços dos painéis nos últimos anos facilitou a instalação de infraestruturas fotovoltaicas na Europa Continental, que registrou um aumento de 40% na sua capacidade de geração instalada, o que ajuda no cumprimento dos objetivos climáticos europeus e a reduzir a importação de combustíveis fósseis (MCWILLIAMS, TAGLIAPIETRA, TRASI, 2024).

Mas seus fabricantes enfrentam desafios sérios. Quase todos os painéis instalados na União Europeia, em 2023, foram importados da China. Os painéis chineses são tão baratos que estão sendo importados mais rápido do que podem ser instalados. Os fabricantes europeus de painéis solares têm exigido medidas protecionistas (tarifas de importação, subsídios à produção e compra de estoque), que se levadas a cabo, poderiam frear a velocidade da transição energética no continente europeu (BRADSHER, 2024).

O mercado solar fotovoltaico tem tido oferta abundante, e subsidiar a produção na Europa não teria impacto relevante no avanço da transição energética e da descarbonização. Os processos completos de fabricação envolvem grande consumo de energia, e a Europa tem uma eletricidade cara, especialmente depois de ter reduzido a importação de gás natural da Rússia

por conta da guerra na Ucrânia. Os terrenos utilizados na Europa para instalação de parques solares também são relativamente mais caros. A Europa teme ser excessivamente dependente de um único fornecedor para a realização da sua transição energética (MCWILLIAMS, TAGLIAPIETRA, TRASI, 2024).

Do outro lado do Atlântico Norte, o dilema se repete. O custo médio de produção de painéis solares nos Estados Unidos é quase o dobro do custo na China. Diante desse cenário, Washington criou subsídios que cobrem grande parte desses custos. Ainda assim, os Estados Unidos são o segundo maior mercado de energia solar, com milhares de parques solares, e particularmente, nos desertos do sudoeste do país, há um enorme potencial solar fotovoltaico a ser explorado (MCWILLIAMS, TAGLIAPIETRA, TRASI, 2024).

O Brasil tem um potencial solar equivalente a milhares de vezes a energia consumida em todo o seu território, e se destaca pelo seu crescimento acelerado nesse setor. Em 2022, o Brasil contabilizou 24 GW de capacidade total de energia solar instalada. Em 2023, esse montante ultrapassou a marca de 38 GW. Entre janeiro e agosto de 2023, a expansão da capacidade instalada da matriz elétrica brasileira foi de 7 GW, e desse total, 3 GW foram gerados por instalações solares fotovoltaicas (GOV.BR, 2023).

Somando os grandes parques solares e os sistemas de geração própria em habitações e empresas, a energia solar fotovoltaica já representa 17 % da matriz elétrica do Brasil, e já se consolidou como a segunda maior fonte de eletricidade do país. O país é o 4º que mais emprega trabalhadores no setor solar fotovoltaico, segundo uma pesquisa realizada pela Agência Internacional para as Energias Renováveis, estando atrás apenas de China, Índia e Estados Unidos (CASARIN, 2023).

Por fim, vale ressaltar o grande potencial de geração de energia solar fotovoltaica flutuante. Com seus grandes cursos d'água e grandes reservatórios de usinas hidrelétricas, o Brasil é o terceiro país do mundo com maior potencial de geração através dessa tecnologia, um potencial grande o suficiente para cobrir sozinho toda a demanda elétrica do país (SANTOS, 2023).

Mas no mundo em desenvolvimento, quem mais tem se destacado por sua ascendente capacidade solar fotovoltaica é a Índia, um dos maiores emissores mundiais de gases de efeito

estufa e um país altamente vulnerável às mudanças climáticas. O investimento em energia solar contribui para reduzir a dependência da exploração do carvão e da importação de petróleo, contribuindo ao mesmo tempo, para a eventual descarbonização da economia indiana. A Índia está particularmente focada em impulsionar a adoção da energia solar em telhados (INVEST INDIA, 2024).

A capacidade instalada de energia solar na Índia aumentou 25 vezes nos últimos dez anos e além do fortalecimento na sua segurança energética, e do melhor controle da evolução das suas emissões de gases de efeito estufa, a Índia tem feito um uso inteligente da expansão e da busca global pela energia solar em sua política externa, buscando se projetar como uma liderança emergente na transição energética (GREENFIELD, 2022).

A Aliança Solar Internacional foi concebida como um esforço conjunto da Índia e da França para mobilizar esforços contra as alterações climáticas através da expansão da energia solar. A organização foi fundada durante a COP 21, da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas (UNFCCC), realizada em Paris em 2015 e é sediada na Índia. A maioria dos membros fundadores da Aliança Solar Internacional são países tropicais (INTERNATIONAL SOLAR ALLIANCE, 2015).

Embora os países ricos tenham mais recursos para adquirir painéis e demais tecnologias fotovoltaicas, é no mundo em desenvolvimento que a energia solar tem as melhores perspectivas de crescimento. Novos cenários de dependência já estão constituídos, com a Ásia ocupando um lugar central.

4.3. Os Rios

A energia hidrelétrica é gerada através da transformação da força da água dos rios em eletricidade. Para aproveitar tal força, são construídas infraestruturas hidráulicas capazes de extrair o máximo potencial desse recurso (barragens, represas e usinas). As usinas hidrelétricas têm uma longa vida útil e podem utilizar a água represada de forma flexível, o que diminui os efeitos da intermitência, causada pelos ciclos das chuvas e dos rios. Barragens são úteis também para a regulação do nível das águas, eventualmente prevenindo cheias potencialmente perigosas. Embora o investimento necessário para pôr em funcionamento uma usina hidrelétrica seja alto, seus custos operacionais são baixos, e sua flexibilidade pode ser um complemento

para outras tecnologias de energia renovável, ainda mais intermitentes, como a energia solar e a energia eólica (IBERDROLA, 2024).

A fonte hidráulica é uma fonte renovável, mas seu desenvolvimento envolve a construção de grandes reservatórios, que devido à decomposição de matéria orgânica (submersa durante o processo de alagamento), emitem eventualmente uma quantidade substancial de gases de efeito estufa, em especial, de metano. O deslocamento de populações para a instalação de empreendimentos hidrelétricos também é uma questão muito sensível. As linhas de transmissão são essenciais para o transporte de energia dos sistemas hidrelétricos (frequentemente localizados em regiões remotas) até os grandes centros de consumo. A regionalidade dos sistemas hidrelétricos (e seus limites) é um dos fatores que influenciam as políticas nacionais de segurança energética e as políticas de integração energética regional ao redor do mundo (CORTEZ, 2023).

A tabela a seguir apresenta os maiores produtores de energia hidrelétrica a nível global em 2023:

Tabela 12 - Maiores produtores de Energia Hidrelétrica a nível global em 2023

Maiores produtores em 2023	Participação na produção global em 2023
China	28%
Brasil	9%
Estados Unidos	8%
Canadá	6%
Índia	4%
Japão	4%
Rússia	4%
Noruega	3%

Fonte: IHA, 2023

A China é o maior produtor de energia hidrelétrica do mundo, e tem expandido rapidamente sua capacidade, com projetos gigantescos (como as usinas hidrelétricas de Três Gargantas e Baihetan, as duas maiores do mundo). Ao final de 2020 a capacidade de energia renovável na China alcançou 930 GW, o que corresponde 42% da capacidade total instalada do

país. Dessa capacidade de geração de energia renovável, 370 GW vem de hidrelétricas. (280 GW são de geração eólica e 250 GW são de geração solar fotovoltaica). Desses 370 GW provenientes das hidrelétricas chinesas, 22,5 GW foram produzidos apenas em Três Gargantas. Empresas chinesas também têm construído várias usinas hidrelétricas em vários países, especialmente no mundo em desenvolvimento (PENG, CHIA, 2024).

O Brasil possui recursos hídricos abundantes, tendo uma das maiores redes fluviais do planeta, mas também tem uma tradição bastante robusta no desenvolvimento das tecnologias de geração hidrelétrica, sendo um grande construtor de barragens, e suas usinas têm desempenhado papel central em seus projetos de infraestrutura nacional e regional. A longo prazo, isso contribuiu muito para o cumprimento das metas climáticas e de descarbonização do Brasil. A matriz energética brasileira é mais baseada em fontes renováveis em comparação com países de consumo energético semelhante ou maior, e isso se deve, especialmente ao sistema hidrelétrico brasileiro, que é o segundo maior do mundo (STEINBUKS, PEREZ- SEBASTIAN, 2022).

O país passou por uma rápida industrialização nas décadas de 1960 e 1970, e desde então, fez do setor energético um elemento importante de sua economia. As hidrelétricas ocuparam papel de destaque nesse processo, o que incluiu a construção das maiores usinas hidrelétricas do mundo naquele momento, Itaipu e Tucuruí. Os investimentos em energia hidrelétrica voltaram a crescer nos anos 2000, especialmente na Amazônia. Mas a opinião pública brasileira e internacional tem se mostrado cada vez mais hostis à construção de novos grandes empreendimentos hidrelétricos na região. Entre 1970 e 2010, a geração total de eletricidade no Brasil aumentou dez vezes (STEINBUKS, PEREZ-SEBASTIAN, 2022).

Os Estados Unidos, o Canadá e a Rússia também têm sistemas hidrelétricos robustos e recursos hídricos significativos. Esses países têm utilizado essa fonte de energia em larga escala há décadas. Nos Estados Unidos, a geração de combustíveis fósseis tem se mantido estável e o progresso das medidas de descarbonização tem diminuído, apesar da expansão e construção contínua de grandes parques eólicos e de instalações solares. Entre as principais razões para a desaceleração do processo de descarbonização nos últimos anos, está o aumento da demanda e a queda na geração de energia hidrelétrica (e nuclear) (BLOOMBERG, 2023).

As gerações de energia com baixa ou nenhuma emissão de gases de efeito estufa estão em ascensão no país, mas este aumento não tem sido acompanhado de queda na geração por

combustíveis fósseis. A crescente demanda de energia acomoda o aumento da geração de energia elétrica com baixa emissão de carbono, mantendo a geração proveniente de combustíveis fósseis constante. Isso também é explicado pela queda na geração proveniente de hidrelétricas, efeito das secas prolongadas no oeste americano (e na geração de fontes nucleares, com a desativação de usinas obsoletas) (BLOOMBERG, 2023).

A Índia é um dos maiores produtores de energia hidrelétrica do mundo, mas até 2018, utilizava apenas 17% de seu potencial hidrelétrico total. A energia hidrelétrica responde por uma parte significativa do setor energético indiano, perdendo somente para a geração via carvão mineral, e é parte fundamental da estratégia indiana para a transição energética (ALI, AADHAR, SHAH, MISHRA, 2018).

Mas além das usinas convencionais, O país asiático tem investido fortemente na geração hidrelétrica de armazenamento bombeado, as chamadas “usinas hidrelétricas reversíveis”, que utilizam a própria energia gerada por suas turbinas para bombear a água de volta aos reservatórios superiores, estabelecendo um ciclo. Algumas delas, de circuito fechado, não tem necessidade de conexão com fontes naturais (ENGIE, 2023).

Apesar do domínio de novas tecnologias, a expansão hidrelétrica indiana enfrenta desafios, como o deslocamento de populações, degradação de ecossistemas fluviais, e padrões climáticos desafiadores nos últimos anos, que comprometeram relativamente a geração de energia das três principais bacias hidrográficas indianas (Ganges, Indo e Brahmaputra) que são todas transfronteiriças, e que detêm os maiores potenciais hidrelétricos do país (ALI, AADHAR, SHAH, MISHRA, 2018).

A expansão das hidrelétricas tem sido acelerada no continente africano. A Etiópia está emergindo como uma grande potência hidrelétrica na África. A Grande Barragem da Renascença Etíope, inaugurada em 2020, é a maior da África, e aumentou muito a produção de eletricidade do país desde que entrou em funcionamento. A Etiópia passou então a fornecer energia para países vizinhos, como o Quênia. Este projeto, no entanto, tem sido fonte de tensões, especialmente com o Egito, que depende quase exclusivamente das águas do Rio Nilo (e consequentemente do Nilo Azul) para sua agricultura, indústria e abastecimento. A despeito da controvérsia, a Etiópia pretende alcançar a autossuficiência energética e se tornar um grande exportador de energia para toda a região. O país do Chifre da África continua a expandir suas

fontes de energia renovável, o que inclui, além da fonte hidráulica, a eólica, a solar e a geotérmica (BBC NEWS, 2023).

A transição energética na África passa pela utilização de seu imenso potencial hidrelétrico, mas o continente utiliza apenas 3% disso. Mas a futura maior usina hidrelétrica do mundo poderá ser erguida na República Democrática do Congo. O Complexo de Grande Inga poderia ter potência equivalente a duas vezes a da usina chinesa de Três Gargantas, que é a maior do mundo até agora. Eventualmente, Grande Inga seria suficiente, não apenas para cobrir a demanda congoleza de eletricidade, mas também boa parte da demanda de todo o continente africano. O Congo é um dos países mais pobres do mundo, mas um dos maiores, e mais ricos em recursos hídricos, minerais e florestais. O crescimento de suas capacidades energéticas e o fim da intermitência no fornecimento de energia para seus cidadãos é vital para o futuro da África, especialmente no contexto da transição energética (COLOMA, 2011).

Os recursos hídricos são muito estratégicos para qualquer nação. Seu uso para a produção de hidreletricidade gera vários impactos na geografia, na economia e na política internacional. No mundo em desenvolvimento, especialmente onde há potencial hidrelétrico relevante, as hidrelétricas têm avançado rápido, tanto em função da necessidade de atendimento da demanda crescente de energia, quanto para a adaptação à economia da mudança climática, o que transforma dinâmicas de poder pré-estabelecidas.

4.4. Os Átomos

A energia nuclear é uma fonte de energia que tem o potencial de desempenhar um papel importante na matriz energética global, especialmente como uma alternativa de baixo carbono. Ela funciona através da fusão nuclear, onde átomos de urânio ou plutônio são divididos para liberar energia. Durante a operação, as usinas nucleares emitem baixa quantidade de gases causadores de efeito estufa, o que contribui para o combate às mudanças climáticas. A energia nuclear não depende de condições climáticas como sol ou vento, e uma pequena quantidade de combustível nuclear pode produzir uma grande quantidade de energia. A energia nuclear também consome menos recursos minerais e fósseis em comparação com outras fontes (AMERISE, 2022).

No entanto, existem desafios significativos. Acidentes nucleares, ainda que raros, podem ter consequências devastadoras, como demonstrado pelos eventos de Chernobyl e Fukushima. O lixo radioativo gerado é altamente perigoso e requer armazenamento seguro por milhares de anos. A construção de usinas nucleares é extremamente cara e envolve um longo período de planejamento e desenvolvimento. Por isso, a energia nuclear enfrenta oposição em setores da sociedade civil em vários países, o que pode dificultar seu desenvolvimento.

Contudo, há questionamentos a respeito da dependência das condições climáticas para a produção de energia renovável e a respeito da capacidade limitada de geração de energia por fontes renováveis, que pode ser insuficiente para atender à demanda global, especialmente no contexto da transição energética (AMERISE, 2022).

Vários países reafirmaram seu compromisso com a energia nuclear na COP 28, prometendo triplicar a capacidade global de geração de energia nuclear até 2050. A China lidera o número de reatores em desenvolvimento, seguida pela Índia (PEIXOTO, 2023).

A energia nuclear é central na geopolítica e na economia do espaço pós-soviético. A Rússia, herdeira de grande parte das capacidades nucleares da União Soviética, tem utilizado esses recursos como um meio de projetar poder e influência política. A guerra russo-ucraniana trouxe à tona a vulnerabilidade das instalações nucleares em zonas de conflito. A segurança dessas instalações é crítica, não apenas para a região, mas para o mundo inteiro, devido ao potencial de desastres nucleares. A ocupação da usina nuclear de Zaporíjia (a maior da Europa e uma das maiores do mundo) pela Rússia e os combates em seu entorno levantaram temores de um possível acidente nuclear. A Agência Internacional de Energia Atômica tem enfatizado a necessidade de garantir a segurança nuclear em meio ao conflito (RZHEUTSKA, 2023).

A tabela a seguir apresenta os maiores produtores de energia nuclear em 2022:

Tabela 13 - Maiores produtores de Energia Nuclear a nível global em 2022

Maiores produtores em 2022	Participação na produção global em 2022
Estados Unidos	31%
China	14%
França	13%
Rússia	8%
Coreia do Sul	6%
Canadá	4%
Ucrânia	3%

Fonte: Adaptado de Statista, 2022

A matriz energética nuclear da Ucrânia é uma das maiores e mais importantes do mundo e o país depende significativamente dessa fonte para seu fornecimento de eletricidade. Além disso, a Ucrânia tem enfrentado desafios para manter a estabilidade de seu sistema energético diante dos ataques à sua infraestrutura. Apesar dos danos significativos, o país tem demonstrado resiliência (BLEIKER, 2022)

A energia nuclear pode ajudar os Estados Unidos a cumprirem uma de suas principais metas climáticas: reduzir pela metade as emissões de carbono até 2030 e alcançar zero emissões líquidas até 2050. Nos Estados Unidos, a energia nuclear é uma fonte estabelecida de eletricidade, contribuindo com cerca de 20% da produção total. Com 56 usinas nucleares localizadas em 28 estados. Em 2020, elas geraram a mesma quantidade de energia elétrica nos Estados Unidos que as energias renováveis, um quinto do total. No entanto, o setor enfrenta desafios, como a obsolescência das usinas (cuja vida útil média é de 40 anos), a perda de capacidades tecnológicas para a construção de novas usinas (adaptadas a novos padrões de custo e segurança), e a força de setores da opinião pública americana contrários ao uso da energia nuclear (PARSHLEY, 2021).

Enquanto isso, a China está emergindo como uma potência dominante no setor, com um foco intenso na expansão de sua capacidade instalada, com o objetivo declarado de atender

a crescente demanda de energia e a crescente demanda por descarbonização. Atualmente, a China opera um total de 53 reatores nucleares, com capacidade total de 55,6 milhões de quilowatts. Cerca de 23 reatores nucleares estão em construção com uma capacidade total de 24,19 milhões de kW. Este número é significativamente maior do que o de outros países, refletindo o compromisso da China em aumentar sua capacidade instalada de usinas nucleares em operação para 70 gigawatts até 2025 (XIN, 2022).

A Índia também está expandindo sua capacidade nuclear. Atualmente, o país possui um programa nuclear bem estabelecido e está trabalhando para aumentar significativamente sua capacidade instalada, o que é impressionante. Dado que a Índia não é parte do Tratado de Não-Proliferação Nuclear, e foi durante 34 anos excluída do comércio de centrais e materiais nucleares, o que prejudicou o seu desenvolvimento de energia nuclear civil até 2009. A meta indiana é fornecer 25% da energia elétrica do país a partir de fontes nucleares até 2050.

O governo indiano reconhece o papel que a energia nuclear pode desempenhar na redução da dependência de carvão mineral e do petróleo, e por fim, no fortalecimento da segurança energética nacional, ao mesmo tempo em que se realiza a descarbonização da economia indiana. A Índia é um dos poucos países que possui um ciclo de combustível nuclear completo, desde a extração de urânio até o reprocessamento de combustível usado (WORLD NUCLEAR ASSOCIATION, 2024).

Na Europa, a energia nuclear está no centro de um debate ético, ambiental e geopolítico. Alguns países-membros da União Europeia defendem o uso da energia nuclear, com reatores produzindo grande parte das suas necessidades de energia, enquanto outros têm opinião pública majoritariamente contra a energia nuclear, além de um longo histórico de preocupações com a segurança. Um terço dos reatores nucleares atualmente em operação na União Europeia se aproximam do fim de sua vida útil em 2025 (FROST, 2023).

A Alemanha lançou em 2010 a 'Energiewende', plano que define a estratégia do país para a transição rumo a uma economia de baixa emissão de gases de efeito estufa. Além do grande investimento em energia renovável, a pressão histórica de certos setores da sociedade civil alemã (como do movimento antinuclear, ativo no país desde a década de 1970) resultou também na decisão de fechar todas as usinas nucleares da Alemanha até 2023. A desativação das usinas foi vista por alguns como “uma destruição do patrimônio tecnológico nacional”, dada

a longa história do país na utilização da energia nuclear para fins civis. A desnuclearização da matriz energética, aliada à explosão do conflito russo-ucraniano, levou a um aumento no uso de carvão mineral, o que destaca contradições e complexidades políticas e econômicas da transição energética alemã (APPUNN, 2021).

Já a França obtém cerca de 70% de sua eletricidade de usinas nucleares e vê na energia nuclear uma solução para a autonomia energética e para a redução de emissões de gases de efeito estufa. O país está investindo em novas tecnologias, como reatores de fusão nuclear, que prometem ser mais seguros e eficientes, mas questionamentos acerca da obsolescência das usinas nucleares francesas, do alto custo de construção de novas usinas, adaptadas aos novos protocolos de segurança, e o gerenciamento de resíduos radioativos permanecem sensíveis. A França tem liderado esforços para que a energia nuclear seja reconhecida internacionalmente como uma energia verde. Em uma iniciativa apoiada por outros nove países da União Europeia (Bulgária, Croácia, Finlândia, Tchêquia, Hungria, Países Baixos, Polônia, Romênia, Eslováquia e Eslovênia), a França argumenta que a energia nuclear deve ser incluída entre as fontes incentivadas pelo bloco durante a transição para a neutralidade climática (onde enfrenta oposição alemã) (FROST, 2023).

No Níger, um golpe de Estado em 2023 ameaçou os interesses franceses no mercado de urânio, e levantou preocupações sobre a segurança energética da França e da Europa, já que o Níger é um fornecedor chave de urânio para a França, e também sobre a soberania dos países africanos sobre seus recursos minerais, questão sensível desde a descolonização (MAAD, 2023).

Por fim, vale destacar o programa nuclear iraniano, como um ponto focal de tensões internacionais. As suspeitas de que o Irã possa desenvolver armas nucleares sob o pretexto de um programa civil provocam preocupações em países vizinhos, e no ocidente. O Irã sempre afirmou que seu programa nuclear tem fins pacíficos, posição que foi verificada e atestada pela Agência Internacional de Energia Atômica após o acordo nuclear de 2015, que limitou o enriquecimento de urânio em solo iraniano, em troca do arrefecimento das sanções econômicas contra o país (GOV.UK, 2023).

Os Estados Unidos argumentam que suas ações contra o programa nuclear iraniano, buscam evitar um eventual desequilíbrio de poder no Oriente Médio e a possibilidade de uma

corrida armamentista nuclear na região. O acordo foi suspenso em 2018 pela saída unilateral dos Estados Unidos e o Irã retomou a atividade em instalações nucleares que anteriormente eram proibidas pelos termos do acordo. A Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) tem sido impedida de monitorizar satisfatoriamente as atividades nucleares do Irã desde fevereiro de 2021. O Irã exige o fim das sanções para assinar um novo acordo (MILLS, 2023).

Décadas de baixo investimento, questionamentos da opinião pública, e a obsolescência das instalações, tornam o cenário da energia nuclear particularmente desafiador nos Estados Unidos e na Europa. Enquanto isso, na Ásia, a energia nuclear tem passado por um processo de expansão, e isso é condizente com a trajetória das economias emergentes da região, muito interessadas numa rápida expansão, diversificação e descarbonização de suas matrizes energéticas. Poucos países que têm grandes economias e grandes capacidades energéticas nucleares têm margem de manobra para abandoná-las, como a Alemanha fez, processo cujas consequências para a transição energética têm sido nefastas. Para países como China e Índia, a energia nuclear não é dispensável de forma alguma.

4.5. A Matéria Viva

A biomassa é um recurso renovável e seu processo de conversão em energia é muito menos nocivo ao meio ambiente. A energia da biomassa ainda conta com baixos índices de emissões de CO₂ na produção, e em alguns casos, resulta até em sua captura. Além da bioeletricidade, também é possível produzir biocombustíveis, como Etanol e Biogás e além da queima de matéria orgânica, existem outros processos para conversão da biomassa em energia. Esses métodos são divididos em três categorias: processos físicos (como a secagem), processos termoquímicos (como a combustão, gaseificação e liquefação) e processos bioquímicos (como a fermentação). Nos transportes, também têm sido desenvolvidos usos mais modernos dessa energia, como sua aplicação em carros movidos a hidrogênio (RAÍZEN, 2022).

A biomassa tem uma distribuição irregular pelo mundo. Enquanto nos trópicos, como na América Latina, na África e no Sudeste Asiático, há abundância de recursos da biomassa devido ao clima favorável para o crescimento de plantas, o Oriente Médio tem uma disponibilidade limitada. Além da baixa emissão de gases de efeito estufa, o baixo custo e a possibilidade de reaproveitamento de resíduos, constituem-se como grandes vantagens do uso da Biomassa para a geração de energia. O desmatamento para abertura de novos campos de

plantação e a ocupação de terras usadas para produção de alimentos são fatores apontados como problemas dessa produção (BIOENERGIA USP, 2024).

A tabela a seguir, apresenta os maiores produtores de energia de Biomassa em 2022:

Tabela 14 - Maiores produtores de Energia de Biomassa a nível global em 2022

Maiores produtores em 2022	Participação na produção global em 2022
China	23%
Brasil	12%
Estados Unidos	7%
Índia	7%
Alemanha	7%
Grã Bretanha	5%
Japão	4%
Tailândia	3%

Fonte: Adaptado de Statista, 2022

A China é um dos maiores consumidores de biomassa do mundo, o que é impulsionado por seu grande setor agrícola e a crescente demanda por energia. O país utiliza diversas fontes de biomassa, incluindo resíduos agrícolas (como cascas e palhas), resíduos florestais (provenientes de manejo florestal) e biogás, para geração de eletricidade, aquecimento e produção de biocombustíveis. A China vem investindo, cada vez mais, na geração de energia a partir de resíduos. Atualmente, o país tem mais de 300 plantas em operação. Com isso, o gigante asiático viu sua capacidade instalada de produção de energia a partir de resíduos crescer 26% por ano nos últimos cinco anos. No mesmo período, os países da OCDE tiveram aumento médio de 4% por ano na geração. Dentre os maiores consumidores de energia de Biomassa, a China é

o único que a utiliza majoritariamente para a produção de bioeletricidade (AGROMÍDIA, 2022).

Os Estados Unidos são o maior produtor de etanol do mundo e também têm importantes indústrias de biomassa, especialmente a de biocombustíveis. O uso de biomassa nos Estados Unidos continua a crescer, impulsionado por políticas pró-transição energética. Washington propôs expandir a política de biocombustíveis, através da mistura, buscando expandir também a oferta para atender às demandas de mercados de difícil descarbonização no país, como os transportes rodoviário, ferroviário, aquaviário e aeroviário. As refinarias de petróleo estadunidenses serão obrigadas a adicionar 20,82 bilhões de galões de biocombustíveis ao seu combustível em 2023 (BRASIL, 2023).

O Brasil é reconhecido internacionalmente pela tradição no uso da biomassa da agroindústria, como bagaço de cana, para geração de energia elétrica, e pelo desenvolvimento e produção de biocombustíveis, como o etanol, obtido principalmente de cana-de-açúcar, e o biodiesel, produzido a partir de óleos vegetais (incluindo o óleo de soja) e gorduras animais, que são adicionados posteriormente ao diesel de petróleo. Estes são os dois principais biocombustíveis líquidos usados no Brasil. A biomassa é a terceira maior fonte de eletricidade no Brasil, depois da energia hidráulica e da energia eólica. Atualmente, o país conta com centenas de instalações que utilizam a biomassa como fonte de energia, com uma capacidade instalada de 17.384 MW (GOV.BR, 2024).

A Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) estabeleceu um mercado de créditos de descarbonização atrelado à certificação e distribuição dos biocombustíveis. Essa política também estabelece o aumento da mistura de biodiesel no diesel, com a meta de atingir 15% até 2026 (GOV.BR, 2023).

O maior produtor mundial de equipamento para produção de etanol é o Brasil. A gasolina brasileira já tem 27,5% de etanol em sua mistura, e o governo estuda aumentar esse percentual para 30%. Os biocombustíveis líquidos já são um quinto (cerca de 20%) do consumo energético dos transportes do Brasil. No mundo esse percentual é de apenas 4% (SCHREIBER, 2023).

A Índia é um grande produtor de cana de açúcar ao mesmo tempo que é um dos maiores

importadores de petróleo do mundo. Por isso, a ampliação do uso de biocombustíveis passou a ser vista como um importante trunfo para a segurança energética do país e economia de divisas. O programa indiano para os biocombustíveis inclui mistura de etanol na gasolina na gasolina para veículos flex e investimentos em pesquisa e produção de biocombustíveis de segunda geração, mais eficientes e menos poluentes. A Índia tornou-se recentemente a terceira maior produtora de biocombustíveis (atrás dos Estados Unidos e do Brasil), num processo que contou com apoio do setor privado e do governo brasileiro, através de acordos de cooperação. A Índia inclusive antecipou de 2030 para 2025, a sua meta de adicionar 20% de etanol à gasolina, o que impulsiona o crescimento da demanda já nos próximos anos (SCHREIBER, 2023).

A cooperação Indo-Brasileira no setor de energia, em particular, é notável. O Brasil e suas políticas industriais para biocombustíveis e motores híbridos têm servido como referência para as medidas que vêm sendo tomadas pela Índia nesses setores, que contribuem para a descarbonização da matriz de transportes indiana. As duas maiores democracias do mundo em desenvolvimento, detentoras de capacidades industriais e tecnológicas relevantes e peso na agenda internacional de energia, através da cooperação entre os setores sucroenergéticos e automotivos dos dois países (o que inclui transferência de tecnologia brasileira para a Índia), pretendem posicionar melhor a bioenergia e os biocombustíveis como parte das soluções para a transição energética global, especialmente em setores onde a descarbonização é mais desafiadora, como nos transportes aéreos e marítimos. Nova Délhi e Brasília pretendem consolidar, não apenas seus respectivos mercados domésticos, mas um mercado global de biocombustíveis sustentáveis e de veículos com motores híbridos e “flex- fuel” (GOV.BR, 2022).

Para a diplomacia brasileira, a aliança com a Índia se encaixa nos objetivos de sua política externa de promover o desenvolvimento do Sul Global. Os biocombustíveis são uma alternativa mais intensiva em mão de obra, o que gera mais empregos e renda agregada, e menos onerosa para o transporte do que, por exemplo, a eletrificação da frota, especialmente para os países emergentes, que buscam mobilidade barata de baixo carbono (GOV.BR, 2022).

A Aliança Global para os Biocombustíveis foi lançada durante a cúpula do G20, em Nova Déli, sob liderança de Brasil, Estados Unidos e Índia, os três maiores produtores. A iniciativa conta com mais 16 países, e busca promover a produção e o consumo de biocombustíveis, em especial em economias em desenvolvimento do Sul Global, dentro da

agenda de transição para fontes com menor emissão de gases de efeito estufa (SCHREIBER, 2023).

A resistência de certos países aos biocombustíveis, estaria também relacionada ao interesse desses países em vender suas tecnologias (como carros elétricos). A expansão do mercado mundial de etanol é um objetivo antigo do Brasil, pois um mercado mundial pode render negócios ao país, que é liderança no setor e que em tese, poderia exportar mais carros flex (movidos a gasolina e etanol). A ideia da aliança é que os biocombustíveis sejam mais usados nos vários modais de transportes, e elevar a mistura de etanol à gasolina a 20% a nível global (SCHREIBER, 2023).

4.6. O Calor da Terra

A energia geotérmica é produzida aproveitando o calor de dentro da Terra, geralmente, através de poços que extraem vapor ou água quente. Seu consumo ainda é relativamente baixo em comparação com fontes tradicionais de energia, mas está aumentando gradualmente. As usinas geotérmicas são uma fonte de energia estável. Ao contrário das energias eólica e solar, que dependem das condições climáticas, a energia geotérmica está disponível o tempo todo, o que pode ajudar a garantir um fornecimento consistente de eletricidade. Mas a instalação dessa infraestrutura é cara, e mesmo com as tecnologias disponíveis, após a perfuração de um poço, pode levar até uma década ou mais para que uma usina de energia esteja funcionando (ANDRADE, 2023).

Regiões com alta atividade tectônica, como o rift africano e o círculo de fogo do pacífico, têm um enorme potencial para a produção de energia geotérmica. Nessas áreas, a atividade tectônica cria condições ideais para o desenvolvimento de campos geotérmicos. A tabela abaixo apresenta os maiores produtores de energia geotérmica em 2023:

Tabela 15 - Maiores produtores de Energia Geotérmica a nível global em 2023

Maiores produtores em 2023	Participação na produção global em 2023
Estados Unidos	23%
Indonésia	14%
Filipinas	11%
Turquia	10%
Nova Zelândia	6%
Quênia	6%
México	5%
Itália	5%
Islândia	4%
Japão	3%

Fonte: Adaptado de Geoplat, 2023

A energia geotérmica pode desempenhar um papel fundamental na transição energética do continente africano. O Quênia ocupa o sétimo lugar na lista de maiores produtores dessa energia no mundo e há décadas vem explorando esse recurso natural. O primeiro poço geotérmico do Quênia foi perfurado ainda na década de 1950 e as fontes geotérmicas já respondem por 47% da matriz energética queniana. O interesse regional por essa fonte de energia está crescendo, especialmente porque quase 43% da população do continente ainda não tem acesso a eletricidade (ANDRADE, 2023).

O Quênia está atuando em outros países da África para identificar novas áreas de exploração, auxiliando no desenvolvimento das capacidades de exploração de energia geotérmica do continente. O país está construindo um Centro de Excelência Geotérmica e a KenGen (estatal queniana de capital misto) lidera a exploração geotérmica em vários países. Além das perfurações feitas na Etiópia e no Djibuti, a empresa está realizando estudos de superfície para identificar potenciais recursos geotérmicos no Sudão, Uganda, Ruanda, Tanzânia, Zâmbia e nas ilhas Comores (ANDRADE, 2023).

Para algumas das grandes economias da Ásia e do Pacífico, como as Filipinas e a Indonésia, a energia geotérmica já é uma fonte importante de eletricidade. A Indonésia tem uma grande quantidade de vulcões ativos e fontes termais, o que torna suas reservas geotérmicas uma fonte potencialmente significativa de energia produzida com baixa emissão de gases de efeito estufa, especialmente num país emergente, populoso e muito dependente do uso de carvão mineral. O país é o segundo maior produtor de energia geotérmica do mundo, e seu governo pretende aumentar a participação da energia geotérmica para mais de 5% da sua matriz energética até 2025 (PAMBUDI, ULFA, 2024).

A energia geotérmica pode desempenhar um papel importante na redução das importações de carvão mineral do Japão, uma das mais populosas e avançadas economias do mundo, com escassos recursos naturais e que historicamente depende muito das importações de energia. O país tem 10% da atividade vulcânica do mundo, o que demonstra a intensidade da atividade geotérmica no arquipélago japonês. Apesar disso, ainda há um grande potencial inexplorado em todo o país (ECODEBATE, 2011).

A Islândia, nação insular com notável atividade vulcânica, explora a energia geotérmica há mais de 125 anos, e é o maior produtor per capita do mundo, com as fontes geotérmicas respondendo por 25% de sua matriz elétrica (ONODY, 2022).

Atualmente, os Estados Unidos são o líder mundial na capacidade instalada de energia geotérmica. As atividades tectônicas são muito relevantes no oeste do país, e a exploração econômica do calor da terra é particularmente importante nos estados da Califórnia, Havaí, Nevada, Oregon e Alasca. (ONODY, 2022)

A energia geotérmica nos Estados Unidos é usada principalmente para geração de eletricidade, mas também é empregada para aquecimento direto e aplicações industriais e é impulsionada por vários fatores, incluindo políticas governamentais de incentivo, como créditos fiscais e subsídios e a busca por fontes de energia de baixa emissão de gases de efeito estufa, o que tende a contribuir para a transição do país para uma economia de baixo carbono. Apesar do progresso feito até o momento, ainda há um potencial considerável para expandir o uso da energia geotérmica no país. (ONODY, 2022)

Para os Estados Unidos, a energia geotérmica representa uma grande oportunidade de redução das emissões de gases de efeito estufa, através do uso de recursos, que neste país, são abundantes, o que permite aumentar o consumo de energia, sem necessariamente comprometer o cumprimento das suas metas climáticas. Para várias das economias emergentes asiáticas e africanas, a energia geotérmica pode proporcionar uma fonte mais estável e confiável em comparação com o carvão mineral, uma vez que não está sujeita a flutuações nos preços das commodities no mercado internacional, o que ajuda a proteger essas economias contra volatilidades, ao mesmo tempo em que oferece a oportunidade dessas economias realizarem sua descarbonização, especialmente num contexto de crescimento acelerado, de países populosos, e que ainda tem renda baixa ou média.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou investigar a expansão da energia renovável e dos combustíveis fósseis em meio a consolidação da agenda climática internacional. Foram identificadas relações históricas de dependência energética e relações emergentes de dependência energética entre os países; além de regionalidades de grandes mercados produtores e de grandes mercados consumidores; e principalmente, diferenças importantes na inserção de grandes economias emergentes e de grandes economias de rendimento avançado, nessa nova conjuntura econômica e climática global.

Podemos observar o quanto as fontes baratas de energia são mais relevantes para grandes economias emergentes, por sua competitividade e eventual disponibilidade em solo nacional, e também por conta da própria estrutura socioeconômica interna, especialmente das grandes nações asiáticas e africanas, onde existem sérios desafios à manutenção do crescimento acelerado simultaneamente a realização de um processo acelerado de transição energética, ou seja, para grandes países em desenvolvimento da Ásia e da África, o abandono de fontes como o carvão mineral e o petróleo em prol da descarbonização, pode ser especialmente mais difícil.

Além disso, a análise aponta para a crescente demanda de energia e para eventuais dificuldades de financiamento no mundo em desenvolvimento, o que sugere a transição energética como um processo de diversificação das matrizes, e não de substituição.

A pesquisa também identificou elementos que indicam a não linearidade da transição energética, mesmo quando ela é uma política de estado relativamente consolidada ou adiantada, como no caso alemão, onde a desnuclearização da matriz energética, somada ao conflito russo-ucraniano, levou a insegurança no abastecimento, resultando no ressurgimento da indústria carvoeira, e comprometendo as pretensões de descarbonização estabelecidas há décadas pela Alemanha.

A análise do caso brasileiro também aponta para a não linearidade. A descoberta de novas reservas de petróleo tornou a posição do país mais complexa no concerto internacional em torno da transição energética, pois os setores hidrelétrico e de biocombustíveis ocupam tradicionalmente um lugar muito importante na economia e na estratégia de desenvolvimento

do Brasil, e é particularmente por conta desses setores, que o Brasil se apresenta como um país bastante abastecido por fontes renováveis, o que tem sido utilizado na construção de sua imagem e projeção na arena internacional.

Grandes transformações nas relações de dependência energética das grandes potências também foram observadas, o que tem relação com diversos fatores. Entre essas transformações, as mais relevantes e paradigmáticas são as do mercado global de petróleo, que por sua vez, tem como maiores exemplos, a redução da dependência americana de importações de petróleo e gás, que ocorre simultaneamente ao crescimento vertiginoso da demanda por petróleo na China e na Índia e a aproximação comercial e política entre essas grandes potências emergentes e os grandes produtores de petróleo e gás do Oriente Médio, como o Irã, a Arábia Saudita e os Emirados Árabes (que pretendem desenvolver tecnologias de captura de carbono aplicáveis à sua indústria petroleira), que aponta para o crescente poderio asiático na arena internacional, e também para os desafios, tanto para grandes produtores, quanto para grandes consumidores, diante das pressões políticas e climáticas da atual conjuntura.

Algumas especificidades de alguns dos maiores mercados produtores de energia, podem ajudar a compreender certas tendências econômicas, políticas e ideológicas. As posições favoráveis ou desfavoráveis dos países em relação a determinadas fontes de energia, podem estar relacionadas às suas estratégias de desenvolvimento nacional e de inserção internacional. Alguns exemplos disso foram notados neste estudo. A Rússia tem grande parte de seu poder e influência internacional fundamentados nas exportações de combustíveis fósseis, se destacando como uma grande potência energética, mas não tem o mesmo destaque em nenhum setor de energia renovável, enquanto a China é líder na maioria desses setores de geração.

Outro exemplo, é a resistência de certos países aos biocombustíveis, que pode estar relacionada ao interesse de vender suas próprias tecnologias, como carros elétricos. Dentre os maiores consumidores de energia de Biomassa, a China é o único que a utiliza majoritariamente para a produção de bioeletricidade, enquanto para Índia, Brasil e Estados Unidos, os três maiores produtores de biocombustíveis, estes são uma alternativa estratégica, mais intensiva em mão de obra e que é mais barata para o transporte do que a eletrificação de suas frotas.

Foi possível identificar na China, o grande motor da expansão da geração de energia, e principalmente, de energia renovável, concentrando quase metade da produção de energia solar fotovoltaica e eólica do mundo, e quase um terço da produção de energia hidrelétrica. A capacidade chinesa de produção de turbinas e placas, mais eficientes, e de custo mais baixo, tornou esses equipamentos baratos o suficiente para gerar grande expansão dos parques eólicos e solares em todo o mundo nos últimos anos. Isso é parte da política nacional chinesa de expansão e diversificação de sua própria matriz energética e da estratégia chinesa de inserção internacional em posição vantajosa, e eventualmente incontornável, nas cadeias produtivas internacionais mais fundamentais, o que tem gerado novos cenários de dependência energética.

Cada vez mais usinas hidrelétricas têm sido construídas na Ásia e na África, o que também reflete o aumento da demanda por energia, e o crescimento econômico acelerado de vários países do sul global. No continente africano, o setor hidrelétrico é estratégico, pois grande parte da população sequer tem acesso a rede elétrica, ainda que intermitente, e o potencial hidrelétrico é imenso. A Etiópia tem se destacado, levantando novas e velhas questões geopolíticas sobre os recursos hídricos do continente. Essa situação pode não ser algo incomum no continente africano nos próximos anos.

As usinas nucleares também estão em um processo de expansão, após um período de estagnação, por vários fatores, com destaque para eventos catastróficos. O estudo da energia nuclear no contexto da agenda climática identifica que existe a promoção dessa fonte por alguns países, como a França, dentro de uma estratégia de transição para uma economia de baixo carbono. No ocidente, os principais problemas identificados foram a obsolescência das instalações nucleares e a rejeição da opinião pública, enquanto na África, as dificuldades identificadas foram de natureza orçamentária e tecnológica. A Ásia tem concentrado a grande maioria das novas e futuras instalações nucleares, o que mais uma vez, reflete sua crescente demanda de energia e seu crescente desenvolvimento econômico e tecnológico.

Neste contexto de expansão e diversificação das capacidades energéticas pelo sul global, o investimento em novas fontes de energia é promissor. As fontes renováveis são mais regionalizadas, o que colabora com a busca pela redução das importações de energia em várias partes do mundo, eventualmente carentes de recursos naturais ou financeiros, o que é exemplificado na distribuição global da geração de energia geotérmica. As atividades

tectônicas no círculo de fogo do pacífico favorecem a geração de energia, que pode ser estratégica para nações densamente povoadas, como a Indonésia e as Filipinas, cujas importações de energia tendem a crescer. Enquanto isso, no rift africano, o Quênia não apenas tem explorado essa fonte, como tem auxiliado vizinhos nesse tipo de geração, o que demonstra a capacidade de algumas nações do sul global, de articularem as suas próprias tecnologias de geração de energia dentro de uma agenda climática e a serviço de sua inserção e projeção internacional. Outro exemplo da geração de energia renovável como estratégia de inserção internacional vindo do sul global, é o da Índia, que lidera articulações políticas a nível global para a promoção da energia solar e dos biocombustíveis.

Por fim, é necessário ressaltar que a análise dos grandes mercados de energia, das mais variadas fontes, aponta para a centralidade da Ásia no contexto da transição energética, tanto na expansão da demanda, quanto na expansão da oferta de energia, oriunda de todo tipo de geração, em todo o mundo. São necessários mais estudos, mais aprofundados, sobre a expansão dos mercados emergentes de energia em meio a agenda climática, pois, o crescimento dos países emergentes, em especial, da Ásia, poderá definir os rumos da expansão da geração de energia, tanto por meio de combustíveis fósseis, quanto por meio de fontes renováveis e de baixa emissão de gases de efeito estufa.

6. REFERÊNCIAS

AGROMÍDIA. **Carvão X Biomassa: exemplo energético da China**: o país atualmente é o maior produtor e consumidor de energia do mundo. 2022. Disponível em: <https://www.agrimidia.com.br/agronegocio/carvao-x-biomassa-exemplo-energetico-da-china/>. Acesso em: 10 abr. 2024.

ALI, Syed Azhar; AADHAR, Saran; SHAH, Harsh L.; MISHRA, Vimal. **Projected Increase in Hydropower Production in India under Climate Change**. 2018. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-018-30489-4>. Acesso em: 10 abr. 2024.

ALLIANCE OF SMALL ISLAND STATES. **Why is AOSIS Important?:** Alliance of Small Island States (AOSIS) – A voice for the vulnerable. 2023. Disponível em: <https://www.aosis.org/with-caribbean-island-life-under-threat-un-chief-pushes-to-face-headwinds-together/>. Acesso em: 04 abr. 2024.

ALVES, José Eustáquio Diniz. **A China deve ultrapassar os EUA nas emissões históricas de CO2 até 2050**. 2023. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2023/03/29/a-china-deve-ultrapassar-os-eua-nas-emissoes-historicas-de-co2-ate-2050/>. Acesso em: 08 abr. 2024.

ALVES, Renato. **Comissão debate transição energética para enfrentar a crise climática**: Documento da ONU alerta que é preciso reduzir as emissões de gases do efeito estufa em 50% até 2030. 2023. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/958621-comissao-debate-transicao-energetica-para>. Acesso em: 04 abr. 2024.

AMERISE, Atahualpa. **7 pontos para entender energia nuclear e os desafios para substituir petróleo**. 2022. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-61261074>. Acesso em: 09 abr. 2024.

ANDRADE, Rodrigo. **Quênia está ajudando outros países da África a explorar energia geotérmica**: país está entre os maiores produtores dessa energia do mundo e vem oferecendo suporte técnico aos vizinhos para que eles também desenvolvam seu potencial geotérmico. 2023. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/noticias/noticias/367-quenia-esta-ajudando-outros-paises-da-africa-a-explorar>

energia-geotermica. Acesso em: 09 abr. 2024.

APPUNN, Kerstine. **The history behind Germany's nuclear phase-out**. 2021. Disponível em: <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/history-behind-germanys-nuclear-phase-out>. Acesso em: 09 abr. 2024.

BASSO, Larissa, VIOLA, Eduardo. **O SISTEMA INTERNACIONAL NO ANTROPOCENO**. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcsoc/a/N4LVLLhsfppqP64MhB5KXZj/>. Acesso em: 04 abr. 2024.

BBC NEWS. **A batalha geopolítica sobre represa gigantesca que alterou rio Nilo**. 2023. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/c1exdj0kqk0o>. Acesso em: 10 abr. 2024.

BIATO, Márcia Fortuna. **Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. 2005. Disponível em: https://www12.senado.leg.br/ril/edicoes/42/166/ril_v42_n166_p233.pdf. Acesso em: 04 abr. 2024.

BIOENERGIA USP. **Biomassa no mundo**. 2024. Disponível em: <https://gbio.webhostusp.sti.usp.br/?q=pt-br/livro/biomassa-no-mundo#:~:text=Com%20rela%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A0%20biomassa%2C%20as,a%20menor%20disponibilidade%20de%20biomassa..> Acesso em: 10 abr. 2024.

BLEIKER, Carla. **Energía en Ucrania: combustibles fósiles y plantas nucleares: la central de zaporiyia, en ucrania, es la más potente de europa. pero en ucrania el 70% de la energía aún proviene de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas**. 2022. Disponível em: <https://www.dw.com/es/abastecimiento-energ%C3%A9tico-en-ucrania-combustibles-f%C3%B3siles-y-energ%C3%ADa-nuclear/a-61022593>. Acesso em: 09 abr. 2024.

BLOOMBERG. **Descarbonização mais lenta do sistema de energia elétrica dos EUA**. 2023. Disponível em: <https://www.bloomberg.com.br/blog/descarbonizacao-mais-lenta-do-sistema-de-energia-eletrica-dos-eua/>. Acesso em: 10 abr. 2024.

BRADSHER, Keith. **How China Came to Dominate the World in Solar Energy**. Beijing is set to further increase its manufacturing and installation of solar panels as it seeks to master

global markets and wean itself from imports. 2024. Disponível em:
<https://www.nytimes.com/2024/03/07/business/china-solar-energy-exports.html> Acesso em:
10 abr. 2024.

BRASIL, Millena. **Produtores dos EUA planejam dobrar oferta de biocombustíveis para descarbonizar transporte pesado**: Análise da Clean Fuels America Alliance revela que o país pode produzir 22,8 bilhões de litros de combustíveis renováveis anualmente até o final desta década. 2023. Disponível em: <https://epbr.com.br/produtores-dos-eua-planejam-dobrar-oferta-de-biocombustiveis-para-descarbonizar-transporte-pesado/>. Acesso em: 10 abr. 2024.

CANAL ENERGIA. **Índia pode ser potência em cadeia de produção eólica, aponta GWEC**: governo daquele país tem como meta 140 gw de capacidade instalada cumulativa de energia eólica até 2030. 2023. Disponível em:
<https://www.canalenergia.com.br/noticias/53256120/india-pode-ser-potencia-em-cadeia-de-producao-eolica-aponta-gwec>. Acesso em: 10 abr. 2024.

CARMO, Marcia. **A aposta do novo presidente da Bolívia no lítio para reviver boom econômico de quando era ministro de Evo**. 2020. Disponível em:
<https://www.bbc.com/portuguese/internacional-54609286>. Acesso em: 08 abr. 2024.

CASARIN, Ricardo. **Brasil é o 4º país do mundo com mais empregos em energia solar**. Fonte fotovoltaica segue como a renovável com mais postos de trabalho e com a maior participação de mão de obra feminina. 2023. Disponível em:
<https://www.portalsolar.com.br/noticias/mercado/internacional/brasil-e-4o-pais-do-mundo-com-mais-empregos-em-energia-solar> Acesso em: 10 abr. 2024.

CENTER FOR SUSTAINABLE SYSTEMS, UNIVERSITY OF MICHIGAN. **Wind Energy Factsheet**: Wind Resource and Potential. 2023. Disponível em:
<https://css.umich.edu/publications/factsheets/energy/wind-energy-factsheet>. Acesso em: 10 abr. 2024.

CLIMATE WATCH. **Histoirical GHG Emissions**. 2020. Disponível em:
https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?end_year=2020&start_year=1990. Acesso em: 08 abr. 2024.

COLOMA, Tristan. **Quando as águas de Inga iluminarem a África**: as hidrelétricas da

república democrática do congo teriam capacidade para cobrir 40% das necessidades energéticas da África. 2011. Disponível em: <https://diplomatie.org.br/quando-as-aguas-de-inga-iluminarem-a-africa/>. Acesso em: 10 abr. 2024.

CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA. **Sanções da UE contra a Rússia explicadas**. 2024. Disponível em: [https://www.consilium.europa.eu/pt/policies/sanctions/restrictive-measures-against-russia-over-ukraine/sanctions-against-russia-explained/#:~:text=A%20UE%20proibiu%20o%20transporte,de%202023\)%20para%20pa%C3%ADses%20terceiros..](https://www.consilium.europa.eu/pt/policies/sanctions/restrictive-measures-against-russia-over-ukraine/sanctions-against-russia-explained/#:~:text=A%20UE%20proibiu%20o%20transporte,de%202023)%20para%20pa%C3%ADses%20terceiros..) Acesso em: 04 abr. 2024.

CORTEZ, Henrique. **Impactos ambientais e sociais na construção de usinas hidrelétricas**. As usinas hidrelétricas são fontes de energia renovável, mas também causam grandes impactos ambientais e sociais. 2023. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2023/05/29/impactos-ambientais-e-sociais-na-construcao-de-usinas-hidreletricas/#:~:text=Mudan%C3%A7as%20clim%C3%A1ticas%3A%20Embora%20as%20usinas,agente%20causador%20do%20aquecimento%20global> Acesso em: 10 abr. 2024.

ECODEBATE. **Apesar do potencial de energia geotérmica Japão extrai pouca eletricidade de suas águas termais**. 2011. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2011/05/11/apesar-do-potencial-de-energia-geotermica-japao-extrai-pouca-eletricidade-de-suas-aguas-termais/>. Acesso em: 09 abr. 2024.

EGLI. **Backlash to fossil fuel phase-outs: the case of coal mining in US presidential elections**. 2022. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac82fe/pdf>. Acesso em: 08 abr. 2024.

EIA. US Energy Information Administration. **FREQUENTLY ASKED QUESTIONS (FAQS)**. 2023. Disponível em: <https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=709&t=6>. Acesso em: 08 abr. 2024.

ENGIE. **Índia reforça aposta em hidrelétricas reversíveis**: Avaliação da International Hydropower Association (IHA) indica tecnologia como estratégica para o país asiático. 2023.

Disponível em: <https://www.alemdaenergia.engie.com.br/india-reforca-aposta-em-hidreletricas-reversiveis/>. Acesso em: 10 abr. 2024.

EPBR. **Gás natural é, sim, o combustível da transição energética**: UTEs asseguram a expansão de renováveis, ao garantir o abastecimento nos momentos em que o sistema necessitar de segurança e estabilidade, escreve Xisto Vieira Filho Opinião 13 de dezembro de 2022. 2022. Disponível em: <https://epbr.com.br/gas-natural-e-sim-o-combustivel-da-transicao-energetica/>. Acesso em: 08 abr. 2024.

EUROPEAN PARLIAMENT. **EU gas storage and LNG capacity as responses to the war in Ukraine**. 2022. Disponível em: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/729401/EPRS_BRI\(2022\)729401_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/729401/EPRS_BRI(2022)729401_EN.pdf). Acesso em: 08 abr. 2024.

EXAME. **G20: Brasil, EUA e Índia lançam Aliança Global de Biocombustíveis**: a aliança nasce, em especial, para fomentar o desenvolvimento de economias do sul global, dentro de uma agenda de transição energética. 2023. Disponível em: <https://exame.com/mundo/g20-brasil-eua-e-india-lancam-alianca-global-de-biocombustiveis/>.. Acesso em: 10 abr. 2024.

FERNANDES, José Pedro Teixeira. **A geopolítica da transição energética**. 2021. Disponível em: https://ipri.unl.pt/images/media/2021/JPTF_PUBLICO_02112021.pdf. Acesso em: 09 abr. 2024.

FROST, Rosie. **Europa está dividida sobre a energia nuclear**. 2023. Disponível em: <https://pt.euronews.com/green/2023/03/27/europa-esta-dividida-sobre-a-energia-nuclear>. Acesso em: 09 abr. 2024.

G1. **Petrobras foi alvo de espionagem de agência dos EUA, aponta documento**: dados estão em registros obtidos com exclusividade pelo fantástico. no entanto, não foi possível saber o que a NSA buscava sobre a empresa. 2013. Disponível em: <https://g1.globo.com/politica/noticia/2013/09/petrobras-foi-alvo-de-espionagem-de-agencia-dos-eua-aponta-documento.html>. Acesso em: 08 abr. 2024.

GEOPLAT. **TOP 10 countries with the highest installed geothermal power generation capacity in 2023**. 2024. Disponível em: <https://blog.geoplat.org/en/2024/01/09/top-10-paises->

con-mayor-capacidad-de-generacion-de-energia-geotermica-instalada/. Acesso em: 09 abr. 2024.

GOULART, Bruno. **Brasil foi responsável por quase metade do desmatamento global em 2022**: País detém 30% de todas as florestas do mundo. 2023. Disponível em: <https://agro2.com.br/meio-ambiente/brasil-foi-responsavel-por-quase-metade-do-desmatamento-global-em-2022/>. Acesso em: 08 abr. 2024.

GOV.BR. **Brasil bate recorde de expansão da energia solar em 2023**. Com construção de usinas fotovoltaicas e eólicas, matriz energética brasileira chega a 83,79% de fontes renováveis, uma referência internacional. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/brasil-bate-recorde-de-expansao-da-energia-solar-em-2023> Acesso em: 10 abr. 2024.

GOV.BR. **Brasil e Índia forjarão aliança para a promoção da bioenergia e dos biocombustíveis**: ministro de minas e energia realiza visita oficial à Índia acompanhado de membros do ministério das relações exteriores, da economia, da empresa de pesquisa energética e de lideranças empresariais brasileiras dos setores de biocombustíveis, automotivo, petróleo e gás. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/brasil-e-india-forjarao-alianca-para-a-promocao-da-bioenergia-e-dos-biocombustiveis>. Acesso em: 10 abr. 2024

GOV.BR. **Governo oficializa ampliação da mistura de biodiesel no diesel vendido no país**: estimativa é de que o percentual do combustível biodegradável adicionado ao diesel no Brasil chegue a 15% até 2026. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2023/03/governo-oficializa-ampliacao-da-mistura-de-biodiesel-no-diesel-vendido-no-pais>. Acesso em: 10 abr. 2024.

GOV.BR. **Saiba mais sobre a biomassa utilizada para gerar energia elétrica**: Atualmente 5 combustíveis diferentes são aplicados em infraestruturas que fazem parte do Sistema Interligado Nacional (SIN). 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/saiba-mais-sobre-a-biomassa-utilizada-para-gerar-energia-eletrica>. Acesso em: 10 abr. 2024.

GOV.UK. **Safeguards Agreement with Iran: Quad statement at IAEA Board of Governors, September 2023**: germany, france, the us and the uk (the quad) gave a joint

statement to the international atomic energy agency (iaea) board of governors on 13 september 2023. 2023. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/news/quad-statement-at-iaea-board-of-governors-on-the-safeguards-agreement-with-iran-september-2023>. Acesso em: 10 abr. 2024.

GRARE, Frédéric; REUTER, Manisha. **More than just a climate deal**: The Australia-Tuvalu Falepili Union treaty and the EU's potential contribution to the Pacific. 2023. Disponível em: <https://ecfr.eu/article/more-than-just-a-climate-deal-the-australia-tuvalu-falepili-union-treaty-and-the-eus-potential-contribution-to-the-pacific/>. Acesso em: 04 abr. 2024.

GREENFIELD, Emily. **Indústria de energia renovável da Índia**. 2022. Disponível em: <https://sigmaearth.com/pt/ind%C3%BAstria-de-energia-renov%C3%A1vel-na-%C3%8Dndia/> Acesso em: 10 abr. 2024.

HOWE, Colleen. **China's wind, solar capacity forecast to overtake coal in 2024**. 2024. Disponível em: <https://www.reuters.com/business/energy/chinas-wind-solar-capacity-overtake-coal-2024-industry-body-2024-01-30/>. Acesso em: 10 abr. 2024.

IBERDROLA. **O que é energia hidrelétrica?** Você sabe como funcionam as usinas hidrelétricas?. 2024. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/o-que-e-energia-hidreeletrica#:~:text=A%20aposta%20da%20Iberdrola%20na,da%20demanda%20em%20tempo%20real%2C> Acesso em : 10 abr. 2024.

IBP. Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás. **Maiores produtores mundiais de gás natural em 2021**. 2022. Disponível em: <https://www.ibp.org.br/observatorio-do-setor/snapshots/maiores-produtores-mundias-de-gas-natural-em-2020/>. Acesso em: 08 abr. 2024.

IBRAHIM, Arwa. **Beating the blockade: How Qatar prevailed over a siege**: Doha's rapid self-sufficiency measures after the 2017 blockade prepared it for the coronavirus pandemic challenges.. 2020. Disponível em: <https://www.aljazeera.com/news/2020/6/5/beating-the-blockade-how-qatar-prevailed-over-a-siege>. Acesso em: 08 abr. 2024.

IHA. International Hydropower Association. **2023 World Hydropower Outlook**: 2023. Disponível em: <https://www.hydropower.org/publications/2023-world-hydropower-outlook>. Acesso em: 10 abr. 2024.

INTERNATIONAL SOLAR ALLIANCE. **About ISA**. 2015. Disponível em: <https://isolaralliance.org/about/background> Acesso em: 10 abr. 2024.

INVEST INDIA. **Renewable Energy**: india is 4th globally for total renewable power capacity additions. 2024. Disponível em: <https://www.investindia.gov.in/pt-br/sector/renewable-energy>. Acesso em: 10 abr. 2024.

IPCC. **Remarks by IPCC Chair during the opening of ICOMOS / IPCC / UNESCO Co-Sponsored meeting**. 2021. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/2021/12/06/ipcc-chair-speech-opening-icomos-ipcc-unesco-cosponsored-meeting/>. Acesso em: 04 abr. 2024.

IRENA. International Renewable Energy Agency. **Country Rankings**. This dashboard ranks countries/areas to their renewable energy power capacity or electricity generation. The data can be further refined based on region, technology or year of interest. 2024. Disponível em: <https://www.irena.org/Data/View-data-by-topic/Capacity-and-Generation/Country-Rankings> Acesso em: 10 abr. 2024.

IRENA. International Renewable Energy Agency. **Tracking COP28 outcomes: Tripling renewable power capacity by 2030**: this world energy transitions outlook brief provides the latest tracking data and analysis of global progress towards the goal to triple global renewable power capacity by 2030. 2024. Disponível em: <https://www.irena.org/Publications/2024/Mar/Tracking-COP28-outcomes-Tripling-renewable-power-capacity-by-2030#:~:text=In%20a%20landmark%20moment%20for,double%20energy%20efficiency%20by%202030>. Acesso em: 09 abr. 2024.

JÚNIOR, Enoil de Souza. **O novo Ártico**: mudanças ambientais e geopolítica. mudanças ambientais e geopolítica. 2015. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/134671>. Acesso em: 04 abr. 2024.

KEMP, Jhon. **China and India struggle to curb fossil fuels**. 2023. Disponível em:

<https://www.reuters.com/markets/commodities/china-india-struggle-curb-fossil-fuels-kemp-2023-10-19/>. Acesso em: 08 abr. 2024.

LAGO, André Aranha Corrêa do. **ESTOCOLMO, RIO, JOANESBURGO: O Brasil e as três conferências ambientais das Nações Unidas**. 2006. Disponível em: https://funag.gov.br/loja/download/903-Estocolmo_Rio_Joanesburgo.pdf. Acesso em: 04 abr. 2024.

MAAD, Assma. **How dependent is France on Niger's uranium?: the military coup in niger has raised concerns about uranium mining in the country by the french group orano, and the consequences for france's energy independence**. 2023. Disponível em: https://www.lemonde.fr/en/les-decodeurs/article/2023/08/04/how-dependent-is-france-on-niger-s-uranium_6080772_8.html. Acesso em: 09 abr. 2024.

MACHADO, Nayara. **China avança em novas tecnologias eólicas enquanto resto do mundo desacelera**: desde 2020, fabricantes chineses lançaram mais de 400 modelos diferentes de turbinas eólicas. 2024. Disponível em: <https://epbr.com.br/china-avanca-em-novas-tecnologias-eolicas-enquanto-resto-do-mundo-desacelera/>. Acesso em: 10 abr. 2024.

MACHADO, Nayara. **Eólica tem expansão recorde no Brasil em 2021**. 2021. Disponível em: <https://epbr.com.br/eolica-tem-recorde-de-expansao-no-brasil-em-2021/>. Acesso em: 10 abr. 2024.

MARTINS, Flávia. **Brasil sobe posição em ranking global de produção de energia eólica**: relatório do conselho global de energia eólica aponta que país tem a 6ª maior capacidade total instalada de energia gerada pelo vento; há 10 anos, estava em 15º lugar. 2022. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/brasil-sobe-posicao-em-ranking-global-de-producao-de-energia-eolica/>. Acesso em: 10 abr. 2024.

MCWILLIAMS, Ben; TAGLIAPIETRA, Simone; TRASI, Cecilia. **A smart solar strategy for Europe**. Smart measures, not tariffs or blunt subsidies, should be deployed to strengthen Europe's standing in solar power. 2024. Disponível em: <https://www.bruegel.org/first-glance/smart-solar-strategy-europe> Acesso em: 10 abr. 2024.

MIGUEL, Jean Carlos Hochsprung; MAHONY, Martin; MONTEIRO, Marko Synésio Alves.

A “geopolítica infraestrutural” do conhecimento climático: o modelo brasileiro do sistema terrestre e a divisão norte-sul do conhecimento. 2019. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/soc/a/QYM3RQXyGCZqxpHGNpbpNSx/?lang=pt#>. Acesso em: 04 abr. 2024.

MILLS, Claire. **What is the status of the Iran nuclear deal?** 2023. Disponível em:

<https://commonslibrary.parliament.uk/research-briefings/cbp-9870/>. Acesso em: 09 abr. 2024.

MONTEIRO, Renan. **O forte impacto da guerra no sistema de energia do Japão: Aumenta a preocupação sobre a segurança energética da terceira maior economia do mundo.** 2022.

Disponível em: <https://veja.abril.com.br/economia/o-forte-impacto-da-guerra-no-sistema-de-energia-do-japao>. Acesso em: 08 abr. 2024.

MORAES, Eric; LENZI, Raphael. **A geopolítica da energia.** 2014. Disponível em:

<https://bmj.com.br/a-geopolitica-da-energia/>. Acesso em: 09 abr. 2024.

MORDOR INTELLIGENCE. **Tamanho do mercado de energia eólica dos Estados Unidos e análise de participação – Tendências e previsões de crescimento (2024 – 2029): o**

mercado de energia eólica dos EUA é segmentado por localização (*onshore e offshore*). 2024.

Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/united-states-wind-energy-market>. Acesso em: 10 abr. 2024.

MOYEN-ORIENT. **Les Émirats arabes unis annoncent un important projet gazier avant la COP28.** 2023. Disponível em: [https://www.ledevoir.com/monde/moyen-](https://www.ledevoir.com/monde/moyen-orient/799419/emirats-arabes-unis-annoncent-important-projet-gazier-avant-cop28)

[orient/799419/emirats-arabes-unis-annoncent-important-projet-gazier-avant-cop28](https://www.ledevoir.com/monde/moyen-orient/799419/emirats-arabes-unis-annoncent-important-projet-gazier-avant-cop28). Acesso em: 09 abr. 2024.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **ONU pede cautela no uso de fraturamento hidráulico para extrair gás de xisto.** 2018. Disponível em: [https://brasil.un.org/pt-br/80138-onu-pede-](https://brasil.un.org/pt-br/80138-onu-pede-cautela-no-uso-de-fraturamento-hidr%C3%A1ulico-para-extrair-g%C3%AAs-de-xisto)

[cautela-no-uso-de-fraturamento-hidr%C3%A1ulico-para-extrair-g%C3%AAs-de-xisto](https://brasil.un.org/pt-br/80138-onu-pede-cautela-no-uso-de-fraturamento-hidr%C3%A1ulico-para-extrair-g%C3%AAs-de-xisto). Acesso em: 08 abr. 2024.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil.** 2024. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt->

br/sdgs. Acesso em: 10 jun. 2024.

NIRANJAN, Ajit. **A transição para energia limpa em cinco gráficos**: Climatologistas mostram que ondas de calor, inundações litorâneas e ciclones tropicais se tornarão cada vez mais violentos se o mundo não parar de consumir combustíveis fósseis. Porém as nações ricas arrastam os pés. 2022. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/a-transi%C3%A7%C3%A3o-para-energia-limpa-em-cinco-gr%C3%A1ficos/a-63687316>. Acesso em: 09 abr. 2024.

ONODY, Roberto N. **“Uma Usina Geotérmica no Brasil?”**. 2022. Disponível em: <https://www2.ifsc.usp.br/portal-ifsc/uma-usina-geotermica-no-brasil-artigo-assinado-pelo-prof-roberto-n-onody/>. Acesso em: 09 abr. 2024.

ONU NEWS. Elaborado por: Alexandre Soares. **ONU aconselha cautela com uso de fraturamento hidráulico para extrair gás de xisto**. 2018. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2018/05/1624571>. Acesso em: 08 abr. 2024.

ORGAZ, Cristina J.. **A rede de gasodutos até a China que a Rússia quer usar para substituir a Europa como seu maior mercado**. 2022. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-63161159>. Acesso em: 08 abr. 2024.

PAMBUDI, Nugroho Agung; ULFA, Desita Kamila. **The geothermal energy landscape in Indonesia**: A comprehensive 2023 update on power generation, policies, risks, phase and the role of education. 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032123008663>. Acesso em: 09 abr. 2024.

PARSHLEY, Lois. **O controverso futuro da energia nuclear nos Estados Unidos**: à medida que a crise climática se agrava, cada vez mais se discute o papel da energia nuclear no combate a esse problema. 2021. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2021/05/o-controverso-futuro-da-energia-nuclear-nos-estados-unidos>. Acesso em: 09 abr. 2024.

PEIXOTO, Roberto. **COP 28: Brasil e mais de 110 países prometem triplicar produção de**

energia renovável até 2030: se compromisso for de fato efetivado, meta reduziria o uso de combustíveis fósseis nesta década. Índia e China não firmaram o acordo, que não é vinculativo (obrigatório). 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/meio-ambiente/noticia/2023/12/02/cop-28-brasil-e-mais-de-110-paises-prometem-triplicar-producao-de-energia-renovavel-ate-2030.ghtml>. Acesso em: 09 abr. 2024.

PENG, Chengyao; CHIA, Choon Kiat William. **Uncharted waters: The challenge of extreme weather for China's hydropower and the implications on the grid.** 2024.

Disponível em: <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/ci/research-analysis/uncharted-waters-the-challenge-of-extreme-weather-for-chinas-h.html>. Acesso em: 10 abr. 2024.

PETROBRAS. **Novas Fronteiras de Exploração:** Trabalhamos sempre para atender a demanda de energia, desenvolver a produção e expandir nossos horizontes. 2023. Disponível em: <https://www.petrobras.com.br/quem-somos/novas-fronteiras>. Acesso em: 08 abr. 2024.

PLADSON, Kristie. **Crise energética reacendeu indústria do carvão na Alemanha:** Corte do gás russo fez com que país se visse obrigado a reativar suas usinas de linhito. 2022.

Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/como-a-crise-energ%C3%A9tica-reacendeu-a-ind%C3%BAstria-do-carv%C3%A3o-na-alemanha/a-64242697>. Acesso em: 08 abr. 2024.

RAÍZEN. **Energia a partir da biomassa: entenda o que é e para que serve!:** a utilização da energia a partir da biomassa pode ter surgido junto à descoberta do fogo. Isso mesmo!. 2022.

Disponível em: <https://www.raizen.com.br/blog/energia-biomassa>. Acesso em: 10 abr. 2024.

RASHAD, Marwa. **Qatar's bigger LNG expansion to squeeze US, other rivals.** 2024.

Disponível em: <https://www.reuters.com/business/energy/qatars-new-lng-expansion-plans-squeeze-out-us-other-rivals-2024-02-27/>. Acesso em: 08 abr. 2024.

RODRIGUES, Bernardo Salgado; PADULA, Raphael. **GEOPOLÍTICA DO LÍTIO NO SÉCULO XXI. :** Revista Brasileira de Estratégia e Relações Internacionais, [s. l], v. 6, n. 11, p. 197-220, jun. 2017.

RZHEUTSKA, Lilia. **Como a Ucrânia driblou o colapso energético, apesar da guerra:** o fornecimento de eletricidade se manteve, mesmo com os repetidos ataques russos à

infraestrutura ucraniana de energia. inverno ameno, importações da UE e produção nuclear ajudaram a manter o equilíbrio. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/mundo/ucrania-russia/noticia/2023/03/24/como-a-ucrania-driblou-o-colapso-energetico-apesar-da-guerra.ghtml>. Acesso em: 09 abr. 2024.

SANTOS, Beatriz. **Brasil é o terceiro país com maior potencial solar flutuante do mundo. Um grupo internacional de pesquisadores calculou o potencial de energia solar flutuante em todo o mundo.** O Brasil ocupa o terceiro lugar no pódio mundial, com potencial para gerar 865 TWh de eletricidade por ano, cobrindo mais do que 100% da demanda do país. Esse resultado é em grande parte devido à enorme oportunidade de hibridação com hidrelétricas. 2023. Disponível em: <https://www.pv-magazine-brasil.com/2023/03/22/brasil-e-o-terceiro-pais-com-maior-potencial-de-solar-flutuante-no-mundo/> Acesso em: 10 abr. 2024.

SCHREIBER, Mariana. **De 'vira-lata' a aliança global no G20: biocombustível ganha força e deve gerar negócios para Brasil.** 2023. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/cg3ll7zre1go>. Acesso em: 10 abr. 2024.

SILVA, Almir Cordeiro da; VIEIRA, Edigler de Lima; MACHADO, Fernando Silveira; FORNERETO, Gabriel Thomaz; SILVA, Kevin do Carmo. **ESTUDO COMPARATIVO TÉCNICO, ECONÔMICO E AMBIENTAL DAS FONTES DE ENERGIAS RENOVÁVEIS, E DISTRIBUIÇÃO ELÉTRICA.** 2023. Orientador: Fabio Roberto Vieira. Disponível em: <https://revistaft.com.br/estudo-comparativo-tecnico-economico-e-ambiental-das-fontes-de-energias-renovaveis-e-distribuicao-eletrica/>. Acesso em: 09 abr. 2024.

SPUTNIK. **Aliada dos EUA e antiga inimiga do Irã: o que representa a entrada da Arábia Saudita no BRICS?** 2023. Disponível em: <https://sputniknewsbr.com.br/20231127/aliada-dos-eua-e-antiga-inimiga-do-ira-o-que-representa-a-entrada-da-arabia-saudita-no-brics-31707625.html>. Acesso em: 08 abr. 2024.

STALLARD, Esme. **Wind is main source of UK electricity for first time.** 2023. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/science-environment-65557469>. Acesso em: 10 abr. 2024.

STATISTA. **Distribution of nuclear power consumption worldwide in 2022, by selected country.** 2024. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/201683/percentage-of-world-nuclear-electricity-consumption-by->

country/#:~:text=The%20United%20States%20is%20the,the%20U.S.%20totalled%207.3%20exajoules. Acesso em: 10 abr. 2024.

STATISTA. **Leading countries in bioenergy capacity worldwide in 2022.** 2024. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/476416/global-capacity-of-bioenergy-in-selected-countries/>. Acesso em: 10 abr. 2024.

STATISTA. **Leading countries by coal consumption share worldwide in 2022.** 2024. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/265528/countries-with-the-largest-share-of-global-coal-consumption/>. Acesso em: 08 abr. 2024.

STATISTA. **Primary energy consumption worldwide in 2022, by country.** 2024. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/263455/primary-energy-consumption-of-selected-countries/>. Acesso em: 08 abr. 2024.

STEINBUKS, Jevgenijs; PEREZ-SEBASTIAN, Fidel. **Como o investimento do Brasil em infraestrutura hidrelétrica contribuiu para seu desenvolvimento a longo prazo.** 2022. Disponível em: <https://blogs.worldbank.org/pt/latinamerica/como-o-investimento-do-brasil-em-infraestrutura-hidreletrica-contribuiu-para-seu>. Acesso em: 10 abr. 2024.

THE HINDU. **India will continue to rely on coal power until it becomes developed country, says Bhupender Yadav:** Union Environment Minister said India is committed to meeting the energy needs of its people and this cannot be done by "just importing oil and gas". 2023. Disponível em: <https://www.thehindu.com/sci-tech/energy-and-environment/india-resisted-pressure-from-developed-nations-for-phase-out-of-fossil-fuels-says-bhupender-yadav/article67653184.ece>. Acesso em: 08 abr. 2024.

UOL NOTÍCIAS. **Peso do carvão freia a transição ecológica na África do Sul.** 2022. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/afp/2022/10/17/peso-do-carvao-freia-a-transicao-ecologica-na-africa-do-sul.htm>. Acesso em: 04 abr. 2024.

VITTO, William Clavijo. **Geopolítica da transição energética:** analisando as implicações da difusão das novas fontes renováveis. 2022. Disponível em: <https://ensaioenergetico.com.br/implicacoes-geopoliticas-do-processo-de-transicao->

energetica/. Acesso em: 09 abr. 2024.

WINDFLIX. **Wind energy in Europe: 2022 statistics and the outlook for 2023-2027.** 2022 Statistics and the outlook for 2023-2027. 2023. Disponível em:
<https://windeurope.org/intelligence-platform/product/wind-energy-in-europe-2022-statistics-and-the-outlook-for-2023-2027/>. Acesso em: 10 abr. 2024.

WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. **Nuclear Power in India.** 2024. Disponível em:
<https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/india.aspx#:~:text=India's%20fuel%20situation%2C%20with%20shortage,in%20power%20plants%20is%20necessary..> Acesso em: 09 abr. 2024.

XIN, Zheng. **Nation pushes nuclear power to ensure supply, reach carbon goals.** 2022. Disponível em:
<http://global.chinadaily.com.cn/a/202209/16/WS6323dc25a310fd2b29e7808f.html>. Acesso em: 09 abr. 2024.