



Thiago Furtuoso Siqueira

ENERGIAS RENOVÁVEIS: uma solução para a poluição contemporânea

Rio de Janeiro

2023

Thiago Furtuoso Siqueira

ENERGIAS RENOVÁVEIS: uma solução para a poluição contemporânea

Projeto de Monografia apresentado à Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio – Fundação Oswaldo Cruz (EPSJV-Fiocruz) como requisito parcial para aprovação no Curso Técnico em Gerência em Saúde.

Orientador(a): Marcos Vinicius Mota Machado

Rio de Janeiro

2023

Thiago Furtuoso Siqueira

ENERGIAS RENOVÁVEIS: uma solução para a poluição contemporânea

Projeto de Monografia apresentado como requisito  
parcial para aprovação no Curso Técnico em Gerência  
em Saúde

Qualificado em \_\_/\_\_/\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Marcos Vinícius Mota Machado  
EPSJV/FIOCRUZ

---

Profa. Renata Rufino Amaro  
EPSJV/FIOCRUZ

---

Prof. Wallace Lopes Silva  
EPSJV/FIOCRUZ

Rio de Janeiro

2023

*Dedico esse trabalho ao professor  
Marcos Vinicius Mota Machado*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço ao Senhor, meu Deus, por me proporcionar essa oportunidade única de poder realizar esse trabalho e vivenciar todos esses momentos, alegrias, tristezas, vitórias e conquistas ao longo desses 4 anos.

Segundamente agradecer a minha família por me fornecer toda a estrutura e apoio necessário ao longo de toda essa longa jornada.

Queria agradecer também ao Professor Doutor Wallace Lopez por conseguir me ajudar de diversas maneiras, mas principalmente por ter conseguido trazer o Marcos Vinicius para o projeto, sem vocês isso não seria possível.

Irei agradecer também ao querido Marcos Vinicius por ter incorporado o projeto, ter me ajudado durante essa trajetória, mostrando caminhos, saídas e ideias.

Além do mais agradeço pelas diversas contribuições feitas pela Renata Rufino no projeto, me ajudou bastante com os caminhos a serem seguidos no trabalho.

Sou grato também pela Escola Politécnica Joaquim Venâncio – Fundação Oswaldo Cruz (EPSJV-Fiocruz) por nos fornecer tanta excelência e conhecimento em seu ensino de extrema qualidade.

*Isaías 40:31 (NVI):*

*"Mas aqueles que esperam no Senhor*

*renovam as suas forças.*

*Voam alto como águias;*

*correm e não ficam exaustos,*

*andam e não se cansam."*

## RESUMO

O projeto tem como objetivo uma melhor implementação das energias renováveis, sobretudo o estudo do hélio-3 como uma nova fonte de combustível mais eficiente e limpa, por conta do cenário insustentável em que se encontra o planeta Terra, devido ao descaso que se tem feito com o meio ambiente, ao utilizar em grande escala as energias não-renováveis, principalmente as de matriz fóssil sem se preocupar com as consequências geradas a longo prazo. Trata-se de uma pesquisa qualitativa que tem como teoria conceitual metodológica, o estudo das energias renováveis para a redução dos danos causados ao meio ambiente.

**Palavras-chave:** Energias renováveis. Hélio-3. Matriz energética. Meio ambiente. Energias não-renováveis.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Poluição combustíveis fósseis.....	16
Figura 2: Gráfico sobre uso de tipos de energias.....	24
Figura 3: Fonte de energias renováveis e não renováveis.....	29
Figura 4: Ciclo do carbono.....	31
Figura 5: Efeito Smog (Smoke/Fumaça + Fog/Neblina).....	32

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CO - Monóxido de Carbono

CO<sub>2</sub> - Dióxido de Carbono

NO<sub>x</sub> - Óxidos de nitrogênio

SO<sub>x</sub> - Óxidos de enxôfre

HC - Hidrocarbonetos

MP – Material Particulado

*S. cerevisiae* – *Sacharomyces cerevisiae*

pH – Potencial Hidrogênionico

°C - Grau Celsius

IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística

CEISEbr – Centro Nacional Das Indústrias Do Setor Sucoenergético e Biocombustíveis

USDA – United States Departament Of Agriculture

EUA – Estados Unidos da América

β - Beta

α - Alfa

2G - Segunda Geração

1G – Primeira Geração

ppm- Partícula por milhão

Ca(OH)<sub>2</sub> - Hidróxido de Cálcio

bar – Unidade de pressão

HMF – hidroxil-metil-furfural

°Bx - Grau Brix (indície refractométrico)

ATP – Adenosina Trifosfato

OPEP+: Organização dos Países Exportadores de Petróleo e Aliados

CNN: Cable News Network

UE: União Europeia

ECO-92: Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1992)

GtCO<sub>2</sub>: Gigatoneladas de Dióxido de Carbono

ONU: Organização das Nações Unidas

FAO: Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura  
GWP: Potencial de Aquecimento Global  
ODS: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável  
Hélio-3: Isótopo de hélio  
Luna-25: Missão lunar russa  
NASA: Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço  
MIT: Instituto de Tecnologia de Massachusetts  
ONGs: Organizações Não Governamentais  
GDP: Produto Interno Bruto  
REDD+: Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal  
SDG: Objetivo de Desenvolvimento Sustentável  
UEP: Unidade Experimental de Produção  
JAXA: Agência Japonesa de Exploração Aeroespacial  
COP26: 26ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima  
SO3: Trióxido de Enxofre  
SO2: Dióxido de enxofre  
CNUMAD: Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento  
ECO 92: Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento de 1992  
OPEP: Organização dos Países Exportadores de Petróleo  
AIE: Agência Internacional de Energia

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>26</b>
<b>2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>26</b>
<b>3. JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>27</b>
<b>4. METODOLOGIA.....</b>	<b>288</b>
<b>5. TIPOS DE ENERGIAS E ENERGIAS NÃO RENOVÁVEIS.....</b>	<b>29</b>
<b>6 - ENTENDER OS TIPOS DE DISPUTAS TERRITORIAIS PELAS ENERGIAS SUJAS E CONHECER AS ENERGIAS RENOVÁVEIS.....</b>	<b>33</b>
6.1 O Petróleo como Protagonista Global em Conflitos .....	3333
6.2 O Carvão Mineral: Entre as Sombras dos Conflitos Geopolíticos .....	34
6.3 A Geopolítica da Segurança Energética e a Fragilidade do Modelo Atual .....	34
6.4 A Transição Inadiável para Fontes Renováveis .....	34
6.5 Novas Alternativas no Horizonte Energético .....	35
6.6 A Transição para um Modelo Energético Sustentável: Desafios e Oportunidades .....	35
6.7 Desenvolvimento Tecnológico Impulsionando a Transição .....	35
6.8 Liderança Global em Transição Energética.....	36
6.9 Desafios Socioeconômicos e Inclusão durante a Transição .....	36
6.10 Diversificação e Segurança Energética Global .....	36
6.11 Políticas para a Transição Energética: O Papel Governamental na Mudança.....	366
6.12 Trilhando um Caminho Sustentável .....	377
<b>7. DESCREVER OS BENEFÍCIOS GERADOS PELA MELHOR IMPLEMENTAÇÃO DAS ENERGIAS LIMPAS E COMO O HÉLIO-3 PODERÁ REVOLUCIONAR O CENÁRIO ENERGÉTICO GLOBAL .....</b>	<b>3737</b>
7.1 Avanços Tecnológicos e Transformações Socioeconômicas: .....	377
7.2 Geopolítica das Energias Renováveis: .....	388
7.3 Desafios e Oportunidades em Escala Global:.....	399
7.4 O Potencial Revolucionário do Hélio-3: Uma Viagem Científica, Econômica e Jurídica pela Lua e Além.....	399
7.5 O Hélio-3 na Lua: Uma Jornada Científica Além da Imaginação.....	40
7.6 O Hélio-3 como Força Motriz para a Fusão Nuclear: Uma Revolução na Geração de Energia.....	41
7.7 O Hélio-3 como Commodity Global: Explorando as Dimensões Econômicas.....	411

7.8 Desafios Jurídicos da Exploração Lunar: Definindo as Regras do Jogo .....	42
7.9 Ética Espacial: Considerações Sustentáveis e Sociais na Exploração Lunar .....	42
7.10 Cooperação Global para o Futuro Espacial: Um Chamado à Ação Coletiva.....	4343
7.11 Enfrentando desafios para uma nova jornada.....	43
<b>8. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>44</b>
<b>9. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>46</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Por conta da má gestão na utilização dos recursos naturais, nos vemos em uma situação imprecendente para o desenvolvimento sustentável, dando ênfase para as consequências geradas pela grande escala de aplicação dos combustíveis fósseis (figura 1) em todo mundo, sendo essas fontes de energia não-renováveis, representando aproximadamente 80% da demanda energética mundial. Com isso, precisamos mudar essa questão organizacional da energia global, introduzindo, com extrema necessidade, as energias limpas (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA,2022).

Um exemplo disso é a imagem abaixo sobre o ciclo do enxofre, que destaca a importância desse macronutriente vital. A maior parte do enxofre está na crosta terrestre, mas uma pequena porção está na atmosfera como  $\text{SO}_2$  e  $\text{SO}_3$ . Esses compostos chegam ao solo por meio de chuva ácida, transformando-se em sulfato e ficando disponíveis novamente. Organismos decompositores, como sulfobactérias, desempenham papel-chave, produzindo gás sulfídrico. A liberação industrial de  $\text{SO}_2$  e  $\text{SO}_3$ , mais do que atividades vulcânicas, contribui para problemas como a chuva ácida. Essa dinâmica destaca a complexidade do ciclo do enxofre e seus impactos na biosfera (HOBUSSETAL.,2007).

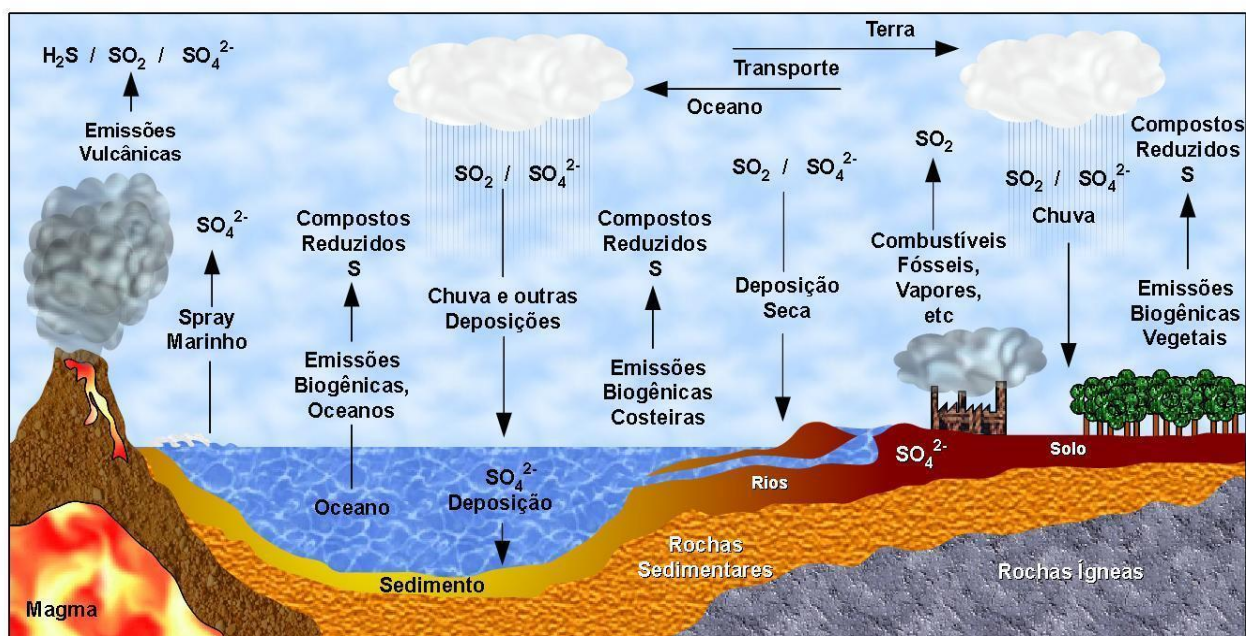


Figura 1: Poluição combustíveis fósseis

FONTE: CICLO VIVO, 2021

Também é preciso destacar o assunto sobre o modelo desenvolvimentista, que ganhou destaque em várias partes do mundo durante o século XX, desempenhou um papel significativo na instauração da crise climática. Esse modelo muitas vezes priorizava o crescimento econômico acelerado, a industrialização intensiva e a exploração intensa dos recursos naturais como estratégias fundamentais para o desenvolvimento (LAYRAGUES, 2017).

Durante décadas, especialmente nas fases iniciais da industrialização, a preocupação ambiental estava em segundo plano, e as práticas de desenvolvimento muitas vezes negligenciavam os impactos ambientais. A busca incessante por crescimento econômico levou a uma exploração desenfreada dos recursos naturais, aumento das emissões de gases de efeito estufa e destruição de ecossistemas (LAYRAGUES, 2017).

Nesse contexto, os países que adotaram o modelo desenvolvimentista frequentemente contribuíram de maneira significativa para a emissão de poluentes e gases do efeito estufa, contribuindo para as mudanças climáticas em escala global. A industrialização intensiva, o uso extensivo de combustíveis fósseis e práticas agrícolas não sustentáveis foram alguns dos elementos característicos desse modelo, que acabaram por desencadear e agravar a crise climática (ALMEIDA, 2022).

Além disso, o modelo desenvolvimentista frequentemente contribuiu para a desigualdade global, com alguns países se industrializando rapidamente, enquanto outros enfrentavam condições socioeconômicas desfavoráveis. Essa disparidade nas capacidades de desenvolvimento e na responsabilidade pelas emissões tornou-se um ponto central nas negociações climáticas internacionais, como as discutidas na ECO 92 e no Protocolo de Kyoto (A ECO-92, ou Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, ocorreu em 1992 no Rio de Janeiro, reunindo líderes mundiais para discutir questões ambientais e desenvolvimento sustentável. O Protocolo de Kyoto, adotado em 1997, foi um acordo internacional que buscava reduzir as emissões de gases de efeito estufa, estabelecendo metas específicas para os países industrializados. Ambos foram marcos importantes nas discussões sobre mudanças climáticas) (GONÇALVES, 2023; LAYRAGUES, 2017).

Assim, o modelo desenvolvimentista, ao priorizar o crescimento econômico sem uma devida consideração aos limites ambientais, desempenhou um papel significativo na instauração da crise climática. A compreensão dessas relações complexas entre modelos de desenvolvimento,

impactos ambientais e a crise climática é fundamental para orientar abordagens mais sustentáveis e equitativas no futuro (LAYRAGUES, 2017).

Retomando o ponto sobre a ECO 92, a não adesão de alguns países ricos ao Protocolo de Kyoto e a subsequente crise climática ressaltam a complexidade das negociações e ações coletivas necessárias para enfrentar os desafios ambientais globais. Essa falta de comprometimento demonstra a dificuldade em assegurar a participação global efetiva na luta contra as mudanças climáticas, muitas vezes associada a preocupações sobre competitividade econômica e responsabilidades percebidas em relação a nações em desenvolvimento (DEUTSCHE WELLE, 2020).

A ECO 92, também conhecida como a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), realizada no Rio de Janeiro em 1992, representou um marco importante nas discussões sobre o meio ambiente. Durante essa conferência, os países reconheceram a necessidade imperativa de abordar questões ambientais, incluindo as mudanças climáticas, de maneira global e cooperativa. No entanto, a falta de compromissos vinculativos e ações efetivas pós-conferência destacaram a necessidade de acordos mais específicos, como o posterior Protocolo de Kyoto (IGNACIO, 2023).

A não adesão de alguns países ricos a esse protocolo evidenciou as dificuldades em garantir a participação global efetiva para combater as mudanças climáticas. Essa falta de comprometimento é frequentemente associada a preocupações com a competitividade econômica e as responsabilidades percebidas em relação a nações em desenvolvimento (DEUTSCHE WELLE, 2020).

A crise climática subsequente, caracterizada pelo aumento contínuo das emissões de gases de efeito estufa e eventos climáticos extremos, destaca a urgência de uma ação global coordenada. A não implementação efetiva dos acordos e a falta de adesão significativa por parte de grandes emissores contribuíram para o agravamento dessa crise (IGNACIO, 2023).

O impasse entre países ricos e em desenvolvimento, evidenciado nas discussões climáticas desde a ECO 92 até o Protocolo de Kyoto e além, destaca a complexidade de equilibrar interesses nacionais, responsabilidades históricas e a urgência de ações para enfrentar as mudanças climáticas. A experiência desde a ECO 92 reforça a necessidade de mecanismos eficazes, equitativos e vinculativos para lidar com questões climáticas em escala global (DEUTSCHE WELLE, 2020).

A inter-relação entre questões ambientais e energéticas é crucial para compreender os desafios contemporâneos relacionados à sustentabilidade e à segurança energética (CAMPOS & FERNANDES, 2017). A produção desenfreada de resíduos, discutida anteriormente, está intrinsecamente ligada aos padrões de consumo de energia, destacando a importância de abordar essas questões de maneira integrada (IGNACIO, 2023).

A análise geopolítica da energia, considerando as dinâmicas de transição energética, também emerge como um elemento crucial nesse contexto (NEACSA et al., 2022). As divergências na adoção de fontes de energia sustentáveis e as estratégias de segurança energética desempenham um papel significativo nas negociações globais sobre mudanças climáticas, como evidenciado nas discussões desde a Eco-92 até o Protocolo de Kyoto (CAÑELLAS, 2018).

Além disso, as perspectivas sobre o desenvolvimento sustentável e a transição para formas mais limpas de energia são temas abordados em diversos estudos acadêmicos (AKLIN & URPELAINEN, 2018; AHL et al., 2020). A necessidade de conciliar o crescimento econômico com práticas ambientalmente responsáveis, como discutido na Agenda 21 e na Eco-92, continua a ser um desafio central (CAÑELLAS, 2018).

A compreensão da geopolítica da energia, aliada aos debates sobre sustentabilidade e desenvolvimento, ressalta a complexidade das negociações globais e a importância de soluções integradas. O Protocolo de Kyoto, como mencionado, foi uma tentativa significativa de abordar essas questões, mas suas limitações também foram evidenciadas. A análise da produção do lixo em paralelo com os debates sobre transição energética destaca a interconexão entre questões ambientais e energéticas. A implementação efetiva de estratégias de gestão de resíduos está intrinsecamente relacionada à adoção de práticas mais sustentáveis na produção e consumo de energia (ALMEIDA, 2022).

Além disso, é crucial considerar as discussões sobre o papel das comunidades locais e suas práticas no contexto do desenvolvimento sustentável (LAYRARGUES, 2017). A abordagem "pensar globalmente, agir localmente" ressoa nas discussões desde a Eco-92 e destaca a importância de considerar contextos específicos ao buscar soluções sustentáveis (CAÑELLAS, 2018).

Essa perspectiva integrada, fundamentada em fontes acadêmicas e documentos oficiais, contribui para uma compreensão mais abrangente das complexidades envolvidas nas questões ambientais, energéticas e de desenvolvimento sustentável (ALMEIDA, 2022).

A Revolução Industrial, por sua vez, é o marco inicial que desencadeou o processo de exploração intensiva dos recursos naturais em prol do desenvolvimento econômico. Esse período histórico, responsável pela transição de uma economia agrária para uma sociedade mecanizada, evidencia a relação intrínseca entre o crescimento econômico e os impactos ambientais. A emergência do ecocapitalismo pode ser entendida como uma resposta evolutiva a esses desafios, propondo uma abordagem mais equilibrada entre a prosperidade econômica e a preservação ambiental (SILVA et al., 2003; CAÑELLAS, 2018).

A interconexão entre os conceitos de ecocapitalismo, Revolução Industrial e aceleração do tempo-espaço delineia um panorama complexo. A consciência sobre as externalidades ambientais, ampliada pela conectividade global, impulsiona a busca por práticas econômicas mais responsáveis. O ecocapitalismo, ao propor uma relação simbiótica entre a atividade econômica e a saúde do planeta, reflete a necessidade de conciliar o progresso com a preservação (CARDOSO, 2022; SILVA et al., 2003).

No contexto energético, a transição para fontes renováveis ganha destaque como parte integrante do ecocapitalismo. As discussões sobre o futuro do combustível renovável para aviação comercial (ALMEIDA, 2022), a análise das implicações socioeconômicas e ambientais das energias renováveis no Brasil (FREITAS; DATHEIN, 2013), e a avaliação da matriz energética e elétrica convergem para a importância de repensar as práticas energéticas em consonância com os princípios do ecocapitalismo (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2022).

O aquecimento global, evidenciado pela relação entre a produção de energias renováveis e o desenvolvimento sustentável (LIMA, 2014), destaca a urgência de ações para mitigar os efeitos das atividades humanas no clima global (CAÑELLAS, 2018; DOS SANTOS, 2016). A poluição por combustíveis fósseis, que provoca uma em cada cinco mortes no mundo, ressalta a necessidade de transformações significativas nos padrões de consumo energético (CICLOVIVO, 2021).

A inversão térmica, associada ao fumo do ar e à chuva ácida, revela as complexas interações entre atividades humanas e os sistemas naturais, reforçando a importância de estratégias que favoreçam o meio ambiente na gestão ambiental e econômica (DAROS, 2013; DOS SANTOS, 2016). No âmbito global, as perspectivas energéticas globais apontam para a necessidade de repensar o modelo tradicional em direção a soluções mais sustentáveis e alinhadas com os princípios do desenvolvimento sustentável (NAKICENOVIC et al., 1998b). Assim, a busca por um futuro sustentável no campo energético está intrinsecamente ligada à transformação dos paradigmas

econômicos, como propõe o ecocapitalismo. O "capitalismo verde" emerge como uma proposta que busca conciliar atividade econômica com práticas sustentáveis, mas sua eficácia e, mais profundamente, sua legitimidade enquanto solução para as questões ambientais contemporâneas são temas altamente controversos. Ao problematizar essa abordagem, é essencial considerar suas raízes históricas, evolução e impactos práticos no contexto da sustentabilidade (GOLDEMBERG; LUCON, 2007).

A ascensão do "capitalismo verde" está intrinsecamente ligada à necessidade percebida de enfrentar os desafios ambientais sem comprometer o crescimento econômico (AQUINO; CENCI, 2019). Contudo, ao contextualizar esse conceito no panorama da Revolução Industrial e do desenvolvimento capitalista, surgem questionamentos sobre sua capacidade de superar as bases estruturais que historicamente propiciaram a exploração ambiental (CAÑELLAS, 2018).

O "capitalismo verde" também é influenciado pelo fenômeno do aceleração do tempo-espaço, uma característica marcante da Revolução Tecnológica. A rapidez das transformações e a globalização intensificam a interconectividade, mas, ao mesmo tempo, geram uma pressão constante por recursos e produção, muitas vezes resultando em práticas ambientalmente prejudiciais. A relação intrínseca entre avanços tecnológicos, demandas de mercado e sustentabilidade precisa ser analisada criticamente. A aceleração do espaço-tempo, fenômeno decorrente da Revolução Industrial e intensificado pela tecnologia contemporânea, redefine as dimensões do mundo. Espacialmente, os avanços em transporte e comunicação encurtaram distâncias, tornando o globo mais acessível e interconectado. Temporalmente, a rápida sucessão de inovações e transformações cria uma sensação de urgência, impactando desde a expectativa de vida útil de produtos até a velocidade das mudanças culturais (AQUINO; CENCI, 2019).

No âmbito energético, um componente central da discussão sobre "capitalismo verde," a transição para fontes renováveis é apresentada como um pilar fundamental. No entanto, a implementação prática dessas mudanças e a real efetividade na redução da pegada ambiental ainda são tópicos debatidos. Questões como a dependência contínua de combustíveis fósseis e o papel das grandes corporações na perpetuação de práticas não sustentáveis demandam uma avaliação crítica. Ao problematizar o "capitalismo verde," é vital considerar a possível cooptação de sua narrativa por interesses corporativos que, em última instância, priorizam o lucro em detrimento da sustentabilidade genuína. A análise crítica dessa abordagem deve ir além da retórica e examinar a

implementação prática de políticas e práticas empresariais, questionando se elas representam uma mudança substancial ou uma adaptação superficial (GOLDEMBERG; LUCON, 2007).

Em síntese, a proposta do "capitalismo verde" exige uma análise aprofundada de suas raízes históricas, sua relação com a aceleração do tempo-espço e seu impacto efetivo na transição energética. Ao problematizar essa abordagem, é possível avançar na compreensão dos desafios e oportunidades que ela apresenta para a construção de um modelo econômico verdadeiramente sustentável (AQUINO; CENCI, 2019).

Adentrando mais ao assunto energético, conseguimos entender que as fontes energéticas para geração de energia elétrica podem ser classificadas em energias não-renováveis, como o petróleo, carvão mineral, ou em energias limpas/renováveis, como a energia solar, eólica. Entretanto, a utilização dessas fontes de energias convencionais (não-renováveis), que são pertencentes ao grupo de materiais finitos, para a produção energética também possui suas vantagens, por ter um baixo custo, um alto desempenho na produção de energia, geram emprego etc. Por conta disso há uma grande exploração nessa área. Porém, essa exploração atualmente, o modo em que é feita a utilização dessa fonte se encontra como insustentável, os impactos negativos estão cada vez maiores. Já as fontes de energia alternativa, que praticamente não podem ser exauridas, quase não afetam negativamente o meio ambiente, visto que a energia limpa quase não emite poluentes. Devido a utilização desenfreada das energias sujas, os inúmeros impactos ambientais causados estão cada vez mais aparentes e maiores. Entre eles, o aumento do efeito estufa e do aquecimento global, que podem ser considerados como os mais preocupantes, por conta, principalmente, da queima de combustíveis fósseis, conseqüentemente isso acaba culminando em impactos nas mais diversas escalas, podendo ser local, regional ou global. A continuação dessa dimensão de superexploração a todo custo acaba degradando cada vez mais o meio ambiente (GOLDEMBERG, J.; LUCON, 2007).

Outra consequência gerada por esse uso, é a escassez desses materiais finitos em certas áreas. Isso se deve por conta da sua superexploração e o imperialismo, que acaba gerando uma intensificação na questão da disputa entre regiões para suprir a demanda energética. Um exemplo dessa situação que acaba ocorrendo, de acordo com Lucas Kerr:

*“O contexto mundial se torna complexo com o aprofundamento da crise petrolífera mundial, em meio à crise de acumulação de capitais e hegemonia, ambas iniciadas nos anos 1970. O aumento dos conflitos regionais e a intensa competição entre*

*as grandes potências por recursos energéticos cada vez mais escassos passam a serem variáveis essenciais para a análise dos problemas de Segurança Internacional. (...) As disputas por petróleo se misturam em meio a conflitos históricos ampliando-os e gerando novos ciclos de violência. Nos maiores produtores subsaarianos como Angola, Nigéria e Sudão, ampliam e criam disputas entre governo e províncias produtoras. No nível global, corporações estadunidenses e chinesas passam a disputar diretamente o acesso ao petróleo africano, apoiados pelos respectivos governos que intensificam sua presença regional na forma de investimentos, acordos comerciais, diplomáticos e militares, de treinamento e defesa, transferência de armas e instalação de bases militares. Assim, o petróleo se torna central, tanto para entender a atual dinâmica destes conflitos subsaarianos, no nível regional, como nas disputas por influência no subcontinente envolvendo China e Estados Unidos.” (OLIVEIRA, 2007)*

No atual quadro em que estamos vivendo nos tempos atuais, vivenciamos a primeira crise de energia verdadeiramente global, de acordo com o chefe da Agência Internacional de Energia (AIE), Faith Birol. Essa, causada pela contração dos mercados internacionais de gás natural liquefeito e a redução de oferta dos principais produtores de petróleo. Birol também aponta que, “O aumento das importações de” GNL (Gás natural liquefeito) para a Europa em meio à crise da Ucrânia e uma potencial recuperação no apetite chinês pelo combustível apertaram o mercado, já que apenas 20 bilhões de metros cúbicos de nova capacidade de GNL chegarão ao mercado no próximo ano, disse o diretor-executivo da AIE, Fatih Birol, durante a Semana Internacional da Energia, em Singapura (CNNBrasil,2022).

Ao mesmo tempo, a recente decisão da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) e seus aliados, conhecidos como OPEP+, de cortar 2 milhões de barris por dia (bpd) de produção é uma decisão “arriscada”, pois a AIE vê crescimento da demanda por petróleo de quase 2 milhões de bpd este ano, disse Birol.” (CNNBrasil,2022). Birol declara essa situação como “arriscada” e “lamentável”, por conta de que “várias economias mundiais estão à beira da recessão”. O aumento do preço dessas fontes de energias não-renováveis, juntamente com o aumento da inflação nos alimentos e serviços pode ser considerada como uma possível conjuntura periculosa para seus consumidores, já que os habitantes da Europa vão entrar no período de inverno. A Europa está sofrendo com essa crise por conta das sanções feitas contra a Rússia, o que acabou prejudicando sua própria economia (CNNBrasil,2022).

Vale ressaltar que essa ocasião pode fortalecer e acelerar o cenário de energias renováveis no mundo, aumentando a segurança energética de forma sustentável e sólida. O chefe da AIE

entende que “A segurança energética é o principal impulsionador (da transição energética)”. Esse pensamento vem de acordo com a visão dos países sobre os avanços das tecnologias energéticas e das energias renováveis como uma solução. Ele, Birol, também disse que vários países na Europa e em outras regiões estão agilizando a questão da infraestrutura na capacidade renovável, para assim, cortar os processos de permissão e licenciamento para substituir o gás russo. “A AIE revisou a previsão de crescimento da capacidade de energia renovável em 2022 para um aumento de 20% em relação ao ano anterior, de 8% anteriormente, com cerca de 400 gigawatts de capacidade renovável sendo adicionados este ano” (CNNBrasil,2022).

No entanto, as energias renováveis serviriam como uma proposta de solução para reduzir drasticamente essa situação insustentável exposta no texto, como a questão da degradação ambiental e os conflitos territoriais, ambas originadas a partir do modo em que é feita a utilização desse uso das energias sujas. Para combater esse cenário, atualmente nós possuímos diversos tipos de energia revitalizáveis, tendo como principais utilizadas as seguintes energias (figura 2): biomassa, hidrelétrica, solar e eólica. A imagem abaixo apresenta um gráfico que representa a evolução do uso de diferentes tipos de energia ao longo do tempo, abrangendo o período de 1850 a 2100. A análise do gráfico revela as tendências e mudanças nos padrões de consumo de energia ao longo dos anos, proporcionando percepções sobre a transição energética e as preferências em termos de fontes de energia ao longo do tempo (GOLDEMBERG, J.; LUCON,2007).

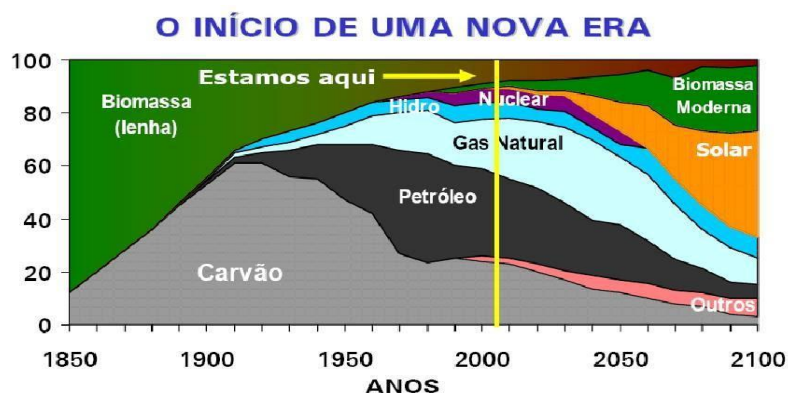


Figura 2: Gráfico sobre uso de tipos de energias

**FONTE: NAKICENOVIC, GRÜBLER, MCDONALD 1998**

A perspectiva de uma fonte de energia revolucionária desponta com a busca pelo hélio-3. Este isótopo estável do hélio apresenta um potencial transformador para o futuro energético, pois,

surpreendentemente, apenas alguns gramas desse material têm o poder de gerar uma quantidade significativa de energia. O hélio-3, caracterizado por 2 prótons e 1 nêutron em seu núcleo atômico, é especialmente notável por sua aplicação na fusão nuclear. Ao contrário das usinas nucleares convencionais, o processo de utilização desse isótopo demonstra maior eficiência e a vantagem de não gerar os subprodutos usualmente associados a essas instalações. Essa perspectiva apresenta-se como uma promissora alternativa no horizonte das fontes energéticas, destacando-se por seu potencial de transformação e eficiência aprimorada (CARDOSO, 2022).

A relevância do hélio-3 como potencial fonte de energia ganha ainda mais destaque quando consideramos suas propriedades intrínsecas. Sendo um isótopo do hélio, um gás inerte, o hélio-3 é não radioativo, o que contribui para mitigar preocupações relacionadas à segurança nuclear. Além disso, sua aplicação na fusão nuclear, um processo que ocorre em condições de alta pressão e temperatura, promete uma forma de geração de energia mais controlada e menos propensa a acidentes quando comparada às reações nucleares convencionais (GOLDEMBERG, J.; LUCON, 2007).

O processo de fusão nuclear envolve a fusão de núcleos atômicos sob condições extremas, liberando uma quantidade significativa de energia no processo. O hélio-3, quando combinado com deutério, pode desencadear essa reação de fusão, produzindo hélio e um próton como produtos finais. A ausência de resíduos radioativos de longa duração, comuns em reatores nucleares tradicionais, é uma vantagem adicional do hélio-3, contribuindo para a perspectiva de uma forma mais limpa e sustentável de geração de energia (CARDOSO, 2022).

No entanto, é crucial reconhecer os desafios tecnológicos e econômicos associados à implementação prática da fusão nuclear com hélio-3. Atualmente, as tecnologias necessárias para alcançar as condições ideais de temperatura e pressão ainda estão em estágios de desenvolvimento. Além disso, a extração do hélio-3 na Terra é limitada, o que levanta questões sobre a viabilidade comercial em larga escala dessa fonte de energia (GOLDEMBERG, J.; LUCON, 2007).

Não obstante os desafios, a busca pelo hélio-3 representa um horizonte promissor na inovação energética, estimulando pesquisas e debates sobre o papel das energias alternativas no cenário global. O potencial revolucionário do hélio-3 como uma fonte de energia "ideal" continua a alimentar a esperança de solucionar os desafios energéticos contemporâneos de maneira sustentável e eficiente (CARDOSO, 2022).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral do trabalho é mostrar a necessidade de uma melhor implementação, utilização das energias renováveis no cenário energético mundial por conta da poluição causada pela forma em que é usada as energias não renováveis.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1) Identificar os tipos de energias e como as energias não renováveis causam poluição ambiental.
- 2) Entender os tipos de disputas territoriais pelas energias sujas e conhecer as energias renováveis.
- 3) Descrever os benefícios gerados pela melhor implementação das energias limpas e como o Hélio-3 poderá revolucionar o cenário energético global.

### **3. JUSTIFICATIVA**

A forma de utilização das energias de matriz fóssil acaba trazendo um cenário insustentável para a saúde do planeta. Apesar de ser responsável por cerca de 80% da matriz energética mundial, ela causa altos níveis de poluição por conta de sua intensa utilização e exploração, seus gases liberados contribuem para o aquecimento global e o efeito estufa, além de que seus recursos são finitos na natureza. Nesse sentido, precisamos pensar em uma forma de reorganizar, de forma sustentável, a matriz energética mundial. No atual momento em que vivemos, a energia suja é necessária para o funcionamento da vida moderna, porém o problema está na forma em que ela é utilizada, sem se preocupar com as consequências geradas para a vida do planeta.

Com uma maior implementação de tecnologias e inserção das energias renováveis, essa questão da poluição seria amenizada e fortaleceria a base energética dos países, e de certa forma, diminuindo essa interdependência e disputas por esses recursos não renováveis.

Já a utilização do Hélio-3 como um combustível, seria a forma ideal para essa situação, pois é uma energia limpa e que com poucos gramas desse composto poderíamos alimentar uma cidade inteira. Porém, ainda é algo que não está tão perto de ser realizado, mas será algo que com certeza irá revolucionar a humanidade.

Portanto, há de se fazer essa reorganização na matriz energética global, para pelo menos amenizar as consequências geradas pelo intenso uso dos combustíveis fósseis. Já que esse cenário se encontra atualmente insustentável para o planeta.

#### **4. METODOLOGIA**

O projeto fará o uso do método qualitativo para a abordagem do tema energias renováveis, que tem como questão norteadora uma melhor implementação e desenvolvimento das energias limpas para evitar essa situação insustentável em que se encontra o planeta Terra. Usará como modo estratégico, a pesquisa bibliográfica e a documental. Será utilizado no trabalho como fonte de pesquisa para o desenvolvimento do projeto artigos e pesquisas nacionais, Lilacs, Scielo, tendo como referência os descritores energias renováveis, combustível fóssil, energia suja, hélio-3, poluição ambiental, aquecimento global, crise energética.

## 5. TIPOS DE ENERGIAS E ENERGIAS NÃO RENOVÁVEIS

A questão energética é um dos desafios mais urgentes que a humanidade enfrenta no século XXI. Com o aumento da demanda por energia devido ao crescimento populacional e ao desenvolvimento tecnológico, torna-se essencial compreender os diferentes tipos de energia disponíveis e seus impactos no meio ambiente. Neste capítulo, exploraremos os principais tipos de energia, diferenciando as fontes renováveis das não renováveis, e analisaremos como as energias não renováveis contribuem para a poluição ambiental (FREITAS & DATHEIN, 2013).

Existem duas categorias principais de energia: renovável e não renovável (figura 3). A energia renovável é aquela obtida de fontes naturais que são inesgotáveis ou que se renovam em um curto período. Exemplos de energias renováveis incluem energia solar, eólica, hidrelétrica, biomassa e geotérmica. Essas fontes de energia possuem impactos ambientais menores em comparação com as energias não renováveis (GOLDEMBERG, J.; LUCON, 2007).



Figura 3: Fonte de energias renováveis e não renováveis

FONTE: ENERGÊS, 2020

Por outro lado, as energias não renováveis são derivadas de recursos que se esgotam ao longo do tempo. Os principais tipos de energias não renováveis são o petróleo, o carvão mineral e o gás natural. Essas fontes de energia são obtidas através da exploração de recursos fósseis que levaram milhões de anos para se formarem. Além disso, temos a energia nuclear, que também é considerada não renovável. As energias não renováveis, especialmente o petróleo e o carvão mineral, têm sido a principal fonte de energia utilizada pela humanidade nos últimos séculos. No entanto, seu uso está associado a graves problemas ambientais, incluindo a poluição do ar, da água e do solo (GOLDEMBERG, J.; LUCON,2007).

A queima de combustíveis fósseis libera dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e outros gases de efeito estufa na atmosfera (figura 4), a imagem representa o ciclo do carbono, crucial para manter o equilíbrio ambiental. Destaca-se o papel das plantas na fotossíntese e na liberação de  $\text{CO}_2$  na respiração, assim como a contribuição dos consumidores primários, que são organismos que se alimentam diretamente de produtores, que geralmente são plantas. Esses organismos obtêm energia consumindo matéria orgânica produzida pelos produtores por meio da fotossíntese. Contudo, a interferência humana, especialmente a queima de combustíveis fósseis e o desmatamento, desequilibra esse ciclo (FREITAS & DATHEIN, 2013).

O sistema econômico centrado nesses processos resulta em emissões excessivas de  $\text{CO}_2$ , intensificando o efeito estufa e provocando mudanças climáticas preocupantes, como aumento de temperatura, eventos climáticos extremos e perda de biodiversidade. Essa análise destaca a importância de repensar práticas para preservar o equilíbrio vital do ciclo do carbono. E isso acaba contribuindo significativamente para o aquecimento global e as mudanças climáticas. Além disso, a poluição do ar resultante da queima de carvão e petróleo tem impactos negativos na saúde humana, causando problemas respiratórios e cardiovasculares (GOLDEMBERG, J.; LUCON,2007).

# Como a ação humana está afetando o ciclo do carbono?

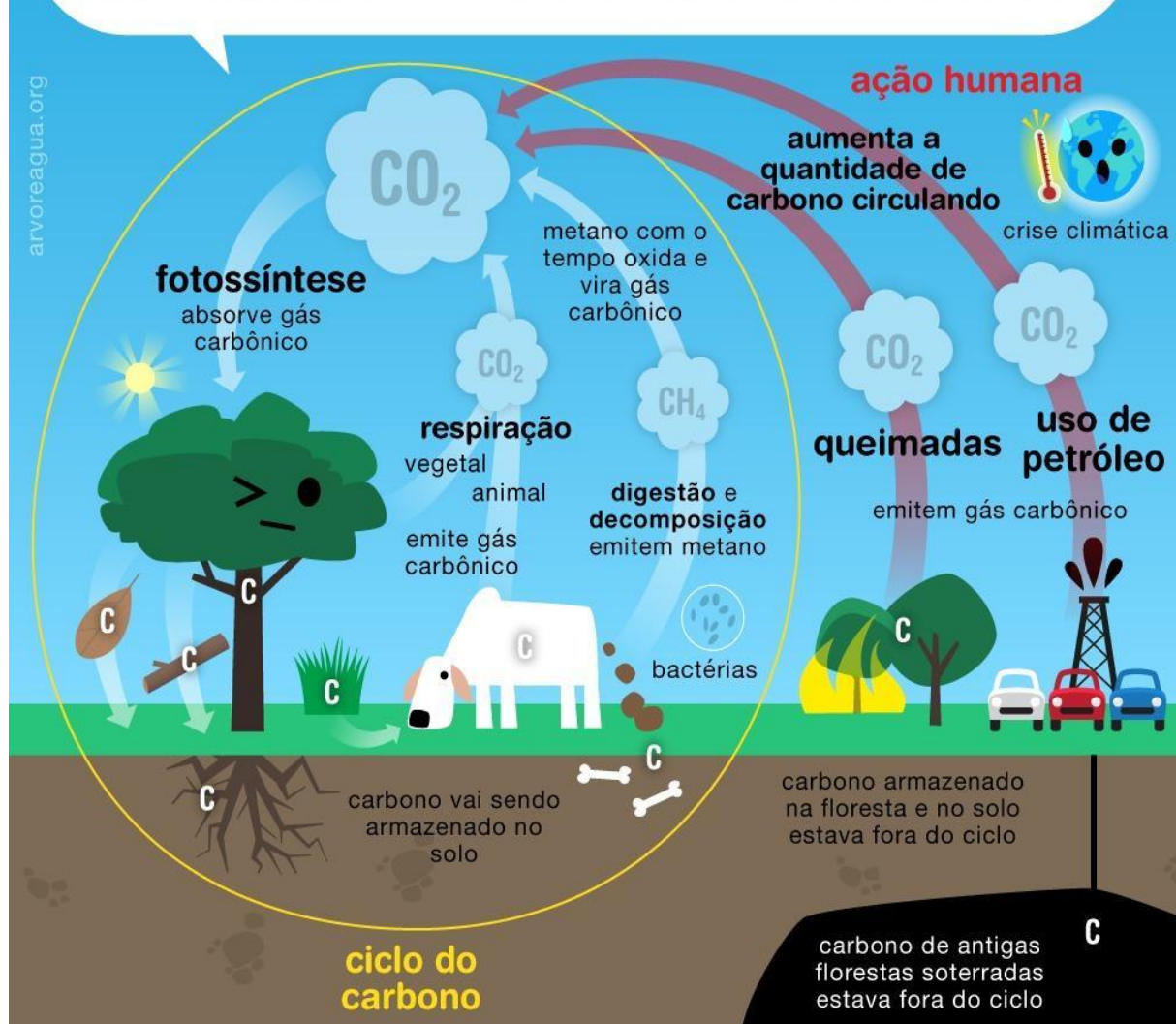


Figura 4: Ciclo do carbono

FONTE: CLIMAINFO, 2022

A exploração de petróleo e gás natural também traz riscos ambientais, como vazamentos e derramamentos, que contaminam ecossistemas aquáticos e terrestres. Além disso, a extração de carvão mineral provoca danos irreparáveis aos ecossistemas locais, além de gerar grandes quantidades de resíduos sólidos (NAKICENOVIC, GRÜBLER, MCDONALD 1998).

Em contraste, as energias renováveis apresentam impactos ambientais significativamente menores. A energia solar e eólica, por exemplo, não emite gases de efeito estufa durante a geração

de eletricidade, e a energia hidrelétrica e geotérmica são consideradas fontes limpas de energia. A biomassa, quando produzida de forma sustentável, também pode ser uma alternativa renovável viável (FREITAS & DATHEIN, 2013).

A escolha das fontes de energia utilizadas tem um impacto direto na quantidade e no tipo de poluição gerada. As energias não renováveis, como mencionado anteriormente, têm um alto potencial de poluição, contribuindo para a degradação do meio ambiente e para problemas de saúde pública (DOS SANTOS, 2016).

A poluição atmosférica é um dos principais problemas associados às energias não renováveis. A queima de combustíveis fósseis libera dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ), dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) e material particulado na atmosfera, afetando a qualidade do ar e contribuindo para problemas como o aquecimento global, a chuva ácida e a formação de smog (figura 5) (DOS SANTOS, 2016).

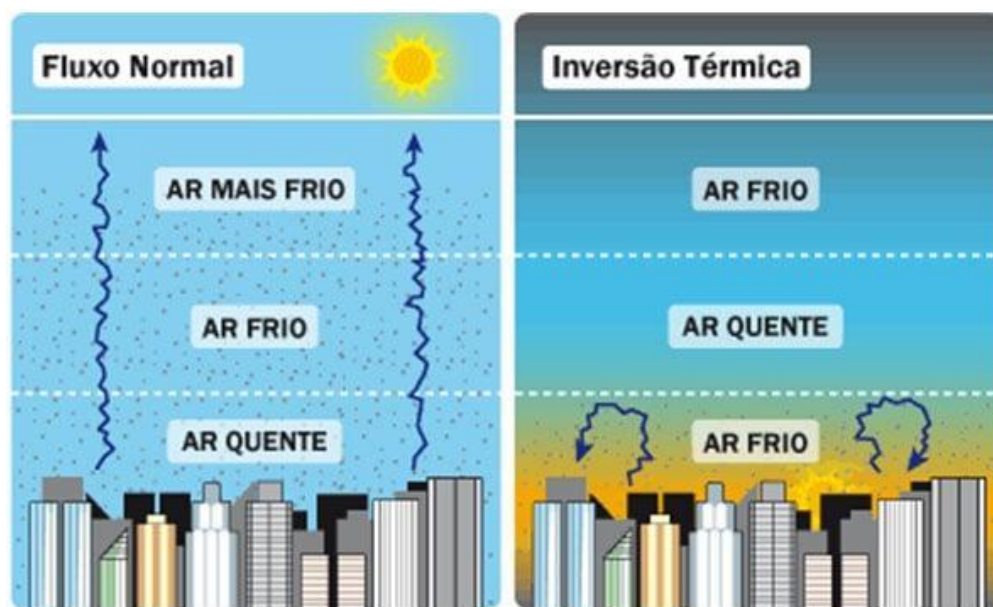


Figura 5: Efeito Smog (Smoke/Fumaça + Fog/Neblina).

**FONTE: DOS SANTOS, 2016**

Além disso, a extração e o transporte de recursos fósseis podem resultar em derramamentos de petróleo e vazamentos de gás, poluindo ecossistemas aquáticos e terrestres. A mineração de carvão também causa danos ambientais significativos, incluindo a destruição de habitats e a contaminação da água por produtos químicos tóxicos (CARDOSO, 2022).

Por outro lado, as energias renováveis têm um impacto ambiental muito menor. A energia solar e eólica não emite poluentes atmosféricos durante a geração de eletricidade, reduzindo a

poluição do ar. A energia hidrelétrica não emite poluentes durante a operação, mas pode ter impactos ambientais significativos na construção de barragens. No entanto, com a adoção de medidas adequadas de mitigação e monitoramento, esses impactos podem ser reduzidos (DOS SANTOS, 2016).

Este capítulo explorou os diferentes tipos de energia, distinguindo entre renováveis e não renováveis, e analisou como as energias não renováveis estão associadas à poluição ambiental. Ficou claro que as energias não renováveis, como o petróleo, o carvão mineral e o gás natural, apresentam graves problemas ambientais, incluindo a poluição do ar, da água e do solo, além de contribuírem para as mudanças climáticas (CARDOSO, 2022).

Por outro lado, as energias renováveis, como a solar, eólica, hidrelétrica, biomassa e geotérmica, oferecem alternativas mais sustentáveis, com menor impacto ambiental. A escolha de fontes de energia limpas e renováveis é fundamental para mitigar os problemas ambientais associados ao uso de energias não renováveis e para promover um futuro mais sustentável e saudável para as gerações presentes e futuras (DOS SANTOS, 2016).

## **6 - ENTENDER OS TIPOS DE DISPUTAS TERRITORIAIS PELAS ENERGIAS SUJAS E CONHECER AS ENERGIAS RENOVÁVEIS**

Ao adentrarmos nas intrincadas dinâmicas das disputas territoriais associadas às "energias sujas", somos conduzidos por uma jornada que transcende fronteiras geográficas, moldando não apenas destinos locais, mas também as relações geopolíticas globais. Este capítulo busca aprofundar nosso entendimento sobre os tipos específicos de fontes não-renováveis que se tornaram epicentros de competições acirradas, ao mesmo tempo em que explora as alternativas proporcionadas pelas energias renováveis (CARDOSO, 2022).

### **6.1 O Petróleo como Protagonista Global em Conflitos**

O petróleo, como recurso estratégico de valor incalculável, desencadeia conflitos globais. Regiões produtoras no Oriente Médio, África e América Latina tornam-se frequentemente palcos de disputas intensificadas em busca desse recurso vital. Essas rivalidades não apenas moldam a geopolítica local, mas também têm implicações diretas nos equilíbrios de poder em nível mundial (CAMPOS & FERNANDES, 2017).

## **6.2 O Carvão Mineral: Entre as Sombras dos Conflitos Geopolíticos**

Embora muitas vezes fique à sombra do petróleo em termos de conflitos geopolíticos, o carvão mineral não escapa de sua quota de controvérsias. O debate em torno da extração e queima de carvão mineral desencadeia discussões acaloradas sobre os custos ambientais e sociais associados. Países que dependem fortemente dessa fonte de energia veem-se em meio a dilemas éticos, uma vez que a extração de carvão contribui para a degradação ambiental e social, levantando questionamentos sobre a sustentabilidade dessa matriz energética (GOLDEMBERG & LUCON, 2007).

## **6.3 A Geopolítica da Segurança Energética e a Fragilidade do Modelo Atual**

Examinar as implicações globais desses conflitos é essencial para compreender como as tensões regionais podem impactar a segurança energética em escala global. A atual crise do mercado internacional de gás natural liquefeito e as oscilações na oferta de petróleo são exemplos vívidos da fragilidade inerente a um sistema ancorado em fontes não-renováveis. Decisões estratégicas, como os cortes de produção pela OPEP+, suscitam preocupações sobre a vulnerabilidade do modelo energético atual e as consequências globais dessas dinâmicas (CNN Brasil, 2022).

## **6.4 A Transição Inadiável para Fontes Renováveis**

Neste cenário contemporâneo, a transição para fontes renováveis emerge como uma necessidade inadiável. Entre as opções, a energia solar e eólica surge como alternativas mais sustentáveis e menos sujeitas a disputas territoriais. A China, por exemplo, investe maciçamente em infraestrutura solar, consolidando sua posição não apenas como um líder econômico, mas como um ator-chave na mudança para uma matriz energética mais limpa. Os Estados Unidos, por sua vez, aumentam seus esforços na geração de energia eólica, contribuindo para a diversificação da matriz energética global (AKLIN & URPELAINEN, 2018).

## **6.5 Novas Alternativas no Horizonte Energético**

Além das opções consolidadas, a pesquisa em torno de fontes inovadoras é um componente crucial da busca por uma matriz energética mais sustentável. O hélio-3, encontrado em abundância na Lua, surge como uma possível alternativa para a fusão nuclear. Embora ainda em estágios iniciais de pesquisa, sua inclusão neste contexto ressalta a importância de explorar não apenas alternativas já consolidadas, mas também aquelas que podem redefinir completamente o paradigma energético global. Imaginar um futuro em que a Lua fornece não apenas inspiração romântica, mas também recursos energéticos revolucionários, é um testemunho do potencial inexplorado no horizonte da pesquisa energética (CARVALHO, 2009).

## **6.6 A Transição para um Modelo Energético Sustentável: Desafios e Oportunidades**

A transição para um modelo energético sustentável é uma empreitada desafiadora, mas repleta de oportunidades que podem moldar um futuro mais sustentável. No âmago dessa transformação, está a necessidade urgente de superar a dependência de fontes não-renováveis, uma vez que a exploração insustentável desses recursos representa uma ameaça significativa ao meio ambiente. O investimento massivo em infraestrutura e tecnologias limpas é um pré-requisito fundamental para alavancar as fontes renováveis. (CARVALHO, 2009).

## **6.7 Desenvolvimento Tecnológico Impulsionando a Transição**

O avanço tecnológico desempenha um papel central nessa transição. À medida que a eficiência dos painéis solares aumenta e novas tecnologias de armazenamento de energia são desenvolvidas, as fontes renováveis se tornam mais viáveis em termos de custo e eficiência. As baterias de última geração, como aquelas baseadas em tecnologia de estado sólido, prometem revolucionar o armazenamento de energia, proporcionando soluções mais eficazes e duradouras (CAMPOS & FERNANDES, 2017).

## **6.8 Liderança Global em Transição Energética**

O cenário global mostra líderes emergindo na transição para fontes sustentáveis. A China, com seus investimentos maciços em infraestrutura solar, não apenas reduz as emissões de carbono, mas também se posiciona como um líder econômico impulsionado por energias limpas. Paralelamente, os Estados Unidos intensificam seus esforços na geração de energia eólica, contribuindo para a diversificação da matriz energética global e indicando uma mudança significativa em direção a práticas mais sustentáveis (AKLIN & URPELAINEN, 2018).

## **6.9 Desafios Socioeconômicos e Inclusão durante a Transição**

No entanto, a transição energética não está isenta de desafios socioeconômicos. Comunidades e indústrias dependentes de fontes não-renováveis podem enfrentar dificuldades econômicas durante esse período de mudança. Estratégias inclusivas, como programas de treinamento e reciclagem de habilidades, são essenciais para garantir que a transição seja justa e que ninguém seja abandonado nesse processo (AKLIN & URPELAINEN, 2018).

## **6.10 Diversificação e Segurança Energética Global**

A diversificação da matriz energética emerge como uma estratégia fundamental para garantir a segurança energética global. A dependência excessiva de uma única fonte não apenas aumenta a vulnerabilidade a perturbações no fornecimento, como também reduz o risco de conflitos geopolíticos em torno de recursos específicos. A China, ao investir em energia solar, não apenas reduz sua pegada de carbono, mas também diversifica suas fontes, reduzindo a dependência do carvão e do petróleo (AKLIN & URPELAINEN, 2018).

## **6.11 Políticas para a Transição Energética: O Papel Governamental na Mudança**

A promoção de políticas que incentivem a transição energética é essencial. Incentivos fiscais, subsídios e regulamentações que favoreçam fontes limpas de energia desempenham um papel crucial nesse processo. Países como a Alemanha, com sua transição "Energiewende", oferecem um exemplo prático de como políticas governamentais podem acelerar a adoção de

energias renováveis e reduzir a dependência de fontes não-renováveis (AKLIN & URPELAINEN, 2018).

## **6.12 Trilhando um Caminho Sustentável**

Em síntese, a compreensão das disputas territoriais pelas energias sujas e a exploração das energias renováveis são fundamentais para delinear um caminho rumo a uma matriz energética mais sustentável. O mundo não pode mais negligenciar a urgência de abandonar modelos energéticos que geram conflitos e ameaçam a segurança global. Ao considerar não apenas as fontes já estabelecidas, mas também as inovações emergentes, estamos forjando um futuro mais equitativo e ecologicamente saudável, abrindo caminho para o próximo capítulo, onde exploraremos o intrigante papel do hélio-3 na transição para fontes de energia limpas e inexploradas (AKLIN & URPELAINEN, 2018).

## **7. DESCREVER OS BENEFÍCIOS GERADOS PELA MELHOR IMPLEMENTAÇÃO DAS ENERGIAS LIMPAS E COMO O HÉLIO-3 PODERÁ REVOLUCIONAR O CENÁRIO ENERGÉTICO GLOBAL**

A transição para fontes de energia mais limpas não é apenas uma mudança de paradigma; é uma revolução silenciosa que permeia avanços tecnológicos, transformações socioeconômicas e mudanças nas dinâmicas geopolíticas. Este capítulo visa aprofundar a compreensão da complexidade dessas transições, revelando benefícios já tangíveis e explorando o potencial revolucionário atrelado ao hélio-3.

### **7.1 Avanços Tecnológicos e Transformações Socioeconômicas:**

As energias limpas, tais como solar, eólica e hidrelétrica, não são apenas soluções ambientais; são motores de mudança social e econômica. Ressaltam não só a redução da pegada ambiental, mas também a capacidade dessas tecnologias de gerar empregos e impulsionar o crescimento econômico. A busca por soluções energeticamente eficientes não só aborda a urgência climática, mas também propicia uma série de benefícios tangíveis (AKLIN & URPELAINEN, 2018).

No contexto brasileiro, Freitas e Dathein (2013) destacam como a expansão das energias renováveis não apenas diversifica a matriz energética, mas também promove inclusão social e desenvolvimento regional. A geração descentralizada de energia, característica das fontes renováveis, não apenas aumenta a resiliência do sistema, mas também cria oportunidades econômicas em comunidades antes marginalizadas.

A crescente demanda por profissionais qualificados na indústria de energias renováveis contribui para a geração de empregos em diversos níveis, desde a produção de tecnologia até a manutenção de instalações. O investimento em pesquisa e desenvolvimento nesse setor não apenas impulsiona a inovação, mas também gera oportunidades educacionais e de capacitação (CARVALHO, 2009).

## **7.2 Geopolítica das Energias Renováveis:**

A mudança para energias limpas não é apenas uma escolha ambiental, mas uma estratégia geopolítica que redefine a influência das nações. Campos e Fernandes (2017) elucidam como a diminuição da dependência de combustíveis fósseis não só protege contra volatilidades nos preços do petróleo, mas também remodela as relações de poder no cenário global. A busca por segurança energética e independência torna-se uma força motriz crucial na geopolítica da energia.

A diversificação das fontes de energia não apenas diminui a vulnerabilidade de nações a flutuações nos preços do petróleo, mas também diminui a dependência de regiões politicamente instáveis. O poder, historicamente atrelado à posse e controle de recursos fósseis, passa a depender cada vez mais da capacidade de inovação e adoção de tecnologias limpas (CAMPOS; FERNANDES, 2017).

A ascensão de países que investem agressivamente em energias renováveis está alterando a dinâmica geopolítica. China, por exemplo, tornou-se líder na produção de painéis solares e veículos elétricos, influenciando não apenas a economia global, mas também as discussões climáticas. A dependência histórica de nações em desenvolvimento de combustíveis fósseis diminui, proporcionando maior autonomia e capacidade de negociação em escalas globais (CAMPOS; FERNANDES, 2017).

### **7.3 Desafios e Oportunidades em Escala Global:**

Apesar das metas globais estabelecidas em conferências como a ECO-92, os desafios persistem (AHL et al., 2020). A necessidade de infraestrutura adaptada, investimentos substanciais e a superação de resistências políticas e econômicas são obstáculos que requerem cooperação internacional. A implementação eficaz de energias limpas é um compromisso global, e a colaboração entre nações é essencial.

Ahl et al. (2020) ressaltam que, embora essas metas incentivem a conscientização e a colaboração internacional, a concretização efetiva enfrenta desafios significativos. A infraestrutura necessária para a transição energética requer investimentos substanciais, e as resistências políticas e econômicas muitas vezes retardam o progresso. O Protocolo de Kyoto, enquanto marco, evidenciou a complexidade das negociações internacionais e a necessidade de estratégias mais eficazes para lidar com as disparidades entre nações desenvolvidas e em desenvolvimento.

Apesar desses desafios, os benefícios potenciais da transição energética global são significativos. A redução das emissões de gases de efeito estufa pode mitigar os impactos das mudanças climáticas, preservando ecossistemas e garantindo a sustentabilidade a longo prazo. O aumento da eficiência energética e a adoção generalizada de energias renováveis não apenas reduzem a dependência de recursos finitos, mas também estimulam a inovação e a criação de empregos em setores emergentes (AKLIN & URPELAINEN, 2018; AHL et al., 2020).

### **7.4 O Potencial Revolucionário do Hélio-3: Uma Viagem Científica, Econômica e Jurídica pela Lua e Além**

A corrida por fontes de energia sustentáveis e inovadoras levou a humanidade a mirar o espaço, onde uma substância cósmica detém um potencial revolucionário: o hélio-3 lunar. Este elemento, escasso na Terra, é abundante em solo lunar, apresentando-se como um recurso energético de alto valor. Contudo, seu aproveitamento vai além do campo científico, abrangendo dimensões econômicas e jurídicas que são cruciais para entendermos o papel do hélio-3 no futuro energético global. Neste capítulo, exploraremos em detalhes essas facetas, tornando acessíveis conceitos complexos para leitores não especializados (LOVEGREN, 2014).

## 7.5 O Hélio-3 na Lua: Uma Jornada Científica Além da Imaginação

Antes de nos aprofundarmos no potencial energético do hélio-3, é vital compreendermos sua presença na Lua. O estudo "Chemistry on the moon: the quest for helium-3" nos leva a uma viagem científica, revelando a distribuição e a relevância do hélio-3 no solo lunar. Imagine o solo lunar como um quebra-cabeça, e o hélio-3 como a peça que pode desvendar mistérios cósmicos e transformar nosso panorama energético (LOVEGREN, 2014).

A análise "Quantitative estimation of helium-3 spatial distribution in the lunar regolith layer" aprimora ainda mais nossa compreensão. O regolito lunar, uma camada de partículas e rochas na superfície lunar, esconde tesouros em sua composição. Essa pesquisa nos guia na identificação de áreas ricas em hélio-3, um passo fundamental para futuras expedições lunares (FA & JIN, 2007).

A utilização do hélio-3 na produção de energia é viável devido às suas propriedades únicas e à promissora tecnologia de fusão nuclear. A fusão nuclear é o processo em que dois núcleos atômicos se combinam para formar um núcleo mais pesado, liberando uma quantidade significativa de energia. O hélio-3, quando combinado com deutério, outro isótopo de hidrogênio, é uma opção atraente para a fusão nuclear (LOVEGREN, 2014).

A fusão de hélio-3 e deutério resulta em hélio-4, um próton e uma grande quantidade de energia. Esta reação é altamente eficiente e produz energia sem gerar subprodutos radioativos significativos, uma vantagem em comparação com as atuais tecnologias de fissão nuclear. Além disso, a fusão nuclear não apresenta os mesmos riscos associados à fissão, como acidentes nucleares e a produção de resíduos nucleares de longa vida útil. (SABINO et al., 2019)

Vários pontos destacam as razões pelas quais o hélio-3 seria viável para a produção de energia:

**Eficiência Energética:** O processo de fusão nuclear envolvendo hélio-3 é altamente eficiente na geração de energia. Pequenas quantidades de hélio-3 podem produzir grandes quantidades de eletricidade, tornando-o uma fonte potencialmente abundante e eficaz (SIMKO & GRAY, 2014).

**Baixos Resíduos Radioativos:** Ao contrário das usinas nucleares convencionais que geram resíduos radioativos de longa vida útil, a fusão nuclear com hélio-3 produz resíduos mínimos e não

perigosos a longo prazo. Isso aborda preocupações significativas relacionadas à gestão de resíduos nucleares (SIMKO & GRAY, 2014).

**Segurança:** A fusão nuclear é intrinsecamente mais segura do que a fissão nuclear, pois não apresenta o risco de reações em cadeia descontroladas. O hélio-3 oferece uma via para alcançar a fusão nuclear de forma mais controlada e segura (SIMKO & GRAY, 2014).

**Abundância na Lua:** Enquanto o hélio-3 é relativamente escasso na Terra, é encontrado em quantidades significativas na Lua, incorporado no regolito lunar. Essa abundância potencial torna o hélio-3 uma fonte acessível para futuras tecnologias de fusão (FA & JIN, 2007).

No entanto, é importante notar que, apesar das promissoras características do hélio-3, a fusão nuclear em si ainda enfrenta desafios significativos, incluindo a necessidade de alcançar condições extremas de temperatura e pressão para iniciar e manter o processo de fusão. A pesquisa e o desenvolvimento contínuos são essenciais para superar esses desafios e tornar a fusão nuclear uma realidade prática e escalável (SIMKO & GRAY, 2014).

## **7.6 O Hélio-3 como Força Motriz para a Fusão Nuclear: Uma Revolução na Geração de Energia**

O hélio-3 não é apenas uma curiosidade lunar; é um combustível potencial para a fusão nuclear, um processo que pode revolucionar nossa maneira de gerar eletricidade. Em "Lunar helium-3 fuel for nuclear fusion: Technology, economics, and resources" mergulhamos no mundo da fusão nuclear alimentada por hélio-3 (SIMKO & GRAY, 2014).

Imagine um reator de fusão como um sol na Terra. Ao fundir átomos de hélio-3, liberamos uma quantidade incrível de energia. Isso contrasta com as atuais usinas de fissão nuclear, que geram resíduos radioativos. A fusão nuclear com hélio-3 promete uma fonte de energia limpa e praticamente livre de resíduos, promovendo uma mudança radical em nossa abordagem à energia (SIMKO & GRAY, 2014).

## **7.7 O Hélio-3 como Commodity Global: Explorando as Dimensões Econômicas**

A transição para uma economia baseada em hélio-3 não é apenas uma fantasia científica, mas uma possibilidade econômica tangível. A análise de Simko e Gray (2014) explora as

implicações econômicas dessa transição. Em vez de simplesmente ser um elemento raro, o hélio-3 torna-se uma commodity global, com um mercado que se estende para além das fronteiras da Terra.

Para visualizar isso, imagine transações comerciais envolvendo não apenas países, mas também empresas espaciais. A exploração lunar, antes um capítulo da ficção científica, torna-se um cenário de negócios global, onde o hélio-3 é a moeda de troca. Essa perspectiva nos leva a questionar não apenas como podemos explorar a Lua, mas como podemos gerenciar seus recursos de forma ética e equitativa (SIMKO & GRAY, 2014).

### **7.8 Desafios Jurídicos da Exploração Lunar: Definindo as Regras do Jogo**

Com o hélio-3 emergindo como um recurso global, a questão jurídica torna-se premente. Em "DERECHO DE USO PARA LA EXPLOTACIÓN DEL HELIO-3 DE LA LUNA COMO PARTE DE UNA PROPUESTA DE LINEAMIENTOS GENERALES" (CORDERO, 2019), exploramos o quadro jurídico dessa nova fronteira.

Imagine a Lua como um território internacional. Quem detém o direito de extrair hélio-3? Como garantimos que a exploração lunar beneficie a humanidade como um todo? Essas são questões fundamentais que precisam ser resolvidas antes que a Lua se torne um campo de exploração comercial. A ausência de regulamentações claras pode levar a conflitos globais, destacando a urgência de estabelecer diretrizes jurídicas para a exploração lunar (CORDERO, 2019).

### **7.9 Ética Espacial: Considerações Sustentáveis e Sociais na Exploração Lunar**

À medida que planejamos a exploração lunar, a ética desempenha um papel crucial. Layrargues (2017) nos alerta para a necessidade de considerações éticas na transição para fontes de energia mais limpas. No contexto lunar, isso significa garantir que nossa busca por hélio-3 não destrua ecossistemas ou prejudique comunidades.

Pense na responsabilidade de criar não apenas regulamentações legais, mas também códigos éticos para a exploração lunar. Devemos garantir que nossa busca pelo hélio-3 seja conduzida de maneira sustentável e justa, respeitando não apenas os interesses econômicos, mas também o ambiente lunar e suas possíveis futuras colonizações humanas.

## **7.10 Cooperação Global para o Futuro Espacial: Um Chamado à Ação Coletiva**

Ao considerar as dimensões científicas, econômicas, jurídicas e éticas da exploração lunar, surge uma necessidade premente de cooperação global. Nakicenovic et al. (1998b) discutem a importância de abordar as questões espaciais como um esforço coletivo.

Imagine países, empresas e cientistas colaborando em projetos lunares, compartilhando recursos e conhecimento. A exploração lunar, em vez de ser uma competição, torna-se uma empresa conjunta para a humanidade. Ao construir acordos internacionais que regulamentam a exploração lunar, protegem o meio ambiente espacial e garantem a equidade na distribuição dos benefícios, avançamos rumo a um futuro energético sustentável e colaborativo (CORDERO, 2019).

## **7.11 Enfrentando desafios para uma nova jornada**

Este capítulo não apenas explora o potencial revolucionário do hélio-3, mas também destaca os desafios que enfrentamos ao trilhar essa jornada. Do laboratório de pesquisa ao solo lunar, das mesas de negociação aos tribunais internacionais, a exploração do hélio-3 é uma narrativa complexa e multifacetada.

Imagine um futuro em que nossas casas sejam iluminadas pela fusão nuclear, onde a exploração lunar seja uma realidade cotidiana e onde a ética guie nossas ações no espaço. Esse futuro não é uma fantasia distante, mas uma possibilidade tangível se enfrentarmos os desafios com coragem e cooperação.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste trabalho, exploramos os intrincados caminhos da transição para fontes de energia mais limpas, destacando os benefícios socioeconômicos, as implicações geopolíticas e, finalmente, adentrando o promissor mundo do hélio-3 como uma alternativa revolucionária no cenário energético global.

A transição para energias limpas, notadamente solar, eólica e hidrelétrica, revelou-se não apenas uma necessidade ambiental, mas um catalisador para o crescimento econômico e a inclusão social. As pesquisas de Almeida (2022) e Freitas e Dathein (2013) evidenciam como a diversificação da matriz energética no Brasil não apenas reduz a pegada ambiental, mas também promove desenvolvimento regional e inclusão social.

A geopolítica das energias renováveis, conforme discutido por Campos e Fernandes (2017), destaca a busca por segurança energética como uma força motriz nas decisões políticas globais. A redução da dependência de combustíveis fósseis não apenas fortalece a segurança nacional, mas também altera dinâmicas de poder, diminuindo a influência de nações ricas em recursos fósseis.

No entanto, os desafios persistem. A necessidade de infraestrutura adaptada, investimentos significativos e a superação de resistências políticas e econômicas são mencionadas por Ahl et al. (2020) como obstáculos que permeiam o caminho da transição energética global. A complexidade das negociações internacionais, como evidenciado pelo Protocolo de Kyoto, destaca a urgência de ações coordenadas em uma escala global.

Em um horizonte futurista, introduzimos o hélio-3 como uma possível solução para os desafios energéticos. Lovegren (2014) e Simko e Gray (2014) apresentam uma visão fascinante de como o hélio-3, abundante na Lua, poderia ser a chave para a fusão nuclear, prometendo uma fonte de energia limpa, eficiente e praticamente livre de resíduos.

A exploração lunar, enquanto se insere no cenário de negócios global, também levanta questões jurídicas cruciais. Cordero (2019) destaca a importância de estabelecer diretrizes claras para a exploração do hélio-3 na Lua, evitando conflitos e garantindo benefícios equitativos para a humanidade.

Considerações éticas, conforme apontado por Layrargues (2017), emergem como pilares essenciais na transição para fontes de energia mais limpas e na exploração lunar. A busca por soluções deve ir além da eficiência técnica, garantindo equidade social e respeito ao meio ambiente.

O chamado à cooperação global, discutido por Nakicenovic et al. (1998), ressoa como um lembrete crucial de que a jornada rumo a um futuro sustentável requer esforços conjuntos. A exploração lunar, longe de ser uma competição, torna-se uma colaboração para o benefício coletivo da humanidade.

Concluimos, assim, que a transição para fontes de energia mais limpas é uma jornada multifacetada, repleta de desafios e oportunidades. O hélio-3, como uma peça intrigante desse quebra-cabeça, oferece uma visão futurista e promissora. Contudo, é essencial abordar não apenas as dimensões científicas e econômicas, mas também as implicações éticas e jurídicas para garantir que este futuro seja verdadeiramente sustentável e acessível a todos.

Este trabalho, ao integrar diversas perspectivas e fontes de conhecimento, busca contribuir para o entendimento abrangente das complexidades envolvidas na busca por solucionar o problema de escala global, causado pelo uso desenfreado de energias sujas, através de uma matriz energética global mais sustentável e inovadora. Que as reflexões aqui apresentadas inspirem ações concretas em direção a um futuro onde a energia seja não apenas uma força motriz, mas uma força para o bem comum.

## 9. REFERÊNCIAS

AKLIN, M.; URPELAINEN, J. "Political Economy of Energy Transitions: The Case of Technological Innovation in the Renewable Energy Sector." 2018. Livro. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=\\_2FSDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=M+Aklin+,+J+Urpelainen++2018&ots=TIRoJdKAN8&sig=IOahA471fiMlqMICuH-vE5Nv\\_aU](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=_2FSDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=M+Aklin+,+J+Urpelainen++2018&ots=TIRoJdKAN8&sig=IOahA471fiMlqMICuH-vE5Nv_aU)>. Acesso em: 18 out. 2023.

AHL, A.; YARIME, M.; GOTO, M.; CHOPRA, S. S.; KUMAR, N. M. Exploring blockchain for the energy transition: Opportunities and challenges based on a case study in Japan. Sustainable Energy Technologies and Assessments, Elsevier, 2020. Artigo. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032119306963>>. Acesso em: 18 out. 2023.

ALMEIDA, C. P. S. O futuro do combustível renovável para aviação comercial. 2022. Disponível em: <<https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/24159>>. Acesso em: 10 nov. 2022.

CAÑELLAS, K. Como ocorre o Aquecimento Global? Disponível em: <<https://www.climaemcurso.com.br/blog/2018/09/09/como-ocorre-o-aquecimento-global-2/>>. Acesso em: 10 mai. 2023.

CAMPOS, A.; FERNANDES, C. "Geopolitics of energy and energy security." 2017. Disponível em: <[https://run.unl.pt/bitstream/10362/41897/1/cf\\_ac\\_tfr\\_geopoliticsofenergy\\_2017.pdf](https://run.unl.pt/bitstream/10362/41897/1/cf_ac_tfr_geopoliticsofenergy_2017.pdf)>. Acesso em: 18 out. 2023.

CARDOSO, Carlos.  $^3\text{He}$  – o que é Hélio-3? 2022. Disponível em: <<https://meiobit.com/459271/3he-o-que-e-helio-3/>>. Acesso em: 10 nov. 2022.

CARVALHO, Joaquim Francisco de. O declínio da era do petróleo e a transição da matriz energética brasileira para um modelo sustentável. 2009. Tese (Doutorado em Energia) - Energia,

University of São Paulo, São Paulo, 2009. doi:10.11606/T.86.2009.tde-10062011-163905. Acesso em: 18 out. 2023.

CICLOVIVO. Poluição por combustíveis fósseis provoca 1 em cada 5 mortes no mundo. Disponível em: <<https://ciclovivo.com.br/planeta/meio-ambiente/poluicao-por-combustiveis-fosseis-provoca-1-em-cada-5-mortes-no-mundo/>>. Acesso em: 10 jun. 2023.

CORDERO, J. F. G. "DERECHO DE USO PARA LA EXPLOTACIÓN DEL HELIO-3 DE LA LUNA COMO PARTE DE UNA PROPUESTA DE LINEAMIENTOS GENERALES PARA ..." 2019. Disponível em: <[https://spacelaw.uniandes.edu.co/images/Derecho\\_de\\_uso\\_para\\_la\\_explotacion\\_del\\_Helio\\_-\\_3\\_de\\_la\\_luna.pdf](https://spacelaw.uniandes.edu.co/images/Derecho_de_uso_para_la_explotacion_del_Helio_-_3_de_la_luna.pdf)>. Acesso em: 21 out. 2023.

DAROS, H. B. Integração de fontes de energia renováveis. Porto Alegre, BR-RS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Curso de Engenharia Elétrica. 2013.

DOS SANTOS, JE. Entenda a relação entre o fumo do ar, a chuva ácida e a inversão térmica. 2016. Disponível em: <<https://blogdoenem.com.br/poluicao-do-ar-chuva-acida-inversao-termica/>>. Acesso em: 10 jun. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, E. de P. 2022. Matriz energética e elétrica. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 10 nov. 2022.

ENERGÊS. Quais os tipos de fontes de energia primária e secundária? - Disponível em: <<https://energes.com.br/fontes-de-energia/>>. Acesso em: 10 jun. 2023.

FA, W.; JIN, Y.Q. "Quantitative estimation of helium-3 spatial distribution in the lunar regolith layer." 2007. Artigo. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0019103507001285>>. Acesso em: 21 out. 2023.

FREITAS, G. C.; DATHEIN, R. As energias renováveis no Brasil: uma avaliação acerca das implicações para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental. *Revista Nexos Econômicos*, v. 7, n. 1, p. 71-94, 2013. Acesso em: 10 nov. 2022.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energias renováveis: um futuro sustentável. *Revista USP*, [S. l.], n. 72, p. 6-15, 2007. DOI: 10.11606/issn.2316-9036.v0i72p6-15. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/13564>>. Acesso em: 28 nov. 2022.

LIMA, R. A. A produção de energias renováveis e o desenvolvimento sustentável: uma análise no cenário da mudança do clima. *Revista Direito E-nergia*, [S. l.], v. 5, 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufrn.br/direitoenergia/article/view/5145>>. Acesso em: 29 nov. 2022.

LOVEGREN, N. "Chemistry on the moon: the quest for helium-3." 2014. Artigo. Disponível em: <[http://21sci-tech.com/Articles\\_2014/Moon\\_Chemistry.pdf](http://21sci-tech.com/Articles_2014/Moon_Chemistry.pdf)>. Acesso em: 21 out. 2023.

MCCARTHY, K.A.; DAYTON, E. (Ed.). "Safety and environmental aspects of fusion power." 1993. United States: International Academy of Science. Disponível em: <[https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig\\_q=RN:26004069](https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:26004069)>. Acesso em: 21 out. 2023.

NAKICENOVIC N, GRÜBLER A, MCDONALD A (1998b) *Perspectivas energéticas globais*. Imprensa da Universidade de Cambridge, Cambridge. Acesso em: 02 jun. 2023.

SABINO, A. C.; CAMPOS, A. M.; MORAIS, D. T. et al. A utilização do software Maxima no ensino por investigação da evolução estelar utilizando simulação gráfica da fusão nuclear. *Revista Brasileira de Ensino de Física, SciELO Brasil*, 2019. Artigo. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/hjSGx8TdVJXTmRnWqBDmxSt/>>. Acesso em: 21 out. 2023.

SIMKO, T.; GRAY, M. "Lunar helium-3 fuel for nuclear fusion: Technology, economics, and resources." 2014. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1946756714536142>>. Acesso em: 21 out. 2023.