

‘PECE – PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA EM ENGENHARIA
ESPECIALIZAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS, GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O Papel das energias renováveis na redução de gases estufas

WERIK DE SOUSA SANTANA

São Paulo
2024

O Papel das energias renováveis na redução de gases estufas

WERIK DE SOUSA SANTANA

Monografia escrito para o PECE – programa de educação continuada em engenharia – em especialização em energias renováveis, geração distribuída e eficiência energética, afim de obter o título de especialista em Energias renováveis.

Orientadora: Hirdan Katarina de Medeiros
Costa

São Paulo
2024

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Explicação do efeito estufa	11
Figura 2 – Aumento de CO ₂ na atmosfera	12
Figura 3 – James Watt	13
Figura 4 – Máquina Rotativa do James Watt.....	14
Figura 5 – Efeito Estufa X Aquecimento Global.....	15
Figura 6 – COP 21	16
Figura 7 – Divisão da energia solar no planeta	18
Figura 8 – Orbita da Terra em diferentes épocas do ano	21
Figura 9 – Painel Solar e Coletor Solar	22
Figura 10 – Comportamento do vento em diferentes terrenos	23
Figura 11 – Turbinas eólica	24
Figura 12 – Modelo de Dispositivo Maremotriz	25
Figura 13 – Biodigestor RSU.....	26
Figura 14 – Arco-íris do hidrogênio	27
Figura 15 – Estação H ₂ USP	29
Figura 16 – Modelo geotérmico.....	30
Figura 17 – Usina Geotérmica.....	31
Figura 18 – Funcionamento de uma hidrelétrica	33
Figura 19 – Modelos das turbinas hidrelétricas elétrica	33
Figura 20 – Principais fontes das Matrizes Energética.....	37
Figura 21 – Crescimento das renováveis 2023	39
Figura 22 – Diferença entre as termelétricas.....	40
Figura 23 – Avanço das transições energéticas	42
Figura 24 – Monetizando o GN do pré-sal	49
Figura 25 – Método BECCS	55
Figura 26 – método DACCS.....	56
Figura 27 – Etapas da tecnologia CCS	57
Figura 28 – Projetos de 2022	58
Figura 29 – Principais setores para aplicação de CCS	61
Figura 30 – Evolução das emissões China	64
Figura 31 – Evolução das emissões EUA	65
Figura 32 – Evolução das emissões Índia	65
Figura 33 – Evolução das emissões do Brasil.....	67
Figura 34 – Aumento das temperaturas nos continentes	68
Figura 35 – Professor Pacheco	79
Figura 36 – Professor Demetrio	82
Figura 37 - Professor Gerhard.....	83
Figura 38 – Estação H ₂ da USP Finalizada.....	89
Figura 39 – Processo de Etanol para H ₂	90

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABTCP	Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BECCS	Armazenamento do Carbono Advindo da Captura em Plantas de Bioenergia
BEN	Balanco Energético Nacional
<i>BENCHMARK</i>	Pontos de Referências
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
<i>CAP-ROCK</i>	Uma Camada de Rocha Impermeável
CCS	Captura e Sequestro de Carbono
CCUS	Captura, Utilização e Sequestro de Carbono – vem da sigla em inglês Carbon Capture, Utilisation and Storage
CFC	Clorofluorcarboneto
CGH	Centrais Geradoras Hidrelétricas
CH ₄	Metano
CIETEC	Centro de Inovação, Empreendedorismo e Tecnologia
CIMATEC	Campus Integrado de Manufatura e Tecnologias – Senai Cimatec na Bahia –
CO ₂	Dióxido de carbono
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
COP	Conferências das partes (reuniões anuais sobre mudanças climáticas)
CV	Cavalo-Vapor
DACCS	Armazenamento do Carbono Captura Direta do Ar
E&P	Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural
EMTU	Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo
EPUSP	Escola Politécnica – Universidade de São Paulo
ESG	Environmental, Social and Governance – Ambiental, Social e Governança

EUA	Estados Unidos das Américas
FEI	FEI Fundação Educacional Inaciana Padre Sabóia de Medeiros
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FUE	Fator de utilização
GEE	Gases de Efeito Estufa
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit – Empresa Alemã Que Atua no Brasil Desde 1993 Com Renováveis –
GN	Gás Natural
GNL	Gás Natural Liquefeito
H ₂	Hidrogênio
HP	Horse Power
ICB	Índice de Custo Benefício
ICT	Instituto de Ciência e Tecnologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas de SP
IRA	Lei de Redução da Inflação
LET	Laboratório de Engenharia Térmica
MMGD	Micro e Minigeração Distribuída
N ₂ O	Óxido nitroso
NASA	National Aeronautics and Space Administration (Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço dos Estados Unidos)
NDC	Contribuições Nacionalmente Determinadas
NET ZERO	Expressão Usada Como Zero Emissão de Carbono
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OIE	Oferta Interna de Energia
ONU	Organização das Nações Unidas
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PEM	Células a Combustível de Membranas Polimérica

PIB	Programa Prioritário de Termelétricidade
PIS	Contribuição para os Programas de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público
PIUP	Setor de Processos Industriais e Uso de Produtos
PPT	Ministério de Minas e Energia
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SIN	Sistema Interligado Nacional
SISEA	Laboratório de Sistemas Energéticos Alternativos
<i>SPREAD</i>	Diferença Entre o Menor e Maior Preço
UEP	Unidade Estacionária de Produção
UFRJ/COPPE	Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro
UHE	Usina Hidrelétrica de Energia
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
USP	Universidade de São Paulo
VARRIDO	Porcentagem do Reservatório Que Entra Em Contado Com o Fluido Injetado
WEG	Empresa da área elétrica que tem a iniciais de seus fundadores – Werner, Eggon e Geraldo

RESUMO

Atualmente estamos vivendo em um período em que está ocorrendo um aumento da temperatura do planeta, tudo isto por conta da influência da humanidade. Como explicar? Do que se trata tudo isso? E como podemos reverter? Essas são perguntas que serão respondidas nesta monografia, para isto, será utilizado o contexto histórico para entender o início de tudo e para a última pergunta feita falaremos das energias renováveis como um aliado à solução desses fenômenos que vem causando perturbações em nosso planeta.

ABSTRACT

We are currently living in a period in which the planet's temperature is rising, all due to the influence of humanity. How can we explain this? What is all this about? And how can we reverse it? These are questions that will be answered in this article. To do this, we will use the historical context to understand how it all began. For the last question, we will talk about renewable energy as an ally in solving these phenomena that have been causing disturbances on our planet.

Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	11
3	INÍCIO DO AUMENTO DOS GEES.....	13
4	AQUECIMENTO GLOBAL.....	15
5	ENERGIAS E SUAS FORMAS.....	18
6	ENERGIAS RENOVÁVEIS.....	21
6.1	Energia solar.....	21
6.2	Energia eólica.....	22
6.3	Energia maremotriz.....	24
6.4	Biomassa e Cogeração.....	25
6.5	Hidrogênio H₂.....	27
6.6	Energia geotérmica.....	29
6.7	Energia hídrica.....	31
6.7.1	Funcionamento das hidrelétricas.....	32
7	MATRIZ ENERGÉTICA.....	35
7.1	Matriz Mundial.....	35
7.2	Matriz energética brasileira.....	37
7.2.1	Usinas termelétricas.....	39
8	TRANSIÇÃO ENERGÉTICA.....	41
8.1	Gás Natural.....	46
8.2	Aspecto para uma Transição Energética.....	50
8.3	Captura e Sequestro de Carbono (CCS).....	54
9	EMISSÕES DE CO₂.....	64
10	CONCLUSÃO.....	70
	REFERÊNCIAS.....	72
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ENTREVISTADOS.....	79
	ANEXO A – RESPOSTA DA SHELL.....	89

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, ano de publicação deste artigo, e anos anteriores, mas recentes, temos visto muitas catástrofes no mundo. Com o avanço da tecnologia em que as informações estão na palma da mão, sabemos de tudo quase que de forma instantâneas. Os brasileiros adoram uma previsão do tempo saber a boa do final de semana, logo todos já devem ter ouvidos falar em El Niño e La Niña. Como não é citado no artigo, fica adiantado por conhecimento adquirido anteriormente deste artigo do autor que El Niño é o aquecimento do Oceano Pacífico e La Niña é o resfriamento do Oceano Pacífico.

Todos que forem ler este artigo, já ouviram falar dos gases estufas, nem todos sabem realmente do que se trata e as medidas que podem ser tomadas. Isto é uma das informações encontrada aqui, também será falado de como esses gases conseguem influenciar nas mudanças climáticas (com consequências de catástrofe).

A ideia deste artigo foi em descobrir um pouco mais sobre o assunto, e de quebrar poder explicar ao público leigo um pouco sobre as energias renováveis e porque são a sensação do momento, tanto que este artigo apesar e servir como base para futuros profissionais e especialistas, pensando nos leigos, evitou usar palavras rebuscadas e também procurou explicar o significado de todas as siglas e expressões usadas por especialistas da área, afim de facilitar a leitura para todos inclusive aos alunos de ginásios que podem se deparar com este artigo na internet.

A formação do artigo foi baseado em diversas fontes, tanto físicas quanto digital, para que a informação seja a mais precisa possível, foi utilizado bastante figuras, de forma a facilitar o entendimento de todos.

Outra informação importante é como poderemos reverter se é que é possível (Leiam o artigo) reverter esses fenômenos que tem acontecido com nosso planeta. Para aquele que se interessarem mais por esta informação, avancem para transição energética, porém é importante um conhecimento prévio de matriz energética se não for o caso, comecem por lá.

O começo deste artigo, vai falar sobre os gases de efeito estufa e aquecimento global, (adiantando que esses gases são importantes para a vida no planeta). Na sequência por contexto histórico será contado como tudo começou. Seguindo o

caminho histórico será falado sobre as COPs e para que que servem e como começaram.

Na sequência será mostrado os tipos de energias, de forma não muito aprofundada pois não é o foco, mas que em seguida pode ajudar a entender sobre as energias renováveis, inclusive sobre sua definição.

Em matriz energética, entenderá do que se trata e quais são as que o Brasil utiliza, para que enfim se possa mostrar as possíveis soluções para o mal do aquecimento global e as providências globais. O leitor verá que apesar de diversas autorias de pesquisas as informações de cada autor começam a se completar e algumas vezes um reforça o argumento do outro, mostrando a seriedade das pesquisas e a confiabilidade do artigo além de procurar trabalhar com dados mais atuais e confiáveis encontrado.

2 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

As mudanças climáticas estão aí por conta da influência da humanidade, cientistas usam alguns termos que serão explicados aqui para facilitar o entendimento do leitor.

Começando pelo Efeito estufa: se trata de um efeito natural do planeta. Quando o sol envia sua radiação para a terra, uma parcela é absorvida pelas vidas no planeta e outra parte é devolvida para a atmosfera e na atmosfera, existem gases que absorvem parte da radiação que é repelida, acompanhe a explicação na Figura 1.

Figura 1 – Explicação do efeito estufa



Diagrama explicando o efeito estufa.

Fonte: Novais (2024)

Novais (2024) afirma que sem toda essa absorção a temperatura superficial da terra seria menos 30°C e estaria em torno de -18°C fazendo com que nossos

continentes tivessem espessas camadas de gelo e também seria difícil a vida em um planeta como conhecemos. Um exemplo citado, é o efeito de quando colocamos um casaco no frio, não é o casaco que nos aquece, e sim ele que impede que o calor do nosso corpo vaze para o ambiente, assim nos mantendo aquecidos.

Os gases que absorvem a radiação, garantido a temperatura do planeta, são chamados de Gases de Efeito Estufa (GEE). Naturalmente eles já existem, porém depois de um período que será explicado mais à frente a humanidade vem produzindo-os também. Temos como principais: Metano (CH_4), Óxido nitroso (N_2O) e Dióxido de carbono (CO_2), este sendo o que impacta mais no aumento da temperatura do planeta, a Figura 2 traz uma amostra do que emite CO_2 na nossa atmosfera. Como suas produções vem ocorrendo desenfreadamente, esse acúmulo de radiação preso à terra, tem gerado o Aquecimento Global (outro termo muito utilizado) que na verdade nada mais é que a resposta do planeta em busca de um reequilíbrio.

Figura 2 – aumento de CO_2 na atmosfera



As atividades humanas fazem com que os níveis de CO_2 atmosférico atinjam níveis jamais alcançados na história do planeta.

Fonte: Novais (2024)

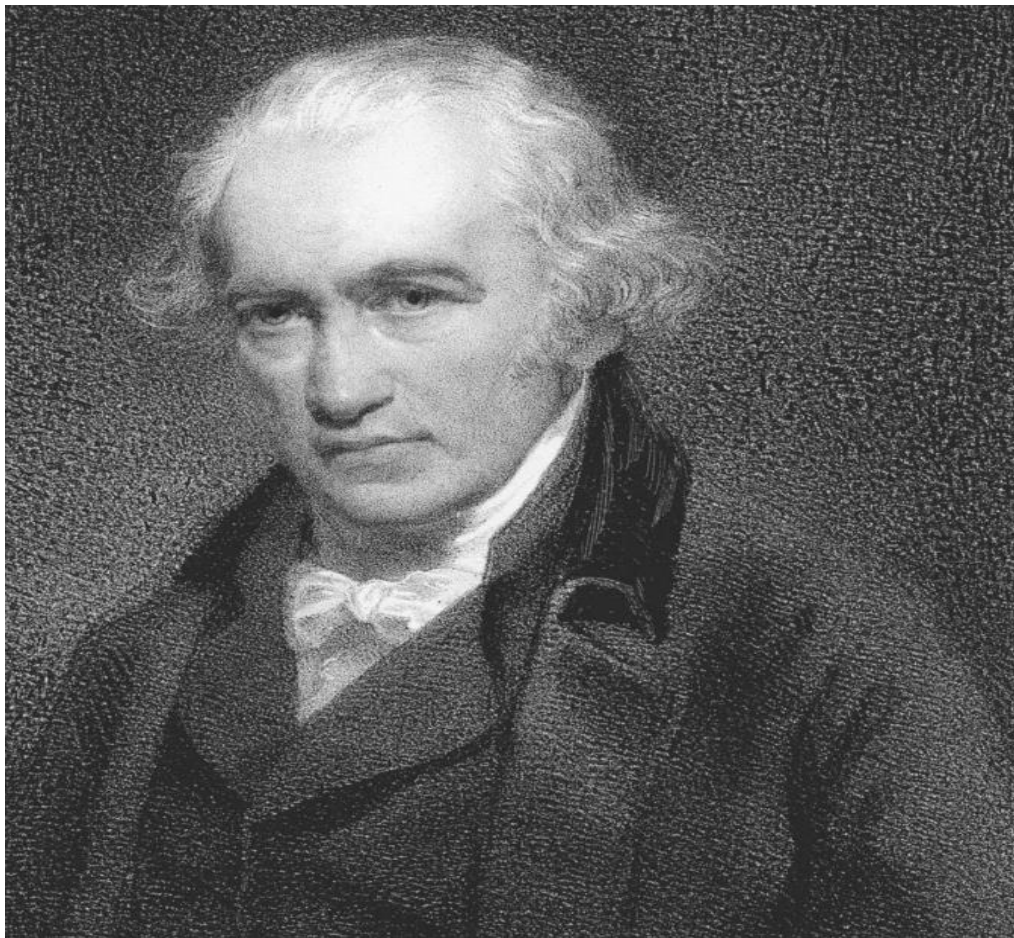
Novais (2024) afirma, que o CO_2 é responsável por cerca de 60% do efeito estufa, podendo perdurar na atmosfera por até 1000 anos, e como a própria imagem mostra, esse CO_2 extra é gerado pelas invenções humanas, lembrando que existem outros GEEs, alguns mais letais que o CO_2 como o exemplo do Óxido nitroso (N_2O) que é 280 mais potente para causar o Aquecimento Global. Entenda na próxima seção como se iniciou a emissão em excesso que está prejudicando nosso planeta atualmente.

3 INÍCIO DO AUMENTO DOS GEES

Algumas ações geram o aumento de CO₂ na atmosfera, entre elas o uso de combustíveis fósseis como carvão mineral, diesel e querosene de avião.

Tudo começou na Inglaterra com a revolução industrial. A revolução industrial se dá a um homem, James Watt. A Figura 3 é uma imagem de como ele era.

Figura 3 – James Watt



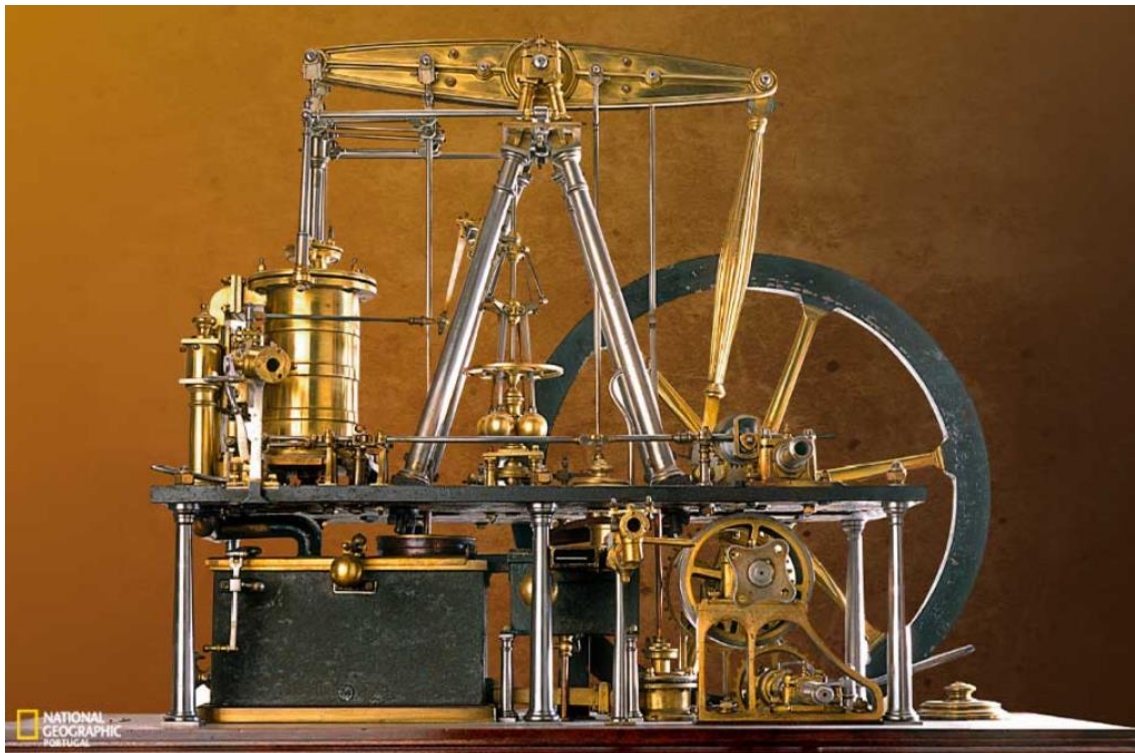
Fonte: Kingsford (2024)

Ele nasceu na Escócia, porém foi na Inglaterra que abriu sua oficina e recebeu uma máquina a vapor da época, isto ocorrera em 1764. Ao analisar a máquina, ele notou que perdera muito calor, por volta de dez anos após descobriu uma solução inventada por ele mesmo o Condensador Separado.

Com a melhoria feita, em 1780, seu sócio Matthew Boulton antecipando um novo mercado na área de algodão, milho e malte, incentivou James Watt a adicionar

rotação nas máquinas a vapor, assim tornando-a muito procurada por moinhos de algodão, farinha e ferro, fábrica de papel, obras hidráulicas entre outras. Por conta de sua aceitação rápida pelas indústrias, considera-se Watt como o pai da primeira revolução industrial. Na Figura 4 veja como era a máquina com a solução inventada por Watt.

Figura 4 – Máquina Rotativa do James Watt



Fonte: James (2022)

Estamos vivendo a quarta fase da revolução industrial, para nós o importante são as duas primeiras fases. A primeira fase com a máquina a vapor, começou a era da industrialização junto a exploração de carvão mineral no século XVIII. Já no século XIX, a com a busca por novas fontes energéticas e a descoberta do petróleo, inicia-se a segunda fase da revolução industrial.

Como mostrado com fatos históricos, faz mais de duzentos anos que a humanidade vem utilizando os combustíveis fósseis de forma demasiada, iniciando desde a primeira fase da revolução industrial, as emissões de gases estufas no planeta, que nos dias atuais tem nos causados mudanças climáticas por intermédio do aquecimento global. Entenda melhor a diferença entre efeito estufa e aquecimento global.

4 AQUECIMENTO GLOBAL

O aquecimento global é a maneira que o nosso planeta encontrou para poder ter novamente seu equilíbrio energético. Para isso, quais consequências a humanidade foram submetidas para tal equilíbrio? Entenda as diferenças entre efeito estufa e aquecimento global mostrado na Figura 5.

Figura 5 – Efeito Estufa X Aquecimento Global

Efeito estufa	Aquecimento global
Fenômeno natural resultante da retenção de uma parte do calor emanado pelo Sol para o planeta Terra.	Fenômeno de origem antrópica, isto é, causado pela ação dos seres humanos. Mesmo surgindo da atividade humana, reflete diretamente no meio natural.
Ocasionado pelos chamados gases do efeito estufa (GEE), os quais impedem que parte do calor retorne para o espaço, ficando retido no planeta. Tais gases são vapor d'água, dióxido de carbono (CO ₂), metano (CH ₄) e clorofluorcarboneto (CFC).	Ocasionado pela ampliação da emissão de gases do efeito estufa, principalmente o CO ₂ , o que aumenta a retenção de calor pela atmosfera e torna o efeito estufa mais intenso.
Por conta do efeito estufa, foi possível o desenvolvimento e a manutenção de diferentes formas de vida no planeta, inclusive a humana. É, portanto, muito benéfico para a Terra.	Por conta do aquecimento global, as temperaturas médias do planeta Terra têm aumentado acima da média, o que causa problemas como as mudanças climáticas, que ameaçam o equilíbrio ambiental e a manutenção das espécies.

Fonte: Guitarrara (2024b)

A Agência Espacial Norte Americana (Nasa) estima que em 2023 a terra estava 1,36 °C mais quente que na média do período pré-industrial e que a maior parte do aquecimento, ocorreu a partir da segunda metade da década de 1970, sem falar que as medições dos últimos 10 anos são as mais altas registradas desde o início.

Esse aumento de temperatura é apenas uma das consequências, temos também o derretimento das calotas polares, subindo o nível do mar, podendo ocasionar o desaparecimento de ilhas e cidade litorâneas. Outras consequências são: Pessoa refugiadas sem abrigos por conta de desastres naturais, trinta por cento das espécies do planeta correm risco de desaparecer (Guitarrara, 2024b).

Perturbação nos ecossistemas e biogeoquímicos na natureza, problemas agrícolas com temperaturas desreguladas (Calor e frio fora de época) e também doenças provocadas pela poluição e outras alterações em nosso clima.

Faz um pouco mais de meio século que a comunidade internacional está preocupada com as condições de nosso planeta. A primeira grande convenção a se discutir o quanto as atitudes da humanidade vêm prejudicando o planeta foi a Estocolmo-72 e tornou assunto principal com a ECO-92.

Na ECO-92 175 países que entenderam a necessidade de uma atitude de todos, para pararmos as mudanças climáticas, e a partir deste acontecimento, passaram a se reunir anualmente desde 1995, essas conferências passaram a ser chamadas de (COPs - Conferência das partes).

Durante a COP 21(

Figura 6), feita em paris em 2015, 195 países assinaram um acordo com o objetivo de manter o aumento da temperatura média global abaixo de 2°C em relação aos níveis pré-industriais e limitar tal aumento a 1,5 °C

Figura 6 – COP 21



José Serra, Michel Temer, Rodrigo Maia e Sarney Filho participaram da ratificação do Acordo de Paris, que pretende conter o aumento da temperatura global

Fonte: Brasil [...] (2016)

Dentre estes países, está o Brasil, que atualmente em 2024, encontra-se como um dos maiores emissores de gases estufas do mundo, por causa dos desmatamentos provocados para as terras serem usadas em produção primárias, considera-se desmatamento como emissão, pelo fato das áreas de florestas, serem consideradas grandes reservatórios e sumidouros de carbono, capazes de absorverem e estocar CO₂ e quando ocorre incêndios nas florestas, ou elas são desmatadas, todo esse Carbono armazenado, é liberado para a nossa atmosfera. Recentemente, isto tem sido a maior causa das emissões de poluentes no Brasil.

Outra causa para o Brasil, está na agropecuária, que por conta das criações de animais, que acaba provocando a liberação do Gás Metano (CH₄). Isto aliado ao desmatamento, coloca o Brasil ao lado de China, Estados Unidos e Japão como maiores emissores de GEEs.

Em 2023 em Dubai ocorreu a COP 28, nela demonstraram preocupação de não conseguirem reduzir as emissões de carbono suficiente para cumprir as metas do acordo de Paris. Outro ponto, comenta sobre a captura de carbono, defendendo investimentos em tecnologias com zero ou baixa emissão, além da possibilidade de armazenar e transformar o carbono retirado da atmosfera em outras substâncias, porém o texto não cobra mais investimentos de quem emita mais carbono efetivamente, causando receios de que a responsabilidade recaia apenas nos países que detêm grandes extensões de florestas (reservatórios naturais). Na reunião foi discutido também sobre combustíveis fósseis, apontando pela primeira vez a necessidade de uma transição energética, porém não cita sobre extinguir o seu uso mesmo com a meta da (Organização das Nações Unidas - ONU) definindo esse feito até 2050.

Se tratando de Energias Renováveis, o acordo pretende triplicar a capacidade de energia renovável a nível mundial e duplica sua eficiência, porém não leva em conta as dificuldades de cada país tenha para se conseguir o objetivo.

Tamanho preocupação mostra o quão importante as renováveis são quando pensamos em um planeta com melhores condições ambientais para se viver sem mudanças climática e aquecimento global. A partir daqui, entenda mais sobre o assunto, e como surge as fontes de energia utilizada nas renováveis.

5 ENERGIAS E SUAS FORMAS

A fonte de toda energia do nosso planeta vem do sol. Como citado anteriormente, os raios ultravioletas entram no planeta terra e parte retorna ao universo, os raios ultravioletas, também são uma forma de energia e é exatamente essa entrada e saída de energia em perfeito equilíbrio que mantém a temperatura do planeta. A energia da radiação solar que entra, está em torno de 173.000 TW (173.000×10^{12} W) e cerca de 30 % retorna da radiação que entrou 52000 TW (52.000×10^{12} W) são refletidos de volta para o espaço interplanetário. Vale ressaltar a contribuição das marés que é de (3 TW), e as fontes de calor de calor do planeta são em sua maioria radioativa e equivalem a (32 TW). A Figura 7 compila todas essas informações.

Figura 7 – Divisão da energia solar no planeta

Radiação solar 173.000 TW	{	Reflexão direta	52.000TW	(30%)	}	Radiação de onda curta
		Conversão direta para o calor	78.000TW	(45%)		
		Evaporação de água	39.000TW	(22%)		
		Vento & ondas	3.600TW	(2%)		
		Fotossíntese	40TW	(0,02%)		
		Marés	3 TW		}	Radiação de onda longa
	{	Geotérmicos	Vulcões & Fontes termais	0,3 TW		
		Condução na rocha	32 TW			

Fonte: Rosa (2015, p. 7)

“[...] a origem da palavra energia provém do grego, e seu significado está associado com a capacidade de realização de trabalho [...]” (Moreira; Grimoni; Rocha, 2023, p. 2).

Há tempos atrás as pessoas já sabiam fazer uso da energia do sol, tem-se notícias de que desde o século VII a.C., já se usava energia solar. Por intermédio de

elementos vitrificados usados como concentradores para a produção de fogo em 640 a.C, foi acesa a chama eterna na Grécia.

Existem diferentes formas de energias e ela pode ser transformada de uma forma para outra por causa do que é chamado de (Processo de conversão de energia), as principais formas de energia são:

- Energia solar: essa energia aproveita as radiações eletromagnéticas do sol, comentada anteriormente, na forma de calor e de luz. Ela é aproveitada para aquecimento de água e também pode ser convertida em energia elétrica.

- Energia eólica: essa energia vem dos ventos, no qual a humanidade já aproveitava desde muito tempo atrás, como por exemplo as embarcações, ou até por intermédio de moinhos. O sistema atual de conversão converte energia mecânica em elétrica. Também haverá uma seção dedicado a ele.

- Energia atômica: produzida a partir da fusão de átomos, possui uma enorme quantidade de energia, porém esse processo tem sido difícil de controlar. Ela pode também ser obtida da fissão de átomos pesados como plutônio e urânio, não tem a mesma intensidade do processo de fusão, porém mais fácil de ser controlada.

- Energia química: é proveniente da acumulação de energia gerada das ligações químicas entre átomos e moléculas tendo como exemplo a gasolina que vem do refino do petróleo, além do carvão mineral que transforma a energia química em vapor. Suas maiores utilizações estão nos processos de combustão de motores de combustão elétrica, mas atualmente tem-se como queridinho para estudos, o hidrogênio e sua utilidade como células de combustível.

- Energia elétrica: ela é medida pela diferença de potencial entre dois pontos, chamamos isto de tensão, os elétrons livres que circulam no condutor, formam a corrente elétrica. Sua potência nada mais é que o produto da tensão com a corrente. Ela é convertida a partir de outras formas, todas as formas citadas anteriormente podem ser convertidas em energia elétrica.

- Energia térmica: apresenta-se na forma de radiação ou energia interna, seu calor pode ser observado apenas onde exista uma diferença de temperatura e a transferência de energia interna de um corpo para o outro, ocorre pelos processos de condução, convecção ou radiação térmica. Se alguém colocar a mão em uma barra de aço aquecida, a mão queimará por conta da condução. A produção de vapor é uma

maneira mais comum para produção de energia, existem termelétricas a carvão, biomassa e nuclear como exemplo.

- Energia mecânica: encontrada na forma de potencial, cinética e eixo girante como eixos de turbinas e motores. A energia potencial acumula-se em molas, gravitacional (caso das hidrelétricas) e gases comprimidos. Já a cinética depende do movimento e velocidade desses corpos (queda da água das hidrelétricas). “Na categoria pode-se citar a energia das marés, energia das ondas do mar e também a energia hidráulica [...]” (Moreira; Grimoni; Rocha, 2023, p. 5).

- Energia eletromagnética: é a energia na forma campos eletromagnéticos, associada ao transporte e transformação da energia em transformadores, e ao funcionamento de motes e geradores elétricos.

6 ENERGIAS RENOVÁVEIS

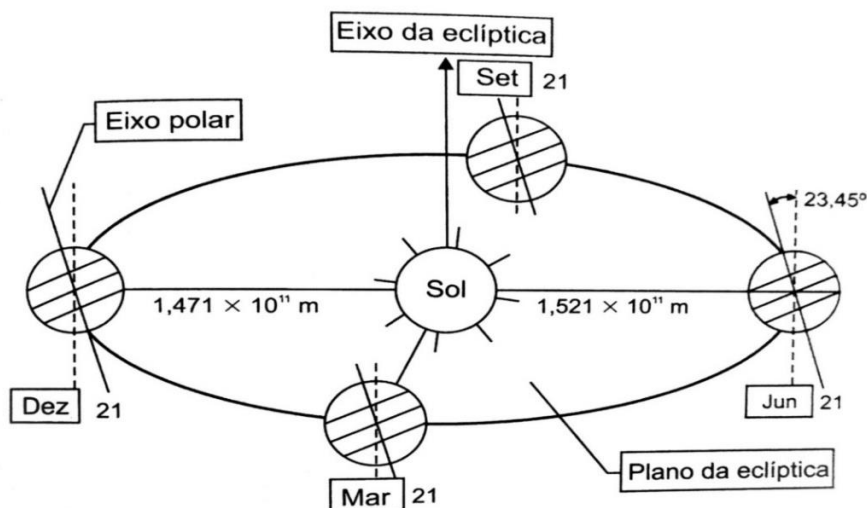
É conhecida como energia renovável, uma energia inesgotável, energia essa que se reestabelece naturalmente, não necessariamente dure 100% do tempo. Isso que difere das energias provenientes dos combustíveis fósseis, uma vez que estes são limitados. Agora conheça todas as energias renováveis disponíveis para uso da humanidade, começando pela mais conhecida por todos, a energia solar.

6.1 Energia solar

Ela aproveita a energia do sol, utilizada ou para aquecimento de água antes de sua utilização, ou para gerar energia elétrica diretamente, ambas as maneiras possuem painéis solares e instalações próprias, diferenciando uma da outra.

Para uma instalação acontecer é necessário fazer um estudo de irradiação, por conta do posicionamento da terra em sua órbita no decorrer do ano, a irradiação é diferente entre localizações diferentes e até mesmo no mesmo lugar em diferentes épocas do ano. Isso ocorre por conta do eixo da terra que no seu ciclo de aproximadamente 365 dias é variável conforme podemos visualizar na Figura 8.

Figura 8 – Órbita da Terra em diferentes épocas do ano



Fonte: Pacheco (2023, p. 225)

Todas as informações sobre a irradiação no local onde será feita a instalação fotovoltaica, poderá ser achado no site <https://www.cresesb.cepel.br/index.php>. Veja na Figura 9 como é o painel fotovoltaico a esquerda na foto, e o painel coletor solar, a direita utilizada para aquecer água no local onde é instalado.

Figura 9 – Painel Solar e Coletor Solar



Fonte: Qual [...] (2024?)

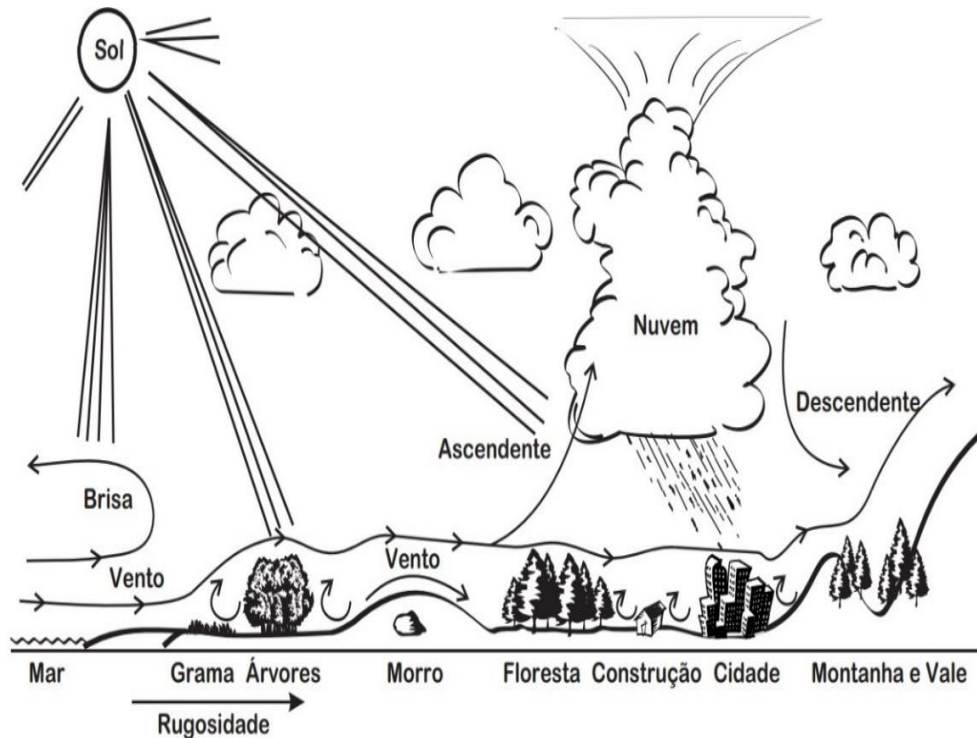
6.2 Energia eólica

Segundo Fadigas e Zachariadis (2023, p. 173)

A energia eólica, ou energia contida nos ventos, consiste em energia cinética resultante do deslocamento das massas de ar com velocidades variáveis no tempo e no espaço, provocadas por efeitos climáticos derivados do aquecimento da terra por radiação solar incidente, rotação e translação da terra, bem como pelos efeitos de superfície (rugosidade do terreno, obstáculos, gradientes térmicos, entre outros)

Veja na Figura 10, o comportamento do vento em diferentes regiões conforme consta na citação.

Figura 10 – Comportamento do vento em diferentes terrenos



Fonte: Atlas Eólico do Brasil (1998) *apud* Dutra ([2008?], p. 21)

Para gerar energia elétrica utiliza-se um gerador eólico chamado de turbina eólica que são classificados de acordo com sua altura e diâmetro como e orientação dos eixos das pás (horizontal ou vertical).

A geração de energia pode ser chamada de Onshore (quando suas turbinas ficam em terra firme) ou Offshore (quando suas turbinas ficam em alto mar). Na Figura 11 mostra exemplos.

Para dados de consulta os dados de vento na região de instalação, é possível baixar o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (2001) no site <https://cresesb.cepel.br/index.php?section=publicacoes&task=livro&cid=1>.

Figura 11 – Turbinas eólica



Fonte: Energia [...] (2024)

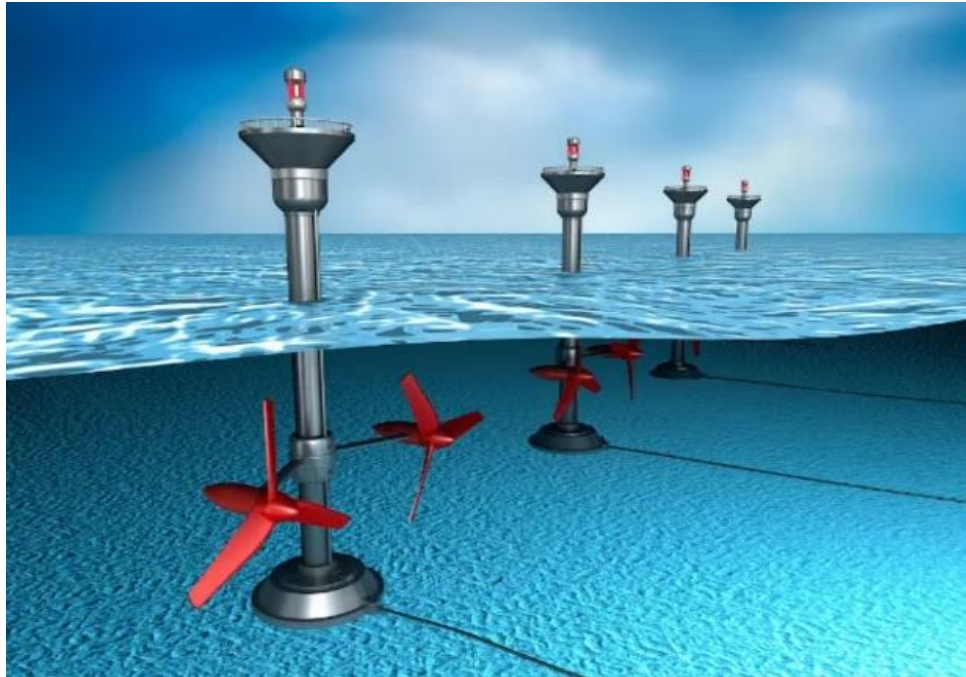
6.3 Energia maremotriz

As marés, são as variações dos níveis dos oceanos, tem-se registros de seu aproveitamento na idade média, utilizada para obter energia mecânica. O que influencia muitos as marés são os movimentos de rotação e translação da lua, que com sua atração gravitacional, causa influência nas marés.

No Brasil aproveitam a energia das marés construindo barragens, e durante a vazante a água passa por turbinas ligada a geradores elétricos e então as comportas das barragens são fechadas antes de o nível do mar desça. Voltando novamente a maré vazante o desnível entre a água represada da externa, fazem a turbina funcionar e ficam até que a altura da queda de água se torne mínima para se gerar energia. Esse processo é chamado de geração em efeito simples. Essa geração é intermitente sua produção de energia dura aproximadamente 3 horas.

Existem diversos dispositivos para se aproveitar a energia das mares e oceanos, a Figura 12 é apenas o exemplo de um deles cujo a turbina é conectada a torres fixas.

Figura 12 – Modelo de Dispositivo Maremotriz



Fonte: Guitarrara (2024b)

6.4 Biomassa e Cogeração.

A biomassa é a matéria orgânica, ou seja, restos de animais e vegetais, utilizada como fonte para a geração de energia. Portanto, é considerada uma fonte energética renovável, uma vez que utiliza elementos naturais que possuem capacidade de regeneração (Biomassa, 2024)¹.

Uma vez definida o que é biomassa, vale a pena ressaltar que ela tem um papel importante como fonte de energia, tanto para o Brasil como para o mundo. Falando do Brasil, a bioenergia que é produzida a partir de biomassa tem sua origem da natureza e também de resíduos gerados pelo homem.

Se tratando de natureza, um exemplo fica pela cana, que sua matéria prima é utilizada para fabricação de açúcar ou etanol e as sobras ou bagaços podem virar energia elétrica ou térmica por conta da cogeração que será comentada neste capítulo.

¹ Fonte não paginada.

Já os resíduos humanos, um exemplo são os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) que podem ser convertidos em biogás ou biometano, ajudando a reduzir as emissões (GEEs) objetivo prioritário da ONU, citada anteriormente, com a finalidade de reduzir os efeitos do aquecimento Global.

Biomassa vai muito além dos exemplos citados é tema para um artigo só sobre ele, a Figura 13 mostra um Biodigestor, equipamento utilizado na decomposição dos resíduos e aproveitamento dos gases gerado no processo.

Figura 13 – Biodigestor RSU



Fonte: Biodigestor [...] (2024)

Cogeração trata-se de um processo utilizado para se gerar mais de uma forma de energia, sequencial ou não, citado anteriormente como exemplo o bagaço de cana de açúcar. Dependendo do sistema utilizado, pode-se ter quatro tipos de classificação, sistemas (de companhia elétrica; industriais; calefação e energia total)

Em princípio, é utilizada uma máquina com princípios térmicos na cogeração, para se definir e quantificar o aproveitamento do sistema, utiliza-se o Fator de Utilização (FUE). Não que seja uma regra, porem num sistema termelétrico convencional seu FUE chega a 40%, já associado a cogeração, esse fator pode subir a 85%. Dessa forma identificamos o dobro de aproveitamento o que significa que estaremos economizando o combustível dessa máquina reduzindo com isso a emissão de CO₂. Andreos (2023) fez um estudo comparativo que se substituir o

combustível fóssil das termoeletricas convencionais por gás natural, a redução de CO₂ pode ficar entre 23 a 33%.

Por conta de tudo que foi citado, a cogeração aliada a biomassa, se completam e auxiliam em muito no objetivo global que é a descarbonização, e pensando no Brasil auxiliam no sistema de transmissão uma vez que a região sudeste maior consumidor e longe das gerações, com a cogeração, consegue aliviar o sistema de transmissões.

6.5 Hidrogênio H₂.

O hidrogênio, tem sido alvo de muitas pesquisas, chamados por muitos como o combustível do futuro. Nos anos de 1970 ocorreu uma crise de petróleo então começou-se a pensar nele como alternativa, passada a crise o petróleo com toda a sua dominância fez com que deixasse de lado as pesquisas.

O hidrogênio, é encontrado em abundância em nossa atmosfera, segundo Ett e Moreira (2023) está presente em 70% do nosso planeta. Porém, ele não é um elemento encontrado sozinho, o que causa uma certa dificuldade e custo para obtê-lo.

Existem algumas técnicas para se extrair e armazenar o hidrogênio, a mais utilizada é a eletrólise na decomposição da água. Dependendo da forma que se obteve o hidrogênio, ele recebe uma classificação de cores, conforme mostra a Figura 14.

Figura 14 – Arco-íris do hidrogênio

Preto	Gaseificação do carvão mineral (antracito ¹) sem CCUS ²
Marrom	Gaseificação do carvão mineral (hulha ³) sem CCUS
Cinza	Reforma a vapor do gás natural sem CCUS
Azul	Reforma a vapor do gás natural com CCUS
Turquesa	Pirólise do metano ⁴ sem gerar CO ₂
Verde	Eletrólise da água com energia de fontes renováveis (eólica/solar)
Musgo	Reformas catalíticas, gaseificação de plásticos residuais ou biodigestão anaeróbica de biomassa ou biocombustíveis com ou sem CCUS
Rosa	Fonte de energia nuclear
Amarelo	Energia da rede elétrica, composta de diversas fontes
Branco	Extração de hidrogênio natural ou geológico

Fonte: Esteves (2022, p. 4)

Temos também as células combustível, que pode ser comparada com uma bateria, e a carga química desse aparelho é o hidrogênio, que é convertido em energia elétrica.

As células combustíveis podem utilizar a energia térmica gerada para aumentar sua eficiência que pode variar de 40 a 60% (Ett e Moreira, 2023).

“As células de combustível são de duas a três vezes mais eficientes do que os motores a combustão interna e, como o combustível é eletroquimicamente convertido, não emitem gases poluentes” (Goldemberg, 2014, p. 54 v. 4)

Elas são muito utilizadas pela NASA e possui diferentes modelos de células classificadas conforme seu eletrólito, e dependendo do modelo, além do hidrogênio, poderá utilizar outros combustíveis como gás natural ou metanol.

No Brasil, existe uma pesquisa muito promissora sobre o assunto, é feita pela universidade de São Paulo (USP) e outras parcerias no qual está construindo a primeira estação experimental de abastecimento de hidrogênio gerado a partir de etanol no mundo, (

Figura 15). A ideia se trata de testar o desenvolvimento do hidrogênio. O teste será feito em três ônibus da Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo (EMTU) e um automóvel Mirai que foi cedido pela Toyota Brasil.

Figura 15 – Estação H₂ USP

A planta-piloto ocupará uma área de 425 metros quadrados e terá capacidade de produzir 4,5 quilos de hidrogênio por hora, quantidade suficiente para abastecer até três ônibus e um veículo leve – Imagem: Divulgação

Fonte: Yamamoto (2023)

6.6 Energia geotérmica

“A energia geotérmica, é a que atinge a superfície da terra pela condução de calor proveniente do seu interior (ou pela convecção de massas de matéria aquecida ou por meio de vulcões e vapor)” (Goldemberg, 2014, p. 24 v. 4).

Começou a ser explorada no século XX, apesar dos povos antigos já utilizarem fontes termais para banho e cozinhar por exemplo. A primeira usina geotérmica do mundo foi construída em Larderello na Itália. (ASTH, c2024) e (Usina [...], c2024).

Na Figura 16 mostra uma imagem tridimensional de um modelo de funcionamento de uma usina geotérmica.

Figura 16 – Modelo geotérmico



Fonte: Carvalho (2023)

Conforme Figura 7 a energia geotérmica do planeta é de 32 TW, normalmente as usinas ficam em locais onde existem grandes quantidades de vapor e água quente abaixo do solo e retirado por tubulações em altas pressões e velocidades para ligar as turbinas, em alguns casos deposita-se água fria para que seja aquecida no interior da terra, para evitar a falta de água original do local e afundamento do terreno.

No Brasil não se tem grandes investimentos em energias geotérmicas, uma razão é que a principal fonte energética vem ser a hídrica com as hidrelétricas, e também por falta de potencial, principalmente se compararmos à outras renováveis no país, e os poucos lugares com potencial são aproveitados como lazer, temos os exemplos mais conhecido no país que são resorts em Caldas Novas em Goiás e Olímpia em São Paulo. Segundo Batista (2024)² “o Thermas dos Laranjais, em Olímpia, é um dos maiores parques aquáticos do mundo e o maior da América Latina”.

² Fonte não paginada.

No mundo as usinas costumam ser aproveitadas em locais onde existem áreas de transição entre as placas tectônicas. Os países que possui maior produção de energia geotérmica no mundo são Estados Unidos, Filipinas e Indonésia.

Estima-se que no final de 2015, 24 países estavam gerando energia elétrica por meio da Energia Geotérmica, alcançando uma capacidade instalada de 13,3 GW, sendo os Estados Unidos o líder em desenvolvimento de projetos com uso desse tipo de energia (Carvalho, 2023).

A Figura 17, mostra a foto de usina geotérmica localizada em Svartseng, próximo de Grindavik na Islândia.

Figura 17 – Usina Geotérmica



The Svartsengi geothermal power station near Grindavik, Iceland. ARTERRA/UNIVERSAL IMAGES GROUP VIA GETTY IMAGES

Fonte: Robbins (2020)

6.7 Energia hídrica.

Energia hídrica é a energia das águas convertida em energia elétrica através hidrelétricas, principal fonte da matriz elétrica brasileira. De acordo com o

Balanço Energético Nacional (BEN) cerca de 61,9% da eletricidade do Brasil, vem das forças das águas (Raízen, 2023)³

Para o funcionamento de hidrelétrica, necessita-se acumular água, e para isso são utilizadas bacias hidrelétricas ou barragens. A bacia hidrelétrica é um ponto de coleta natural ou não, que interrompem o curso d'água funcionando como um reservatório liberando-a conforme a necessidade. Também atua com o efeito de decantação fazendo com que as impurezas e resíduos permaneçam no fundo da bacia, facilitando a filtragem e purificação que é feita para que a hidrelétrica trabalhe com segurança.

Uma barragem cria uma reserva de água também e está frequentemente presente em uma bacia hidrelétrica. Ela é utilizada para aumentar a altura da queda de água e são divididas em duas categorias.

A barragem de arco tem uma forma saliente funcionando como um reservatório ou uma bacia hidrelétrica artificial transferindo a água para as laterais da própria barragem. São construídas para fechar vales e montanhas muito largos.

A barragem de gravidade é utilizada para aumentar o nível da queda d'água, construída na vertical com formas triangular ou trapezoidal e na horizontal com eixos retilíneos ou curvado e seu próprio peso que garante a resistência e estabilidade ao impulso hidrostático. Sua altura pode variar de dezenas a centenas de metros controlando também a vazão da usina hidrelétrica.

6.7.1 Funcionamento das hidrelétricas.

Agora sabe-se o papel das barragens, toda essa água armazenada forma energia potencial, quando essa reserva começa a ser despejada a níveis abaixo, por meio de tubulações, a água é levada as turbinas convertendo a energia potencial em energia cinética, (as energias potencial e cinética trabalham juntas na física, principio também de uma montanha russa), ao passar pelas lâminas das turbinas, a energia

³ Fonte não paginada.

cinética converte-se em mecânica nas turbinas e sua rotação transforma a energia mecânica em elétrica. A Figura 18 mostra exatamente em processo em sequência.

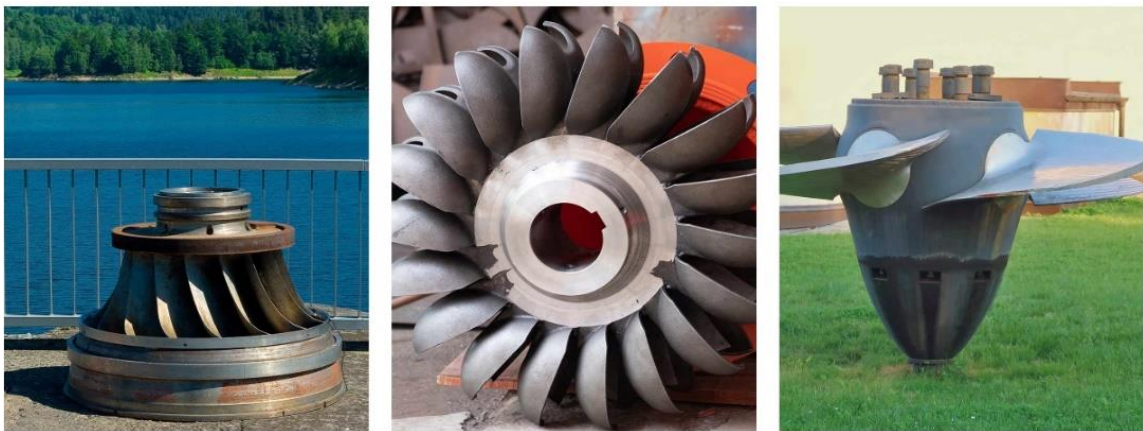
Figura 18 – Funcionamento de uma hidrelétrica



Fonte: Raízen (2023)

Cada hidrelétrica tem suas características tanto física como de funcionamento. Existem três modelos de turbinas, Francis, Pelton e Kaplan, sua escolha vai depender do volume de água e altitude da barragem, a Figura 19 exemplifica os modelos.

Figura 19 – Modelos das turbinas hidrelétricas elétrica



Tipos de turbinas hidrelétricas: 1. Francis | 2. Pelton | 3. Kaplan

Fonte: Turbina [...] ([20--?])

As hidrelétricas, podem ser Usinas de Acumulação que utilizam reservatórios para utilizarem a água num outro momento com as barragens, e também podem Usinas de Fio D'água que aproveitam o fluxo natural da água.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) tem suas definições para as hidrelétricas, são elas:

Usina Hidrelétrica de Energia (UHE), possuem potência superior à 30 MW e sem limite acima disto, e sem características de um PCH. Essa definição com mais riqueza de detalhes está na Resolução Normativa nº 412 de 05/10/2010 da ANEEL.

Pequena Central Hidrelétrica (PCH), sua potência tem de estar entre 5 MW e inferior a 30 MW, também precisa de reservatório de até 13 km², excluindo a calha do leito regular do rio. Esta definição com mais riquezas de detalhes está na Resolução Normativa nº 673 de 04/08/2015 da ANEEL.

Centrais Geradoras Hidrelétricas com Capacidade Reduzida (CGH), potência igual ou inferior a 5 MW. Esta definição com mais riquezas de detalhes está na Resolução Normativa nº 673 de 04/08/2015 da ANEEL.

Uma vez conhecida todas as renováveis, é importante conhecer matriz energética, para entender o principal modelo de geração de energia, até mesmo o que levou o país a escolher essa matriz, para poder entender qual as características locais para depois se pensar em uma transição energética se necessário. A China por facilidades e financeiro, escolheu sua matriz, termoelétricas movida a carvão, o Brasil por abundância

7 MATRIZ ENERGÉTICA.

Matriz energética, é a composição das fontes utilizadas como recursos energéticos dentro de um país. Esses recursos, são utilizados em diversos setores como transporte, agropecuário, industrial ou residencial, são diversos os segmentos. É preciso saber que existe diferença entre matriz energética e matriz elétrica, sendo que esta última lida com apenas produção, consumo e demanda de energia elétrica. Vale o comentário porque costuma se confundir, e o alerta é para que o leitor entenda exatamente o que se está sendo tratado ao longo desta monografia.

Neste capítulo será comentado brevemente a matriz mundial e brasileira, lembrando que por facilidade de ser o país pátrio desta monografia, o autor consegue dados mais recentes e fidedignos para demonstração de conteúdo do Brasil.

Moreira, Grimoni e Rocha (2023) explicam que a definição da matriz energética, após consolidado, ajuda o país a fazer seu planejamento energético para o futuro, isso também vale no aspecto socioeconômico. É importante pontua que a matriz energética que cada país vai usar, dependerá dos recursos disponíveis que cada um tem acesso fatores ambientais econômicos ou tecnológicos podem influenciar. Será comentado mais na frente, quando será discutido a mudança dessa matriz para as renováveis.

7.1 Matriz Mundial

As principais fontes que formam a matriz mundial são o petróleo, gás natural, carvão, hidrelétrica, solar, eólica, biomassa e geotérmica, sendo o petróleo o mais utilizado nos dias de hoje sendo usado principalmente no setor do transporte. As seis maiores matrizes mundiais serão comentadas neste capítulo.

China com sua maior fonte sendo o carvão e também sendo a que mais emite CO₂ na atmosfera por conta disso, e atualmente também é a que mais investe e gera energias renováveis. Por lá as energias renováveis já representam mais da metade da capacidade total, meta que estava prevista para 2025, e o líder do país Xi Jinping

reafirmou junto ao presidente dos EUA (Estados Unidos das Américas) Joe Biden triplicar a capacidade de energias renováveis no mundo até 2030.

A China vem surpreendendo com sua capacidade de expansão de energia limpa, e o fato dela produzir 80% de os painéis solares do mundo fez com que seu preço caísse bastante em muitos países. Em contrapartida, o carvão é responsável por 60% da geração de energia e mais de 50% do seu consumo energético de acordo com dados de seu governo (Lee, 2023).

A china continua aprovando a construção de novas usinas a carvão mesmo com a meta de atingir zero de emissão de carbono até 2060, o país alega que necessita de segurança energética para continuar seus avanços com as renováveis. LEE (2023)⁴ afirma que “no primeiro semestre de 2023, foram licenciados 52 giga watts de novas usinas movidas a carvão, em comparação com o crescimento de 129 giga watts na capacidade solar somente neste ano”.

O próximo da lista são os EUA, sua matriz possui petróleo, gás natural, carvão, energia nuclear e renováveis. Lá eles produzem etanol a partir do milho, mas são líderes em produção de petróleo e gás natural.

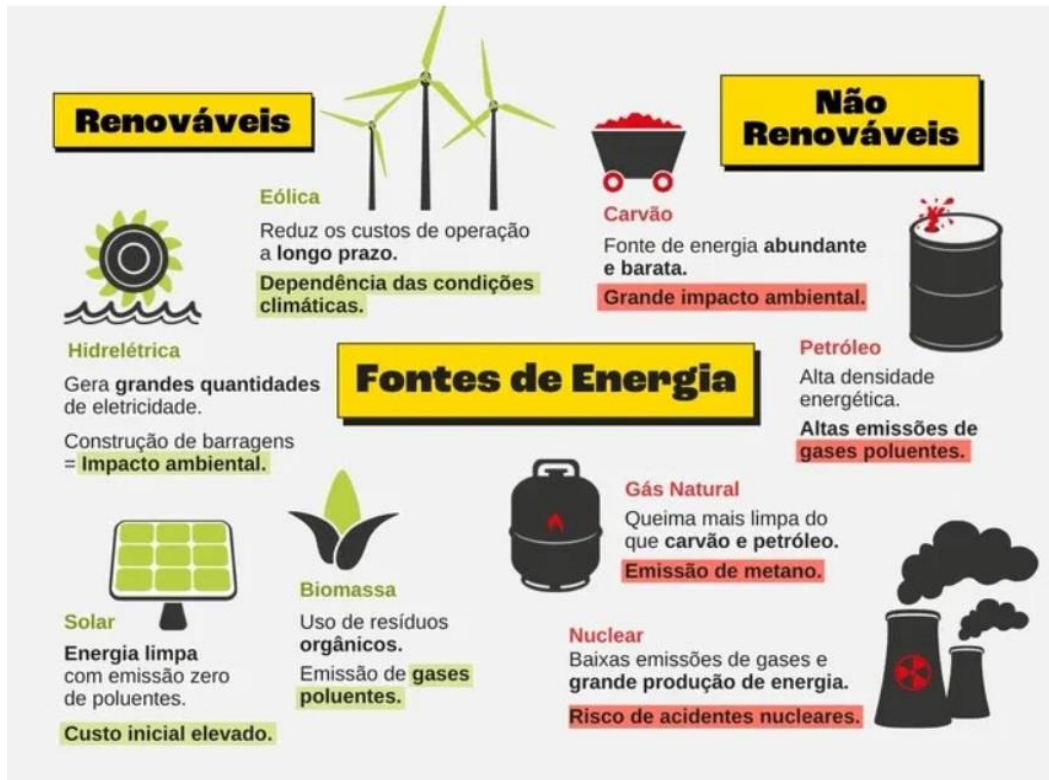
Rússia, principalmente composta pelo gás natural e petróleo, sendo maior fornecedor de gás natural para a União Europeia, mas desde que começou a guerra com a Ucrânia, sendo sofrendo boicotes em relação a compra de seu gás natural. A Rússia possui uma significativa participação na energia hidrelétrica e nuclear.

União Europeia que utiliza gás natural que foi comentado anteriormente, energia nuclear, carvão e renovável, sendo em sua maioria solar e eólica. Lembrando que após o acidente com a usina nuclear em Fukushima no Japão, depois de um tsunami em 2011, a Alemanha que faz parte da União Europeia começou a desativar essa forma de energia, a Alemanha se comprometeu a desativar todas as suas usinas nucleares em 2022, adiando até o desastre de 2011, quando a chanceler Angela Merkel usou este episódio para dar fim a todas as usinas (Há [...], 2024).

O último com uma das 6 maiores matrizes do mundo é o Brasil, este terá um capítulo dedicado a ele. A Figura 20 mostra as algumas das fontes renováveis e fósseis que formam as matrizes energéticas.

⁴ Fonte não paginada.

Figura 20 – Principais fontes das Matrizes Energética



Fonte: Marques ([entre 2011 e 2024])

7.2 Matriz energética brasileira.

A matriz energética do Brasil, possui um sistema integrando todas as fontes utilizadas na geração de energia, a responsabilidade disto é do SIN (Sistema Interligado Nacional). Uma vez dito isto, é preciso dizer que o Brasil possui uma matriz bem diversificada.

(Souza, 2024a) destaca os dados mais recentes da matriz energética: as renováveis são 84,25% sendo que deste valor 8,4% são de biomassa, 14,8% eólica e 55% hídrica sem a maioria na matriz brasileira. Em 2024 as renováveis atingiram a marca de 200 GW.

Além da geração centralizada, o Brasil tem investido na micro e minigeração distribuída (MMGD). Essa modalidade permite que consumidores gerem sua própria energia a partir de fontes renováveis, como a solar fotovoltaica, e utilizem os excedentes para compensar o consumo de energia da rede. Atualmente, a MMGD no Brasil acumula mais de 27,7 GW de

capacidade instalada, com mais de 2,4 milhões de sistemas conectados à rede de distribuição (Souza, 2024a)⁵.

Falando agora de matriz elétrica as renováveis somam 93,1% considerando as fontes limpas comentada em outros capítulos, desse montante 58% são de hidroelétricas gerando cerca de 50.000 MW e solar e eólica juntas somam 24%. A Geração Distribuída, que permite aos consumidores produzirem sua própria energia, também registrou um crescimento significativo de 42,5%.

Para se ter ideia do quanto a hidrelétrica brasileira é importante na data de 01/11/2024 o ministro de Minas e energia, Alexandre Silveira recebeu um certificado do Guinness Word Records por conta da usina de Itaipu – (construída também no Paraguai, “binacional”) – por ser a maior produtora de energia acumula do planeta. Desde que começou seu funcionamento em 1984 gerou mais de 3 bilhões de megawatts-hora, que daria para abastecer o mundo por 43 dias e 17 horas (Brasil, 2024)

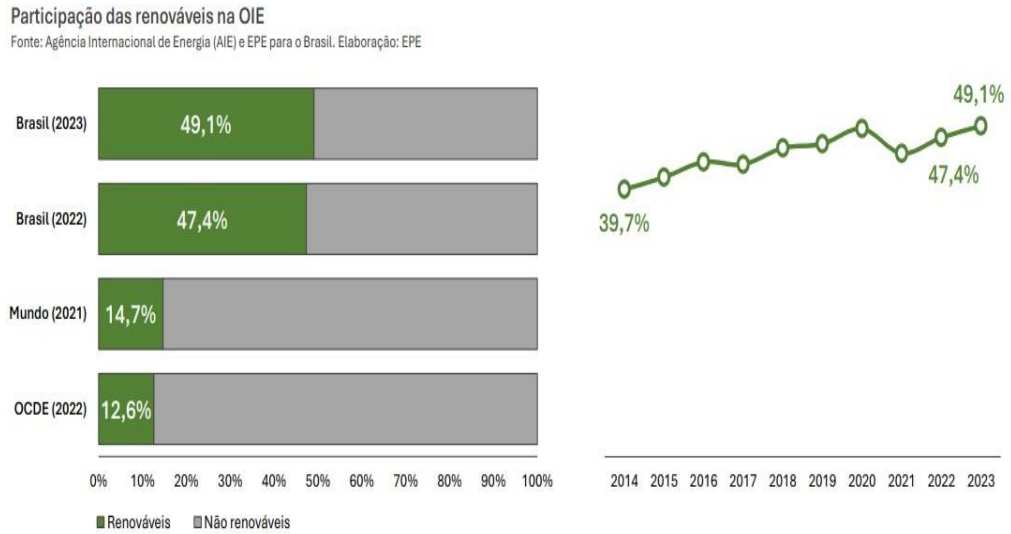
Se tratando da Oferta Interna de Energia (OIE) que se trata de toda a energia disponível, Matos (2024) diz:

No caso da energia elétrica, verificou-se crescimento na oferta interna de 33,2 TWh (+4,8%) em relação a 2022. Os principais destaques foram os seguintes: A participação de renováveis na matriz elétrica ficou em 89,2% em 2023. A geração solar fotovoltaica atingiu 50,6 TWh (geração centralizada e MMGD) crescendo 68,1% e a sua capacidade instalada alcançou 37.843 MW, expansão de 54,8% em relação ao ano anterior. A geração hidrelétrica se manteve praticamente estável, com leve redução de apenas 1,1 TWh, o que representou uma queda de 0,3% em relação a 2022. A geração eólica atingiu 95,8 TWh (crescimento de 17,4%) e a sua potência instalada alcançou 28.682 MW, expansão de 20,7%. Queda de 1,9% na geração termelétrica.

A OIE tem como unidade de medida (tep) que significa tonelada equivalente de petróleo, e o do Brasil, chegou a 313,9 Mtep aumento de 3,5% em relação ao ano anterior. As renováveis tiveram um aumento acima do resto do mundo e dos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), a 21 mostra a comparação citada.

⁵ Fonte não paginada.

Figura 21 – Crescimento das renováveis 2023



Fonte: Matos (2024)

7.2.1 Usinas termelétricas

Como visto anteriormente o Brasil tem como principal fonte de energia as hidrelétricas, e o peso delas na nossa geração foi bem maior. No início dos anos 2000, o país enfrentou uma escassez de chuva que causou problema no fornecimento de energia. Disposto a continuar com a segurança energética do país, foram desenvolvidos vários projetos de usinas termelétrica.

“[...] a promulgação do Decreto nº 3371/2000, que criou o Programa Prioritário de Termelétricidade (PPT), instituído no âmbito do Ministério de Minas e Energia (MME), responsável por viabilizar a construção de grande parte das usinas térmicas ainda em operação no país, principalmente nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste” (Ferreira *et al.*, 2020)⁶.

Na ocasião foi criado Índice de Custo Benefício (ICB) para se comparar as diferentes fontes que seriam uma alternativa para a estiagem, então preferiu-se optar pelas térmicas não serem intermitentes como a solar e eólica, e também acreditava-se que a geração termelétrica teria o papel de complementar a geração hídrica, sendo pouco utilizada, assim nos primeiros leilões, venceram as térmicas a óleo e a diesel

⁶ Fonte não paginada.

que possui um custo fixo baixo e uma custo variável unitário (CVU) alto (Lawson e Pereira, 2017). A Figura 22 compara os CVU de cada fonte de termelétrica.

Figura 22 – Diferença entre as termelétricas

Fonte	Custo de Implantação	Custo Variável	Emissão de GEEs	Características
Carvão	Baixo	Baixo	Muito Alto	<ul style="list-style-type: none"> • Acionamento lento • Baixa capacidade de variação • Dificuldade de transporte do combustível
Diesel	Baixo	Muito Alto	Alto	<ul style="list-style-type: none"> • Acionamento rápido • Alta capacidade de variação • Facilidade de transporte e armazenamento do combustível
Gás/GNL	Depende da infraestrutura existente e da concepção do projeto	Depende da concepção do projeto	Médio	<ul style="list-style-type: none"> • Versátil • Depende de infraestrutura para acesso ao combustível
Nuclear	Muito Alto	Muito Baixo	Muito Baixo	<ul style="list-style-type: none"> • Acionamento lento • Baixa capacidade de variação • Restrições de segurança ambiental
Óleo Combustível	Baixo	Alto	Muito Alto	<ul style="list-style-type: none"> • Acionamento médio • Média capacidade de variação • Facilidade de transporte e armazenamento do combustível

Fonte: Lawson e Pereira (2017)

Nos dias atuais recomenda-se utilizar apenas termelétricas a gás natural (GN) no Brasil, pelo fato de que funcionam a óleo combustível e diesel por não serem mais adequadas a situação, já que possuem alto CVU e emitem mais CO₂, porém na ocasião fatores estruturais e econômicos e tecnológicos dificultavam utilização, diferente dos dias atuais. É importante destacar que o custo da geração termoelétrica é muito caro porque o pagamento dos combustíveis, grande parte das vezes é dolarizado.

A geração termelétrica na matriz elétrica brasileira reduziu quase 2% em 2023, com destaque para a diminuição do uso de gás natural (-7,9%) e derivados de petróleo (-14,4%). A participação das termelétricas na matriz elétrica foi de 19,2%, com a biomassa representando 42,6% dessa geração (Souza, 2024a)⁷.

⁷ Fonte não paginada.

8 TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

A transição energética é definida como um conjunto de mudanças nos modelos de produção, distribuição e consumo de energia para alcançar uma maior sustentabilidade. O objetivo deste processo é transformar o atual sistema energético baseado em combustíveis fósseis em um modelo elétrico construído a partir de energias renováveis e outras formas de redução de emissões (Impulsionando [...], 2024)⁸.

Muitas vezes para uma transição energética de grande porte, é necessário somar pequenas transições, como as renováveis intermitentes que aos poucos foram aumentando e cada incremento fizeram com que elas crescessem mais e se destacassem na matriz energética.

Conforme já citado anteriormente, foi na COP 21 em Paris 2015 que 195 países a conter a temperatura do planeta em relação ao níveis pré-industriais abaixo 2 °C e limitar esse aumento a 1,5 °C, desde então, muito se tem discutido sobre o assunto.

Todas essas transições foram mudando as condições do planeta, ao ponto de o planeta precisar de uma cura para essa doença que se chama mudanças climáticas, o ano de 2024 vem marcando com muitos desastres causados por chuvas acima da média por conta dessas mudanças. No Brasil, o estado do Rio Grande do Sul, teve cidades alagadas que mobilizou todo o país, as comportas a beira mar que existem nas encostas do estado, não foram capazes de aguentar a força da natureza. Outro exemplo é a forte chuva que aconteceu na Espanha na cidade de Valência que em poucas horas choveu o equivalente a um ano e depois outra chuva que foi o equivalente a 3 meses (Almeida, 2024); (As imagens [...], 2024) e (Nacional, 2024).

Um estudo feito por pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) é citado por Goldemberg (2014) sobre os impactos das mudanças climáticas no Brasil. São elas:

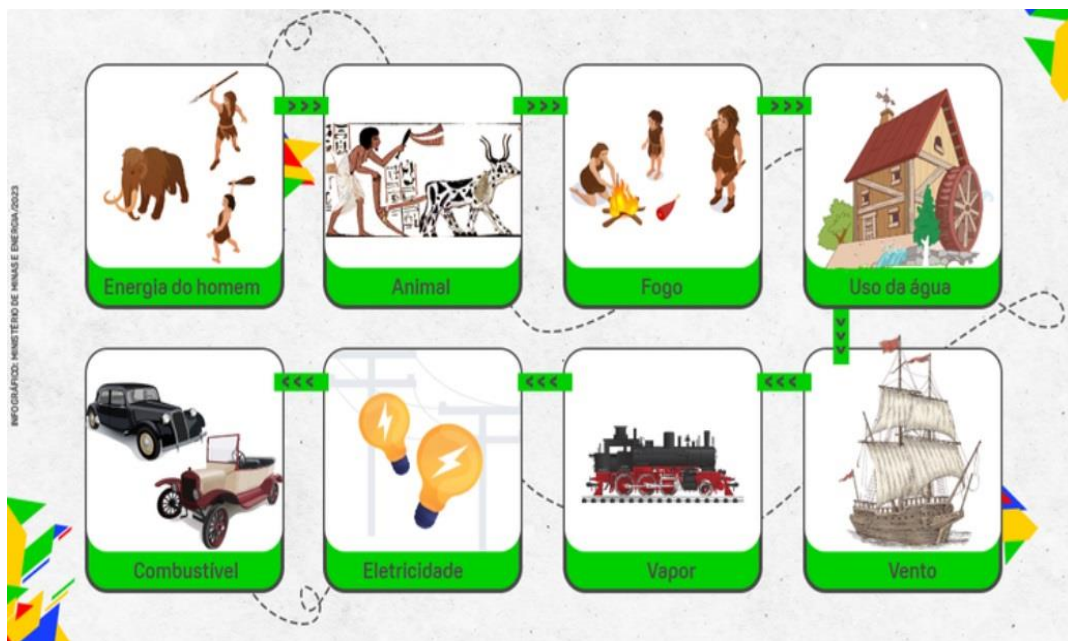
Amazônia: savanização da floresta que diminuirá de 85% em 2005 para 53% em 2050; clima no Nordeste mais seco por conta da savanização da Amazônia; aumento de chuvas no Sul e temperatura; saúde: alastramento das doenças infecciosas e transmissíveis como a dengue. Esses são apenas alguns dos relatos do autor, alguns já estão acontecendo em 2024, mostrando que realmente este assunto

⁸ Fonte não paginada.

e muito sério e os estudos estão com razão, dando motivos para preocupação e urgência em reverter o aquecimento global.

A humanidade vem passando por transformações, um pouco dessas transformações foi contada aqui com seu início na revolução industrial com Watt, sendo a primeira grande revolução, antes desta, utilizava-se a força dos animais para se executar certos trabalhos, a Figura 23 mostra a evolução destas transformações.

Figura 23 – Avanço das transições energéticas



Fonte: Editado da foto de: Brasil (2023)

“Svante Arrhenius, cientista sueco, que no final do século XIX, sugeriu que as emissões de CO₂ de origem antropogênica (causadas pelas atividades humanas) resultam no aquecimento da terra[...]” (Goldemberg, 2014, p. 43 v 4). O mesmo fala que a existência de atmosfera e GEEs que nos permite viver no planeta terra, uma vez que a Lua e Marte não possuem atmosferas e suas temperaturas ao longo do dia sofrem grandes variações e Vênus que possui atmosfera muito espessa e grandes concentrações de CO₂ sua temperatura chega a cerca de 800 °C e se não fosse pelas características da terra atmosférica e os GEEs (principalmente Dióxido de carbono e Metano) a temperatura do planeta estaria entre 15 a 20 °C abaixo de zero. Lembrando que no começo desta monografia foi citado por (Novais, 2024) que a temperatura na terra seria -18 °C mostrando consonância entre os autores e mostrando novamente a seriedade dos estudos sobre aquecimento global.

Logo pensando em descarbonização do planeta existe outros auxílios a transição energética e uma delas ganhará uma seção tamanha importância que o autor enxerga sobre este assunto.

O primeiro seria a Inovação Energética, seria a pesquisas e desenvolvimento de novas tecnologias que consigam eliminar ou reduzir as emissões de carbono, principalmente no segmento do transporte, já que os veículos a combustão são os que mais emitem CO₂ na atmosfera.

Finalmente, existem tecnologias em desenvolvimento que podem literalmente mudar todo o paradigma energético, como é o caso da fusão nuclear, que é a combinação de átomos de hidrogênio para produzir hélio com liberação de grande quantidade de energia. Será possível nos apropriarmos dessa fonte motora do Sol? E a fissão nuclear: teremos usinas nucleares intrinsecamente seguras? Haverá células fotovoltaicas comerciais de rendimento superior ao das atuais? Que novos materiais de células serão descobertos? E do lado do armazenamento da energia - haverá baterias de densidades energéticas com ciclos de vida de interesse comercial? O gás hidrogênio poderá ser armazenado em custo competitivo para alimentar as células a combustível? Os automóveis serão puramente elétricos ou movidos a etanol integrado com um reformador para alimentar uma célula a combustível? As usinas sucroalcooleiras serão mais eficientes com o uso de novas tecnologias, como a gaseificação e a biodigestão? A imensa costa brasileira será aproveitada com geradores de maremotriz e ondas? Serão resolvidos os problemas dos resíduos sólidos urbanos com uso de tecnologias sustentáveis, que também geram energia elétrica? Essas e outras questões indicam que há um futuro promissor na área energética ainda por ser desvendado (Moreira, Grimoni e Rocha, 2023, p. 13).

O próximo seria Eficiência energética que pode ser aplicado a tudo que depende de eletricidade e também ao transporte, e se aliado a fontes limpas obtidas através da transição energética ajuda bastante no processo de descarbonização. Segundo (Goldemberg, 2014) no ano que sua primeira impressão foi publicada em 2010, fala que a eficiência no sistema energético era de 37% e que nos próximos 20 anos os países participantes da OCDE conseguiriam reduções em cerca de 25 a 35%, e cita como exemplo a China que com o impacto da racionalização de energia dos países da OCDE, fez seu PIB (Produto Interno Bruto) subir quase nove vezes entre 1990 e 2008 e suas emissões de carbono subiu 2,5 vezes. Acrescentando que sem esta medida, suas emissões seriam 49% maior e que sua matriz elétrica é majoritariamente a carvão.

A eficiência energética colabora para a eficiência econômica, mas no setor de produção é considerada apenas mais um ingrediente como consideram também a mão de obra, o capital e as matérias primas, porém especialistas em energia a considera algo extraordinário. Por este motivo que o racionamento do uso de energia

não foi para frente em meados do século XX, principalmente em uma época que havia energia em abundância e barata. Por mudança de comportamento do público, aumentaram os custos na indústria, à ponto de acontecerem longas disputas judiciais, isto e o impacto do movimento ambiental nos anos 70, fizeram as indústrias a terem que diminuir suas emissões de poluente e as levou para medidas de eficiências energéticas.

Para a ampliação das eficiências energéticas existem alguns fatores em potencial seguindo as leis da termodinâmica e o potencial de mercado. O primeiro é o potencial teórico, baseado na termodinâmica decorrentes do uso da energia; em resumo saber se é viável. Depois o potencial técnico, se para esse racionamento, o uso de tecnologias para aplicar, estão comercialmente disponíveis, independentemente de considerações econômicas. O próximo seria o potencial de mercado, que vai considerar coisas como o preço da energia ou economia pública, refletindo aos obstáculos e as imperfeições de mercado que possam atrapalhar que o potencial elétrico seja atingido. O potencial econômico, se trata da economia de energia, que acontecerá caso as adaptações e substituições forem feitas com tecnologias mais eficientes e econômicos em comparação ao mercado de energia. Para isto é necessário que mercado tenha um bom funcionamento se tratando da competição entre novos investimentos no suprimento e na demanda de energia, no qual as informações necessárias para as tomadas de decisões estejam disponíveis. Por último o potencial social, que se trata de levar em conta os danos causados ou evitados a saúde, que são os impactos ecológico, que é a prioridade do assunto para diminuir os impactos do aquecimento global.

Uma vez comentado sobre inovação tecnológica e eficiência energética, mostrando suas importâncias no cenário de descarbonização temos que pensar que as inovações ainda não se sabem o que pode vir delas e a eficiência energética por si só não muda o fato das fontes energéticas continuarem poluindo a atmosfera. Comparando as três, a que atualmente tem um maior potencial de carbono zero são as renováveis, por isso uma urgência na transição energética.

A ONU em 2015 lançou os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), originado na Conferência Rio +20 tem o papel de orientar as políticas nacionais e as atividades de cooperação internacional até o ano de 2030 e contempla 17 objetivos e 169 metas e entre elas será citado a ODS7 que fala de energia limpa a todos, corroborando com a importância da transição energética.

Objetivo 7. Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia, para todos; 7.1 até 2030, assegurar o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis a serviços de energia 7.2 até 2030, aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global; 7.3 até 2030, dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética; 7.a até 2030, reforçar a cooperação internacional para facilitar o acesso a pesquisa e tecnologias de energia limpa, incluindo energias renováveis, eficiência energética e tecnologias de combustíveis fósseis avançadas e mais limpas, e promover o investimento em infraestrutura de energia e em tecnologias de energia limpa; 7.b até 2030, expandir a infraestrutura e modernizar a tecnologia para o fornecimento de serviços de energia modernos e sustentáveis para todos nos países em desenvolvimento, particularmente nos países de menor desenvolvimento relativo, nos pequenos Estados insulares em desenvolvimento e nos países em desenvolvimento sem litoral, de acordo com seus respectivos programas de apoio (Brasil Nações Unidas, [2015])⁹.

Em 2015, em Paris, na 21ª COP da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), o Brasil, voluntariamente, se comprometeu através das Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs), em reduzir emissões de GEEs em 37% até 2025 e em 43% até 2030, tendo como base as emissões verificadas em 2005. Para tanto, o país pretende que até 2030 a matriz energética seja composta por 45% de energias renováveis, 18% por bioenergia sustentável, além do reflorestamento de 12 milhões de hectares de floresta (Ferreira, 2020, p. 322).

As NDCs são compromissos que cada país se propõe a cumprir em relação as suas emissões, para diminuir os impactos das mudanças climáticas (Morbach e Costas, 2020).

Já na COP 29, realizada em Baku no Azerbaijão a nova NDC o Brasil se compromete a diminuir as suas emissões entre 59% e 67% a 2005 que representa uma redução de 1,51 e 1,71 giga tonelada equivalente de CO₂, segundo números oficiais e em termos absolutos terá que atingir um valor de 850 milhões a 1,05 bilhões de toneladas de gás carbônico em 2035 e isso significa que ainda não está compatível com o objetivo global para manter o aumento da temperatura em 1,5 °C da temperatura pré-industrial. A ministra do Meio Ambiente também afirmou que o país também se compromete a alcançar o desmatamento zero em 2030, sendo o desmatamento um dos motivos que coloca o Brasil entre os países que mais emitem CO₂ no mundo conforme citado anteriormente.

⁹ Fonte não paginada.

8.1 Gás Natural

Se o Brasil vai cumprir a nova meta, o futuro vai dizer, mas com a transição energética, o país tem margens para diminuição. De toda a nossa matriz elétrica, as termoelétricas são as que mais poluem, foi indicado anteriormente que em termoelétricas a diesel e a óleo combustível deveriam mudar para GN, por facilidades que temos atualmente, e é exatamente o que está acontecendo atualmente.

De acordo com o artigo 6º inciso II da Lei 9.478, de 06/08/1997, gás natural é todo hidrocarboneto que permanece em estado gasoso nas condições atmosféricas normais, extraído diretamente a partir de reservatórios petrolíferos ou gasíferos, incluindo gases úmidos, secos, residuais e gases raros (Brasil, 1997).

O grande facilitador está sendo o GN aproveitado do pré-sal, graças a isso o Brasil vem investido para efetuar essa troca, que não deixa de ser uma transição, de uma mais poluente para uma ecológica. O programa Novo Mercado de gás veio para somar ao potencial de produção brasileira. De acordo com estudos de EPE (2024b) a participação do gás natural em na OIE será de 14% em 2034 e também vale acrescentar que segundo Brasil [...] (2024) Marina Silva disse que os hidrocarbonetos devem ser consumidos com moderação em resposta ao presidente do Azerbaijão e anfitrião da COP 29 Ilham Aliev que os chamou de presentes de Deus.

Inclusive, a demanda firme do consumo do gás natural – que se dá precipuamente pelo seu consumo termelétrico – é entendida como um dos elementos-chave para o desenvolvimento da indústria do gás natural no Brasil, razão pela qual os projetos de energia termelétrica são vistos como verdadeiras ‘âncoras’ para novos investimentos para o setor, além de ser uma forma de monetização do gás natural produzido no País (Texeira, 2020, p. 259).

O gás natural foi escolhido como energético estratégico, pelo fato de ser uma fonte primária disponível com baixo custo e também baixo impacto ambiental comparado a outras fontes fósseis, e menores emissões de GEEs lembrando que já foi citado a importância das termoelétricas na segurança energética brasileira. Um bom exemplo dessa transição são a China e os EUA que conseguiram diminuir suas emissões substituindo o carvão mineral por GN (Botão, 2020).

A principal motivação para a elaboração deste estudo é contribuir com informações sobre o aproveitamento do Gás Natural (GN) do Pré-Sal, tendo como foco o incremento da sua comercialização e participação na matriz energética do país, conforme as diretrizes estabelecidas por políticas públicas tais como as Resoluções CNPE nº 10/20161, 17/20172 e 16/20193. Também

tem como objetivo apresentar as diferentes alternativas de utilização do GN aos agentes de mercado e à sociedade, além de indicar possíveis ações a serem tomadas para implementação de eventuais diretrizes e instrumentos para estimular o aproveitamento comercial do gás do Pré-Sal (EPE, 2020, p. 2).

A produção comercial de hidrocarbonetos no país teve início em 1941, no campo de Candeias na Bacia do Recôncavo, começou tímida e nos 5 anos de 1950, sua produção já era absorvida pelo setor industrial com cerca de 170 mil m³/dia. Foi na década de 1970 o início de um crescimento ainda discreto, mas continua e continua aumentando conforme já foi dito.

Em 2019, segundo dados enviados pelos operadores à ANP, as reservas Provadas (1P) brasileiras de gás natural atingiram um volume de 364 bilhões de m³, enquanto o volume estimado para as reservas Possíveis (3P) foi de 549 bilhões de m³ (EPE, 2020, p. 2).

Um dos problemas enfrentados na indústria de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural (E&P) nos reservatórios de hidrocarbonetos é a existência de gases corrosivos como CO₂, dependendo das concentrações podem causar risco a vidas dos trabalhadores e causar danos aos equipamentos à ponto de inviabilizar projetos.

Em relação ao pré-sal os valores do CO₂ vão variar do processo de migração dos fluidos. Na jazida de Iracema que faz parte do Campo de Lula o teor CO₂ chega a menos de 1% já outras jazidas compartilhadas dos mesmos Campo, variam de 8% a 25%.

No Brasil a especificação do gás natural de origem nacional ou importado, a ser comercializado em todo o território nacional, é estabelecida pela Portaria ANP nº 16/2008 que define o limite máximo de alguns componentes, o teor de CO₂ tem que ser menor que 4% e teor de 3% para exportação.

Em vez de precisar queimar gás na plataforma existe um mecanismo de descarbonização, capturando o CO₂ nas plataformas do pré-sal, como o CO₂ é produzido junto com o óleo e liberado no processo de produção junto com GN, tem-se feito na Unidade Estacionária de Produção (UEP) a separação de corrente rica em CO₂ e reinjetá-la no reservatório, evitando a emissão de gases de efeito estufa. Esse processo pode limitar a capacidade de processamento de gás e óleo, por isso a injeção de água é o método mais utilizado no mundo. Em reservatórios de campos marinhos, usa água do mar tratada, com pouco teor sólidos, e sem oxigênio, sem

bactérias e dependendo da rocha do reservatório, sem sulfato, evitando formações de incrustações salinas nos poços.

A combinação de água com gás acaba ajudando na manutenção da pressão no reservatório. Uma coisa boa nos reservatórios do pré-sal é que o gás injetado se mistura com o óleo o que favorece a recuperação e o deslocamento, auxiliando na retirada depois, uma vez que o gás com a água acaba diminuindo a viscosidade do óleo. A passagem da água no meio poroso, diminui a saturação do óleo tornando a mistura com o gás ou gás misturado com CO₂ nula, não misturando óleo e gás.

Esse método então aumenta a eficiência de produção de óleo, além da manutenção da pressão dos reservatórios, e melhora a eficiência do varrido (porcentagem do reservatório que entra em contato com o fluido injetado) e o CO₂ acaba ficando permanentemente em rochas basálticas.

Outro fato que poderia impulsionar mais ainda o uso de gás natural, seria poder vende-lo na forma liquefeita, o Gás Natural Liquefeito (GNL) por conta de flexibilidade para este mercado teria uma facilidade de compra e venda, a Figura 24 mostra as formas de monetização do gás natural. O mercado asiático intensificou o GNL no final da década de 1950, Coréia e Japão foram os maiores consumidores depois das políticas de liberalização, ao mesmo tempo a China passou a importar mais GNL flexibilizando seus contratos de compra e venda com outros países, o que tornou o mercado de GNL mais dinâmico pelo lado da oferta (Botão, 2020).

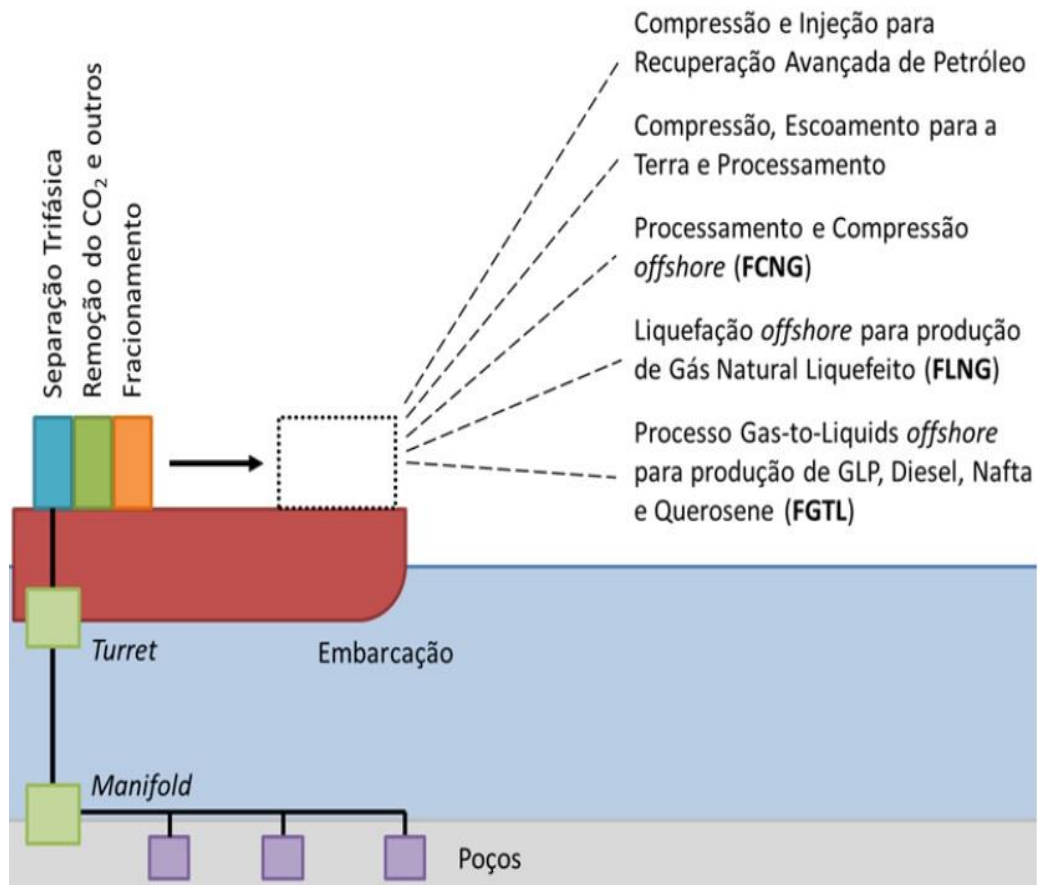
A comercialização de GNL ficou relevante na década de 1960 com o pioneirismo da Argélia, EUA (Alasca), Líbia e Brunei, na década de 1970, Abu Dhabi e Indonésia entraram no grupo de exportadores, sendo o último o de maior oferta até os anos 2000. O primeiro projeto de exportação de GNL foi criado pela Argélia e Reino Unido no início da década de 1960, este último foi o primeiro país a assinar um contrato de compra no mercado internacional anos depois foi a França (Prade, 2018).

Em dos anos 2000 o mercado de GNL era formado por 9 países importadores e 11 exportadores, em 2016 passou para 35 países exportadores e 18 exportadores. Outra mudança considerada uma melhora foi o surgimento de empresas especializadas no transporte de GNL, que antes era feito ou pelo comprador ou pelo vendedor.

Inovações deram oportunidades a clientes que se viam excluídos, por conta do alto custo de entrada, agora existem os agregadores que são empresas de alcance

mundial (como Shell, BP, Total) que vendem cargas de maneiras flexível, oferecendo um maior *spread* (diferença entre o maior e menor preço).

Figura 24 – Monetizando o GN do pré-sal



Fonte: EPE (2020)

Com a expansão de oferta de GNL mundial, a tendência é o preço do gás cair, trazendo novos importadores ao mercado de GNL. Pensando na substituição de combustíveis maiores emissores de CO₂, pode sinalizar uma redução na sua emissão, no setor de transporte, em relação ao diesel, uma vez que o seu preço sofre grande influência das incertezas e variações no preço internacional do petróleo, justifica a necessidade de utilização de energias alternativas.

Existem, em escala comercial, duas rotas tecnológicas distintas para a adoção do gás natural como combustível para veículos pesados: (i) o motor de ciclo Otto, desenvolvido com tecnologia dedicada, que utiliza exclusivamente o gás natural; e (ii) o motor de ciclo Diesel adaptado para operar com uma mistura gás-diesel, em diferentes proporções (EPE, 2020, p. 30)

Existe duas maneiras de se armazenar GN para veículos, o Gás Natural Comprimido (GNC), armazenado por meio de compressão em cilindros ou GNL. Informando que o Brasil não possui estrutura preparada para abastecimento de veículos pesados com GNL e que em abastecimentos GNC consome um longo tempo. Na Europa foram implementados os chamados corredores azuis que são infraestruturas de abastecimento de GNL para caminhões implementadas nas principais estradas europeias. Isso foi possível graças a (parcerias de empresas dos ramos de petróleo e gás, distribuidoras de gás, montadoras e postos de abastecimentos) junto com o poder público. A ideia é demonstrar que o GNL pode ser uma alternativa real para o transporte de média e longa distância como num primeiro momento, um complemento ao diesel e posteriormente, como seu substituto.

O Brasil possui um regime tributário bem complexo quando o assunto é GN e energia elétrica, e o pilar dos tributos é a Constituição Federal do país, é nela que se encontra toda a base do sistema tributário brasileiro, como a repartição das competências para a instituição de tributos, as limitações ao poder de tributar.

Como impostos existem a Contribuição para os Programas de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PIS), da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS) e o Imposto sobre Operações de Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (ICMS) sendo este último o desafio mais relevante para a geração termoelétrica a gás natural.

Em relação a GNL, é preciso pensar nos custos elevados de gasodutos e incertezas quanto ao custo elevado de extração do gás do pré-sal, somados ao elevado nível de reinjeção nos poços, e ainda do alto nível de CO₂ presentes no gás.

8.2 Aspecto para uma Transição Energética

Para impulsionando [...] (2024) existe algumas ações que o autor considera como principais para se acelerar a transição energética. Primeiro seria o incentivo a inovação, (assunto já abordado) e cita como exemplo melhorias na geração de energia e a prestação de novos serviços ao cliente. O próximo seria a eletrificação da economia tornando tudo que fosse possível eletrificado inclusive no transporte. Por

último o uso de energias renováveis para alcançar o que chamam de Net Zero (expressão usada como zero emissão de carbono) e integração entre as renováveis.

A eletrificação da economia não faz sentido sem as renováveis, uma vez que por exemplo fomos abastecer um carro elétrico em uma matriz elétrica movida a combustíveis fósseis o CO₂ emitido só mudaria de fonte e acabaria sendo uma falsa sensação de que se está evitando as emissões do GEE.

Não há dúvidas sobre a importância e urgência de uma transição energética, pode-se elencar alguns benefícios. Como benefícios ambientais entra a redução das emissões de CO₂, Diminuição do aquecimento global, melhora na qualidade do ar e preservação da biodiversidade e dos recursos naturais. Como benefícios sociais seriam a melhoria da saúde e bem-estar de todos, uma possível consciência ambiental, e democratização energética.

Comparando o mundo que está doente devido aos GEEs com uma pessoa dependente química, não adianta chegar à um dependente e dizer a ele que precisa largar o vício e ele irá fazê-lo, pois existe diversos fatores que o levaram a largar esse vício, o mesmo acontece com a transição energética, todos sabemos que é necessário mudar os hábitos de consumo energético para um planeta melhor e sem consequências do aquecimento global, a infelizmente existe coisas que é mais fácil falar do que fazer, e a transição energética se enquadra nela. Tem que ser lembrado que se levou anos para se chegar ao ponto crítico que nosso planeta se encontra, apesar da urgência as mudanças não aconteceram como se deveria.

González, Suárez e Sauer (2020) citam alguns condicionantes através da perspectiva histórica, e são elas: **recursos disponíveis, preços, tecnologias e reorganização expansiva da economia.**

Se tratando de **recursos disponíveis**, foi falado da primeira revolução industrial, e a aceitação de todos pelas invenções de James Watt, como para a Inglaterra país onde Watt registava suas invenções tinha fácil acesso a carvão, logo o carvão tornou-se a principal fonte de energia.

Em relação a **preços**, já foi citado aqui que o GN foi o energético estratégico escolhido pelo Brasil por ser uma fonte primária de baixo custo. Outro exemplo é a existência dos agregadores que são empresas de alcance mundial (como Shell, BP, Total) que vendem cargas de maneiras flexível, oferecendo um maior *spread* colaborando com que o GNL expandisse globalmente.

Tecnologia em função da reorganização expansiva da economia, basta olhar para a própria evolução da humanidade, antes usava-se a tração animal, com a evolução das tecnologias (maquinas a vapor e a combustão), utiliza-se maquinários no lugar. Não à toa que a potência dos automóveis é medida em Cavalo-Vapor (CV) e em inglês Horse Power (HP) força do cavalo em tradução livre.

No início do século XX nos EUA havia mais registros de carros elétricos do que a combustível, novamente entra esses fatores como argumento. **Recursos disponíveis**: densidade energética do combustível maior que da bateria; **preço e tecnologia reorganização expansiva da economia**: a linha de produção criada por Henry Ford, chamada de Fordismo reduziu bem o preço dos automóveis e revolucionou a indústria automotiva; tecnologia: a tecnologia das baterias inferior as de hoje, não tinham a mesma duração por carga.

Baseado nos exemplos acima, e comparar tecnologia com recursos energéticos, vale lembrar que esses recursos não estão distribuídos igualmente no planeta e o preço desses recursos variam de acordo com a disponibilidade. O preço do barril de petróleo na Arábia Saudita é menor que o preço da Venezuela que por sua vez é menor que o preço do barril no Brasil e mesmo assim o lucro da Arábia Saudita é superior a ambos.

Levantes populares, processos de consolidação e recuo imperial, ou a emergência, radicalização ou enfraquecimento dos nacionalismos são alguns dos fenômenos que afetaram as condições de exploração dos recursos energéticos no século XX (González, Suárez e Sauer, 2020, p. 54)

Durante a pandemia foi tomada medida de isolamento, por conta disso, ninguém andava de caso e a demanda pelo petróleo caiu drasticamente, fazendo que tivessem que armazenar o excesso da oferta do produto, o motivo do excesso foi uma guerra de preços entre Arábia Saudita e Rússia, colapso todo o mercado.

Segundo EGAN (2021) disse que “[...] no dia 20 de abril de 2020, o petróleo cru dos EUA fechou em -US\$ 37 o barril (cerca de -R\$ 195 na época), despencando para abaixo de zero, marca que poucos imaginavam que seria ultrapassada[...]”¹⁰.

Durante a primeira revolução industrial, a fonte dominante foi o carvão, a partir da segunda revolução industrial o petróleo e seus derivados passaram a dominar como fontes energéticas, e essa transição não fez que o carvão sumisse de cena,

¹⁰ Fonte não paginada

tanto que a China ainda usa o carvão como principal fonte, ao ponto de ser o país com maior emissão de CO₂, mesmo sendo o maior produtor mundial de energia de fontes renováveis. Lantau (2023) fala que “o carvão é fonte de 70% da energia consumida e 80% do combustível consumido pela China, logo, não é surpresa que a China seja tanto a maior produtora quanto consumidora do mineral do mundo”.

Atualmente a manufatura das tecnologias fotovoltaicas passou ser feito na China o que barateou ajudando na aceitação mundial, porém chega a ser uma ironia usar uma tecnologia renovável que foi fabricado com fonte energética poluente.

A recente escassez de energia e os preços mais altos destacam a importância da transição dos hidrocarbonetos ser realizada de forma ordenada, de modo que a sua demanda caia de acordo com os suprimentos disponíveis. Os declínios naturais nas fontes de produção existentes significam que é necessário continuar o investimento em petróleo e gás natural nos próximos 30 anos, inclusive no cenário Net Zero (BP Energy [...], 2023)¹¹.

A conclusão é que apesar de necessária a transição energética precisa de fatores para poder acontecer e cada país terá o seu fator individualmente para contornar ou mais de um, em estudos feitos pela BP Bioenergy mostra que petróleo e GN ainda terão que ser utilizadas afim de garantir a segurança energética. Foi comentado sobre GN e GNL por ser uma transição respeitável em substituição às fontes mais poluentes.

Mirkhan (2024) mostra a fala feita por Rafael Amaral Shayani, professor de Engenharia Elétrica da Universidade de Brasília (UnB) que diz que o GN emite metade do carbono que o carvão emite, mas pensando em Net Zero, é insuficiente.

Independente dos problemas individuais que cada país terá um problema em comum se não for a todos é para maioria é o financeiro. Foi discutido na COP 29 o valor para financiamento para adaptações às mudanças climáticas, está em US\$ 100 bilhões e os países em desenvolvimento são a favor de um compromisso anual dos países mais ricos em pelo menos US\$ 1,3 Trilhão, os países ricos, estão relutantes e pedem a mobilização ao setor privado porque são tempos de austeridade (Brasil [...], 2024).

¹¹ Fonte não paginada.

8.3 Captura e Sequestro de Carbono (CCS)

Foi deixado para trás um assunto que veio como complementar a transição energética. A sigla CCS, vem do inglês (Carbon Capture and Storage).

Estudos feitos pela UNFCCC em 2021 mostra que temos um limite de emissão de carbono para ser emitido até 2050 e que no ritmo que se anda 89% deste orçamento de carbono seria utilizado até 2030, restando cerca de 55G tCO₂ de carbono para podermos emitir nos vinte anos restantes (CCS Brasil, 2023).

De acordo com Arlota (2020, p. 182) atualmente, essa tecnologia representa uma das saídas possíveis para minimizar as emissões de gases estufa, haja visto seu potencial de absorção de até 90% dos gases emitidos na queima de combustíveis fósseis.

Segundo Goldemberg (2014), a ideia de captura o CO₂ não veio da preocupação com os GEEs, mas como uma possível fonte de gás carbônico comercial, para a indústria de bebidas e gelo seco por exemplo. Nos EUA foram construídas e operaram bastantes usinas na recuperação de CO₂, porém a maioria foi fechada por motivos econômicos causados pela queda dos preços de petróleo bruto naquela época.

O autor continua afirmando que a utilização de CO₂ para fins comerciais, é extremamente limitada e o incentivo econômico para captura-lo, inexistente, fora o risco de vazamento do gás para a atmosfera.

O processo de CCS pode ser dividido em três momentos: o primeiro é a captura do CO₂, após o transporte do gás capturado, e o armazenamento do CO₂ no subsolo. A captura do CO₂ ocorre costumeiramente de três maneiras:

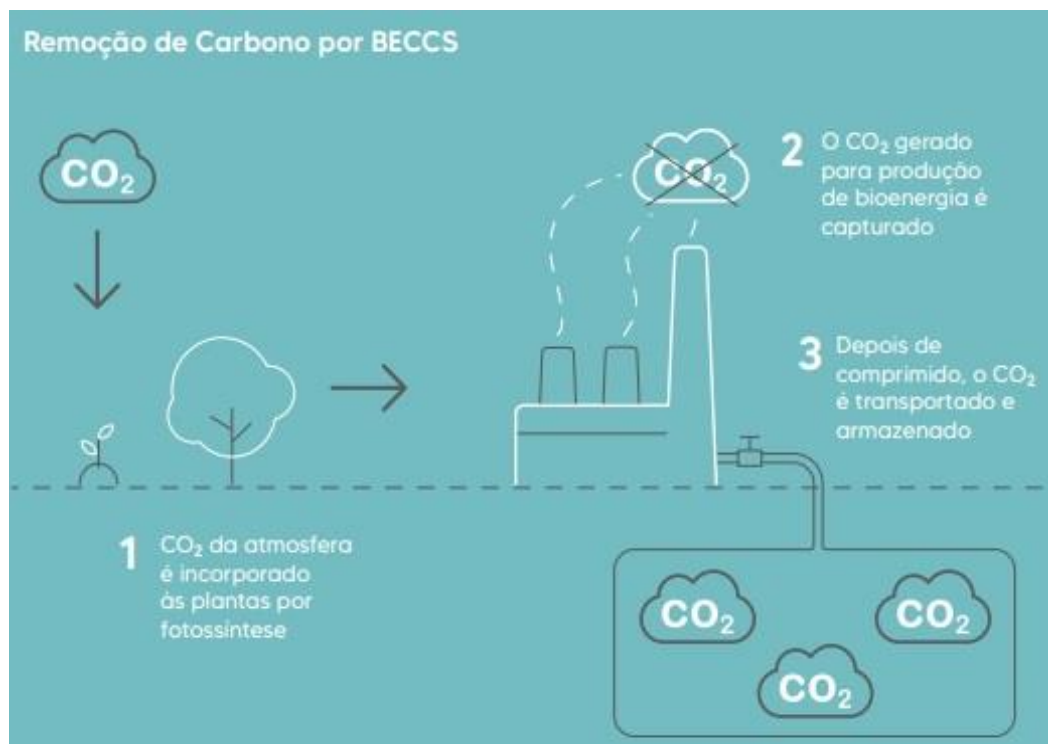
- A captura pré-combustão que é a transformação do combustível por meio de processos de gasificação e reforma, para uma mistura de CO₂ e H₂. Depois de separados pelo processo o CO₂ vai para o transporte e armazenagem e o H₂ é utilizado como combustível de geração limpa (já foi citado que não emite poluente). O hidrogênio formado por esta técnica consta na Figura, é o hidrogênio azul, produzido a partir da reforma a vapor do GN, adicionando CCS. Essa forma também pode ser usada para se conseguir H₂ a partir de biometano ou etanol, levando às emissões negativas.

- A captura pós-combustão se trata do aprisionamento do CO₂ por meio de solventes, comprimido e transportado para o local de armazenamento
- A oxidação consiste na queima dos combustíveis numa atmosfera de oxigênio puro, neste momento o resultado são CO₂ e vapor de água que é separado do CO₂ por meio de condensação, assim podendo comprimir e armazenar o CO₂ puro.

Existe duas técnicas o armazenamento do carbono advindo da captura em plantas de bioenergia (BECCS) ou captura direta do ar (DACCS).

O processo de BECCS começa com o sequestro de carbono pelas plantas usadas na produção de bioenergia, considera-se o sequestro do CO₂ do ar durante o processo de fotossíntese. Quando as plantas são transformadas em bioenergia (etanol ou biometano) liberam CO₂ que é ventilado para a atmosfera, só que na unidade BECCS o CO₂ é separado dos demais gases passando por compressão para ser transportado até o local de injeção para armazenamento permanente. A Figura 25 exemplifica o processo.

Figura 25 – Método BECCS

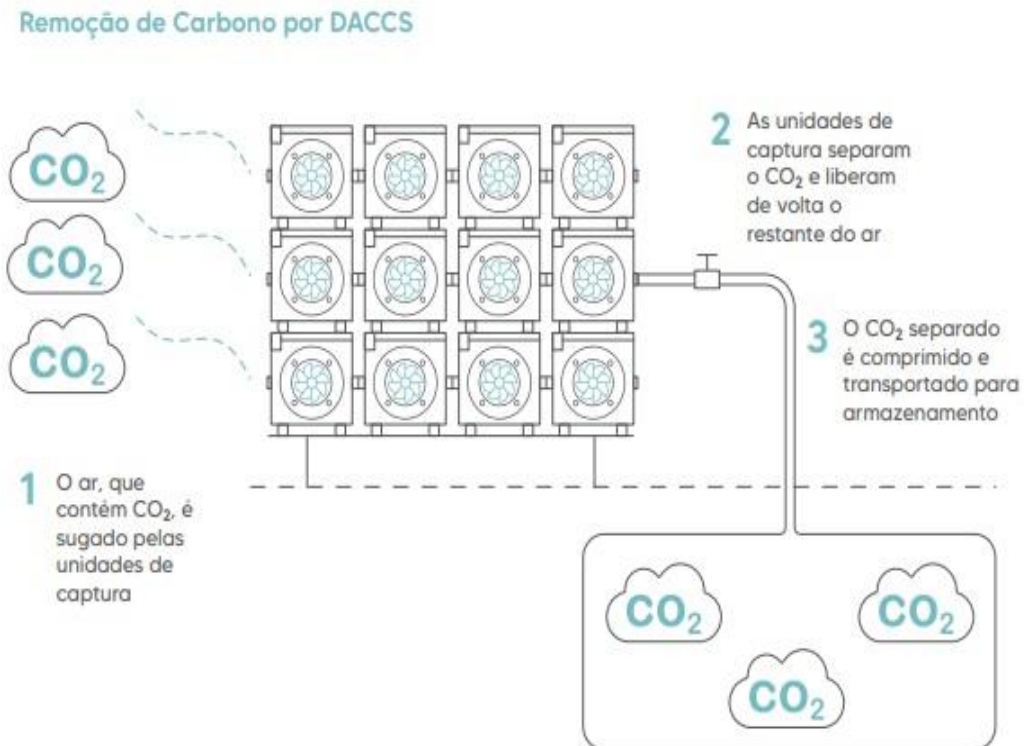


Fonte: CCS Brasil (2023)

O processo de captura direta do ar com CCS, conhecido como DACCS ou DAC, é uma tecnologia relativamente nova, essa tecnologia é formada por unidades de

captura que aspiram o ar em ambientes abertos. O CO_2 do que se encontra no ar é separado dos demais componentes por processos químicos, que voltam à atmosfera. Após sua purificação, o CO_2 é comprimido e transportado para ser injetado e então armazenado de forma permanente. A Figura 26 exemplifica o processo.

Figura 26 – método DACCS



Fonte: CCS Brasil (2023)

Após a captura, o CO_2 é transportado por navios, caminhões-tanque ou gasodutos até os locais de armazenamento que são formações geológicas porosas localizadas a quilômetros de profundidade da superfície terrestre, como antigos campos de petróleo e gás ou formações salinas profundas.

Como última etapa no processo, o armazenamento é dividido em quatro mecanismos. Num primeiro momento o CO_2 é injetado sob pressão na formação geológica até alcançar uma camada de rocha impermeável (*cap-rock*) que o impede de escapar. Este é o armazenamento estrutural que é o principal mecanismo de armazenagem de CO_2 utilizado no CCS.

A movimentação do CO₂ do local de injeção até a *cap-rock* uma parcela do gás se prende nos poros microscópicos da rocha. Este mecanismo chama-se armazenamento residual.

Ao longo do tempo o CO₂ depositado acabará diluído na água salgada presente nas formações rochosas. A água com gás carbônico diluído torna-se mais densa, deslocando-se ao fundo do reservatório em um mecanismo conhecido como armazenamento de dissolução.

Por fim, quando o CO₂ se liga quimicamente e de maneira irreversível à formação rochosa, assim ocorre o armazenamento mineral, último momento do aprisionamento do gás carbônico. Na Figura 27 mostramos todas as etapas do CCS

Figura 27 – Etapas da tecnologia CCS



Fonte: Pipelines[...] (2024)

Cientistas também desenvolvem o CCUS (Captura, Utilização e Sequestro de Carbono – vem da sigla em inglês Carbon Capture, Utilisation and Storage), prevendo ainda outras utilidades ao CO₂ além do armazenamento. Uma finalidade usada nos reservatórios de petróleo, é a injeção de gás carbônico para bombear o óleo nos poços de exploração, mesmo sistema que foi detalhado na parte de gás natural.

Em 2022, 59 novos projetos foram anunciados e demonstra um crescente na consciência sobre a importância do CCS para o cumprimento de metas de

descarbonização do planeta. De acordo com os dados da Agência Internacional de Energia, atualmente existem 47 projetos de CCS em operação no mundo, que somados têm uma capacidade anunciada que varia de 74 a 82M tCO₂ capturados por ano.

Esses projetos são em sua maioria feitos em países desenvolvidos e todos os 47 citados, são de iniciativas privadas. Já para os países em desenvolvimento é importante que exista políticas públicas apoiando e incentivando financeiramente as tecnologias CCS ajudando a implanta-la em larga escala. A Figura 28 mostra onde esses projetos estão sendo implantados.

Figura 28 – Projetos de 2022



Fonte: CCS Brasil (2023)

O mundo tem acelerado soluções e instrumentos que viabilizem a descarbonização da economia, uma vez que seu custo de instalação tem sido um obstáculo. Uma maneira de se incentivar, são incentivos ao financiamento, como subsídios e créditos tributários.

Observa-se uma relação entre a existência de incentivos econômicos e os avanços de projetos em determinadas regiões. De acordo com relatório do Banco Mundial, já existem setenta iniciativas de precificação de carbono, além de também mecanismos de financiamento de projetos e políticas correlatas. Como exemplo tem

lei de redução da inflação de 2022 nos EUA referindo-se a um investimento de US\$ 369 bilhões para financiar projetos focados em clima e energia; ou a União Europeia que aprovou no mesmo ano a criação do mecanismo de ajuste de fronteiras de carbono, que se trata de um sistema de taxaço sobre importações de produtos de terceiros que não possuam um preço para as emissões de carbono comparável a que a União Europeia aplica. A ideia é que com a taxa, indústrias fora da União Europeia adotem tecnologias mais limpas afim de reduzir suas emissões de carbono e evitar pagamentos de impostos mais elevados; finalizando os exemplos temos a Malásia que aprovou a isenção fiscal de impostos de importação e de vendas sobre equipamentos para a tecnologia CCS, com vigência prevista para o período de 01 de janeiro de 2023 até 31 de dezembro de 2027.

A sigla ESG vem do inglês (Environmental, Social and Governance – Ambiental, Social e Governança) e está ligado diretamente ao universo dos investimentos, gestão dos negócios, que transparência e ética se articulam na busca de garantir a competitividade e a perenidade de uma empresa.

As pressões da Europa e dos Estados Unidos pela meta de Net Zero e pelos objetivos ESG estão forçando as empresas internacionais de petróleo a adotar uma estratégia de baixo carbono em seu portfólio global de hidrocarbonetos, incluindo regiões como o Brasil. As empresas agora precisam cumprir as metas ESG e de zero emissões em seus países de origem, impulsionando uma abordagem global.

Desde 1996 a Equinor e a Exxon Mobil utilizam CCS para sequestro de carbono na Noruega. Os efeitos ambientais podem ser medidos através de pontos de referências chamados (*Benchmarks*) e avaliações ESG, que eliminam os silos regionais das empresas internacionais de petróleo e avaliam suas operações de hidrocarbonetos em um portfólio global ESG, isto impacta na sua posição de mercado e na sua aptidão para investimentos verdes. O Brasil vem demonstrando interesse em buscar um futuro de zero emissões, exigindo a aprovação de leis que incentivem o sequestro de CO₂, como a Lei de Redução da Inflação de 2022 (IRA) nos Estados Unidos. A IRA aumentou o preço por tonelada de CO₂ sequestrado na América, estimulando o CCS nos Estados Unidos e combatendo a pressão ESG sobre as empresas de petróleo. O Brasil pode reduzir o CO₂ antropogênico que libera na biosfera, ao mesmo tempo em que assume um papel de liderança na descarbonização na América do Sul, sem impedir totalmente a produção de hidrocarbonetos, já que é

o principal produtor de petróleo na América do Sul e tem fontes e emissão para implantar CCS de maneira única e escalável.

Os processos mais maduros para captura de carbono são aplicáveis a fontes fixas que emitem CO₂ em grande escala, como os processos industriais. Para o setor de energia, essas fontes dizem respeito às atividades de geração de eletricidade em termelétricas, utilização de energia na indústria e produção de combustíveis fósseis. No Brasil, as fontes chamadas de estacionárias de energia emitem em torno de 150 milhões de toneladas de CO₂ o que corresponde a 9% do total de emissões do país. A Figura 29 mostra os principais setores.

Figura 29 – Principais setores para aplicação de CCS



Fonte: CCS Brasil (2023)

Foi dado o exemplo que produzir H₂ com biometano ou etanol agregando o sistema CCS poderá obter emissões negativas, pensando nisso um campo promissor pode ser o crédito de carbono, uma alternativa de se ganhar dinheiro, agora imagine ao invés de usar o sistema CCS usar o CCUS que além de créditos de carbono ainda

poderá vender esse carbono pra outros setores como foi citado o setor de hidrocarbonetos, mas o setor de bebidas utiliza, na agricultura o pode se usar em estufas, logo além de contribuir com as metas de descarbonização ainda se pode agregar mais valor com essas alternativas.

Num cenário conservador, o preço de crédito de carbono fica em torno de 70 dólares, porém pode chegar a 100 dólares com receitas de 20 bilhões por ano, essa é a estimativa, no entanto para que esses créditos de carbono possam se elegíveis, é necessário que as metodologias de certificação de redução de emissões sejam atualizadas e considerem as tecnologias de CCS como elegíveis (CCS Brasil, 2023).

Olhando a Figura 29 e vendo os setores indicados para se utilizar a tecnologia CCS, percebe-se sem se aprofundar muito em pesquisas que o Brasil tem um grande potencial com essa tecnologia, porém o país ainda não tem regulamentação específica para isto. Em 2022 iniciaram regulações e normatização, sem se aprofundar será dado o destaque:

Ao programa Combustível do Futuro de 2021; a comissão da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) em maio de 2022 uma comissão de estudos para a normalização da tecnologia de CCS; certificação RenovaBio e o Projeto de Lei 1425/2022.

Já foi citado que o mundo precisa reduzir ainda mais suas emissões para chegar dentro da cota estipulada de emissões até 2050, e a tecnologia CCS, é muito importante para se chegar lá, e o Brasil tem dificuldades com a regulamentação, existe um longo caminho para começar a se construir projetos no segmento. Para finalizar será citado ações que o país pode seguir:

- Aprovar a regulação para o armazenamento de carbono; necessidade de tramitação da PL 1425/2022
- Estabelecer um mercado de carbono que inclua créditos de carbono de projetos de CCS; a fim de fortalecer a tecnologia o país precisa criar um mercado de crédito reconhecendo-a.
- Mapear oportunidades para o armazenamento de CO₂.
- Criar linhas de financiamento incentivado para projetos de CCS; por conta de ser uma tecnologia de cara instalação exigindo alto investimento, o governo criando financiamentos dedicados ao setor, demonstra seu papel em facilitar mais uma tecnologia em prol do planeta.

- Divulgar informações sobre CCS e seu papel para a mitigação das mudanças climáticas; importante a conscientização do público e engajamento de entidades públicas e privadas para implementarem projetos.

- Incentivar a pesquisa e desenvolvimento tecnológico; poder melhorar essa tecnologia, por conta de excelentes centros de pesquisas que o país possui, capacidade para isso possui, fora a possibilidade de treinamentos de mão-de-obra especializada.

9 EMISSÕES DE CO₂

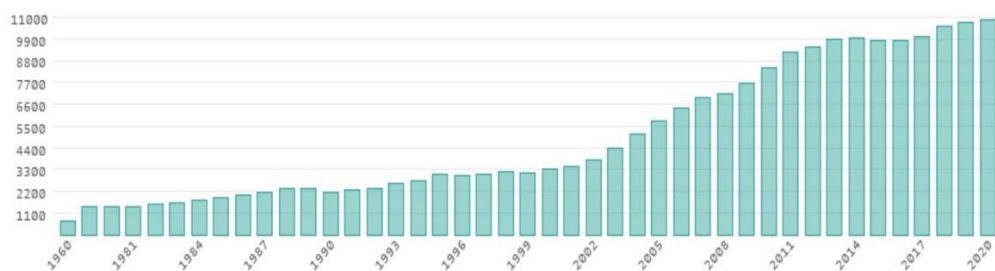
Esta seção irá trazer dados de emissões de alguns países, lembrando que por facilidades o Brasil terá dados mais atualizados de 2023 enquanto os dados dos outros países, compilados e com segurança de confiabilidade, será utilizado dados de 2020. Lembrando também que com a pandemia entre 2020 e 2022 os dados de emissões ficaram fora da realidade.

Com as diretrizes definidas, os países que mais emitem CO₂ no mundo (referência 2020) são:

1º- China; 2º- EUA; 3º- Índia; 4º- Rússia; 5º- Japão; 6º- Irã; 7º- Alemanha; 8º- Coreia do Sul; 9º- Indonésia; 10º- Canadá; 11º- Arábia Saudita e 12º- Brasil no caso do último somando suas emissões de metano, fica na posição 61 (Emissões [...], 2022). Destes países serão comentados os três que mais poluem e o Brasil, e a unidade de medida das emissões é tco₂ toneladas de CO₂.

China, o país que mais polui no mundo, inclusive nos dias atuais. Suas emissões de CO₂, chegaram a 10,94 bilhões. t, se dividir por habitante fica 7,76 t por pessoa. Fazendo a equivalência do Metano emitido em CO₂, sua emissão foi de 1,9 bilhões t, somando o total de suas emissões chega a 12,13 bilhões t. A Figura 30 mostra a evolução das emissões de carbono de 1960 até 2020.

Figura 30 – Evolução das emissões China

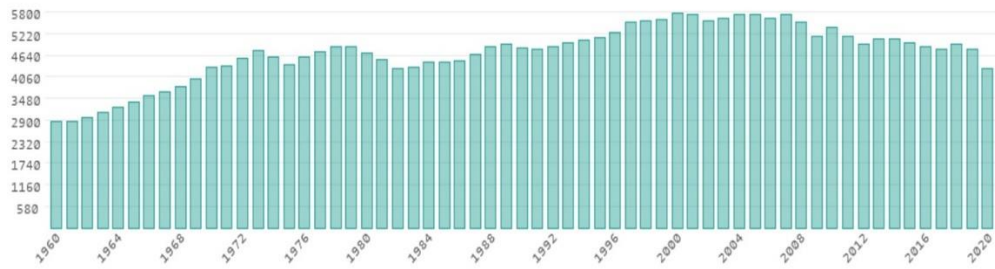


Fonte: Orçamento [...] (2022a)

Obs: Unidade de medida milhões de toneladas.

EUA, suas emissões chegaram a 4,32 bilhões t, por pessoa 12,9 t, metano 748,24 milhões t, total de 5,07 bilhões t. A Figura 31 mostra a evolução das emissões de carbono de 1960 até 2020.

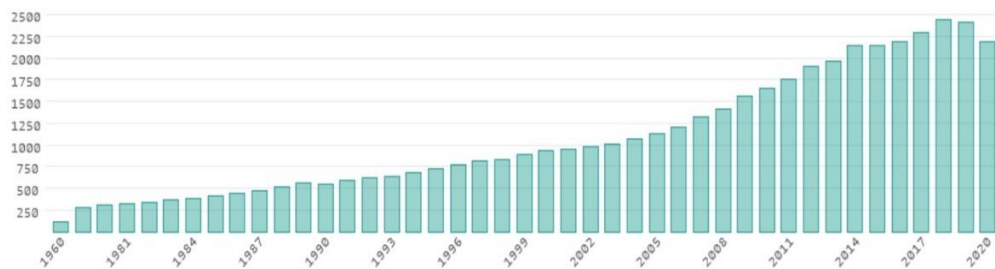
Figura 31 – Evolução das emissões EUA



Fonte: Orçamento [...] (2022b)
Obs: Unidade de medida milhões de toneladas.

Índia, com emissões de 2,2 bilhões t dando 1,54 t por pessoa, em gás metano foram 697,65 milhões t totalizando 2,9 bilhões t. A Figura 32 mostra a evolução das emissões de carbono de 1960 até 2020.

Figura 32 – Evolução das emissões Índia



Fonte: Orçamento [...] (2022c)
Obs: Unidade de medida milhões de toneladas.

Já o Brasil em 2023 falando em emissões brutas, emitiu 2,3 bilhões de toneladas de CO₂, que equivale à (G tCO₂). Representando uma redução de 12% em comparação ao ano passado que foi de 2,6 bilhões de toneladas, sendo a maior queda nas emissões desde 2009.

As atividades industriais emitem gases de efeito estufa quando queimam combustíveis para a obtenção de energia. Essas emissões são, então, alocadas no setor de energia. No entanto, essa não é a única forma de emissão nas indústrias, que também geram gases de efeito estufa devido a transformações físico-químicas que ocorrem durante a fabricação de materiais – como o aço ou o cimento – ou por consequência da utilização de produtos. É o caso do uso de HFCs (uma família de gases com alto poder de aquecimento do planeta) em aparelhos de refrigeração. Tais emissões são alocadas no setor de processos industriais e uso de produtos (PIUP). Como mais um exemplo de emissões de PIUP, pode-se citar os gases de efeito estufa emitidos durante a transformação de bauxita em alumínio (Tsai *et al*, 2024, p. 20).

Setorizando as emissões na agropecuária foram de 631,2 milhões de toneladas, um aumento de 2,2% comparado a 2022, a PIUP com a energia, juntas emitiram 511,3 milhões de toneladas. Esse valor representa 22% das emissões brutas do país no último ano, sendo 18% da energia e 4% ao PIUP, apresentando 1% de aumento para cada setor comparado com 2022.

Emissões de gases de efeito estufa nas atividades de energia e PIUP dividindo por setores: transportes 224 M tCO₂, indústria 154 M tCO₂, produção de combustíveis 44 M tCO₂, geração de eletricidade 38 M tCO₂, edificações 30 M tCO₂ e agropecuária 23 MtCO₂.

De todas as emissões bruta do Brasil em 2023, 98% foi de desmatamento, com 1,04 bilhões de tCO₂ e 65% desse total (678 milhões de toneladas) são desmatamento na Amazônia, seguido do Cerrado com 19% (202 milhões de toneladas), Mata Atlântica em terceiro com 7% (74 milhões de toneladas), seguida de Caatinga 6% (60 milhões de toneladas), Pantanal 2% (16 milhões de toneladas) e Pampa 1% (milhões de toneladas).

Os únicos biomas nos quais as emissões por desmatamento reduziram em relação a 2022 foram a Amazônia redução de 37% e o Pampa redução de 15%, no Cerrado elas aumentaram 23%, na Caatinga, 11%, na Mata Atlântica, 4%, e no Pantanal, 86%, maior alta percentual.

O setor de resíduos em 2023, foi responsável pela emissão de quase 92 milhões de toneladas de CO₂, acumulando um aumento de 1% em relação ao ano anterior. No entanto, as emissões se mostraram estáveis nos últimos cinco anos, em torno de 91 milhões de toneladas, sem grandes oscilações.

Do total das emissões, a principal contribuição permanece associada à disposição de aterros sanitários, resíduos sólidos em aterros controlados e lixões (65,4%), seguida do tratamento de efluentes líquidos industriais (6,2%), do tratamento de efluentes domésticos (26,6%) e contribuições menos significativas da incineração, da queima a céu aberto e da compostagem, que são práticas pouco adotadas no Brasil

O fato das emissões terem praticamente se estabilizado, se deve ao comportamento está associado ao aumento da população, a avanços no acesso aos serviços de saneamento, bem como ao aproveitamento dos gases gerados no tratamento de resíduos, porém, as emissões de metano em aterros sanitários representam umas das principais atividades emissoras de gases de efeito estufa em

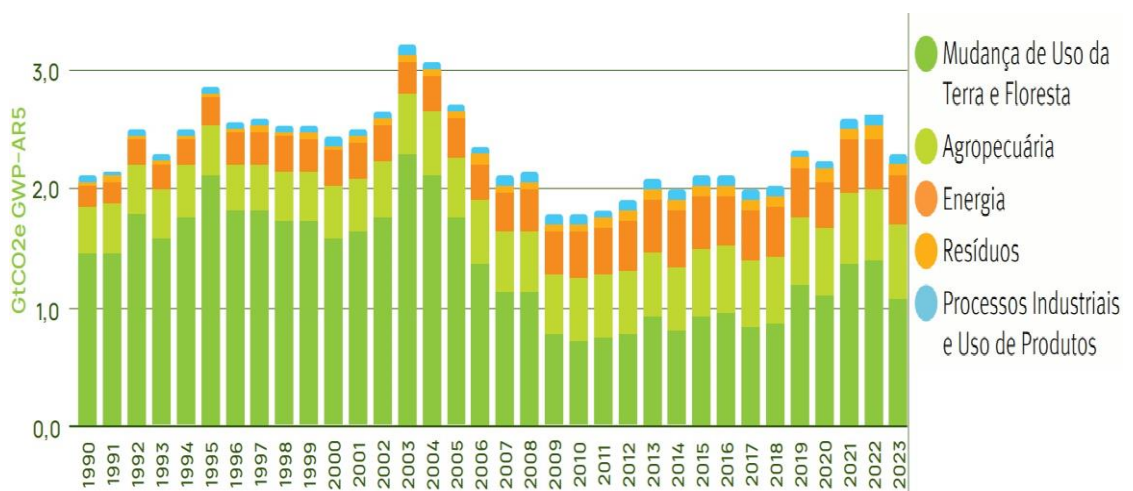
regiões metropolitanas, este problema poderia ser resolvido com as técnicas da biomassa e converte-los em biometano, (comentado na Seção 6.4).

As mudanças no uso da terra foram responsáveis pela emissão de 1,06 bilhão de toneladas brutas de CO₂ equivalentes em 2023. As s emissões brutas tiveram alta em 2021 e 2022. Para encontrar emissões tão altas, seria preciso retornar a 2005. Mas, em 2023, as emissões brutas caíram quase 24% em comparação com 2022 (de 1.392 para 1.062 milhões de toneladas de CO₂). As emissões líquidas tiveram uma redução ainda maior, de 43% (de 741 para 419 milhões de toneladas) entre 2022 e 2023.

As alterações de uso da terra representaram 93% das emissões do setor no último ano, seguida por uma pequena parcela de emissões por queimadas associadas ao desmatamento que foram de 5% e de alterações no estoque de carbono orgânico do solo 2%.

A maior parte (no montante de 60%) das remoções ocorre em áreas de vegetação nativa que permanece como tal, em áreas protegidas (unidades de conservação e terras indígenas), mas a real remoção nessas áreas pode estar superestimada, devido a processos de degradação florestal não contabilizados nessas áreas, que reduzem a capacidade de remoção. O restante das remoções vem do crescimento da vegetação secundária, que equivalem a 39% (254 M tCO₂), e de outras mudanças de uso da terra, que equivalem a menos de 1% (2 M tCO₂). A Figura 33 mostra a evolução das emissões do Brasil, de acordo com as áreas citadas.

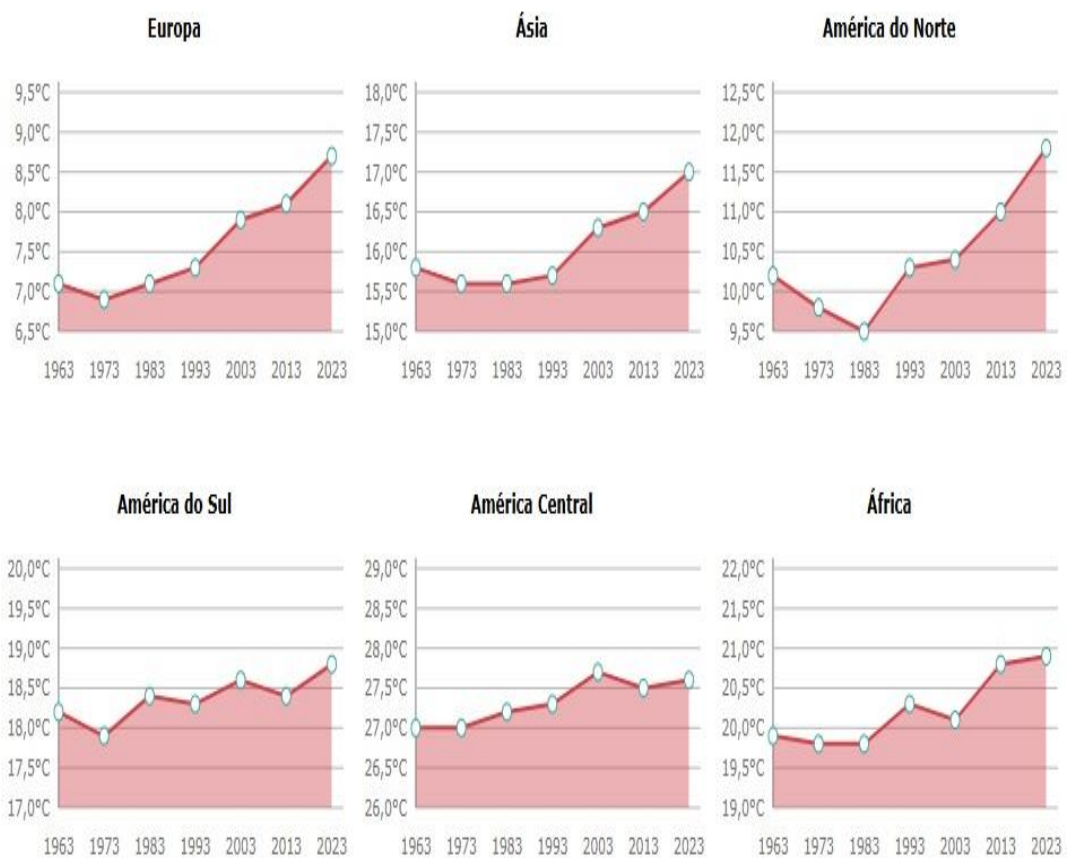
Figura 33 – Evolução das emissões do Brasil



Fonte: Editado de: Tsai *et al.* (2024, p. 7)

Se notarmos os gráficos com exceção do gráfico do Brasil que consta um tempo menor para comparação, notamos que todos comparados ao passado, tiveram aumento das emissões, mas vale ressaltar no gráfico dos EUA um recuo nas emissões após 2008. Foi dito aqui, que o CO₂, é o principal gás responsável pelo aumento da temperatura do planeta. A Figura 34, mostra o aumento da temperatura média dos continentes durante todos esses anos de aumento dos GEEs na atmosfera.

Figura 34 – Aumento das temperaturas nos continentes



Fonte: Mudança [...] (2022)

Se você quiser observar as temperaturas aumentando ou diminuindo durante um longo período de tempo, você precisa de estações meteorológicas que não só existiram durante todo o período, mas também de dados fornecidos continuamente. Analisando o período dos últimos 70 anos, restam apenas 236 das mais de 4000 estações meteorológicas no mundo inteiro. Estes, entretanto, fornecem dados informativos de grandes partes do mundo e mostram um aumento geral na temperatura do ar. Especialmente nos últimos 10 a 20 anos, a temperatura subiu mais fortemente do que nas décadas anteriores. Todas as 236 estações de medição forneceram dados contínuos durante todo o período de observação. As mudanças nestes valores médios não se devem, portanto, ao fato de que as estações individuais estiveram fora de operação por um período de tempo mais longo ou que novas estações

foram adicionadas em regiões particularmente quentes ou frias. A média dos 10 anos anteriores é dada em cada caso (Mudança [...], 2022)¹².

Os gráficos mostram as temperaturas médias diárias, consegue-se ver que houve um aumento acentuado das temperaturas nas regiões mais povoadas da Terra desde a década de 1980. Os desenvolvimentos na Europa, América do Norte e Ásia são particularmente impressionantes, onde houve aumentos consideráveis de temperatura em alguns casos.

Mais uma fonte corroborando com tudo que já foi mostrado, fica claro que as emissões de GEEs são preocupação de todos para que as próximas gerações possam ter um planeta saudável sem aquecimento global e todas as mudanças climáticas que vem acontecendo. Não será fácil, e a dificuldades também foram comentadas, mas todos os países precisam se unir para poderem preservar o planeta.

¹² Fonte não paginada.

10 CONCLUSÃO

Há tempos que o planeta vem pedindo socorro, sofrendo por conta de ações antrópicas, tentando de sua maneira procurando restabelecer o equilíbrio. Quando o ser humano fica doente com febre, ele até pode baixar sua febre, com atitudes remediadoras, mas só indo no cerne da causa sua febre poderá voltar. É assim que temos que agir com nosso planeta.

Muitos estudos chegaram ao mesmo resultado, nosso planeta está com febre (aquecimento global), qual o motivo? (gases de efeito estufa), qual a solução? Emitir menos gases de efeito estufa.

Tudo isso já se estudou. A importância na causa é tanta, que uma empresa de investimentos com prestígio internacional chamada BlackRock anunciou em dezembro de 2023 que começaria a migrar seus investimentos a empresa ligadas à baixa emissão de carbono (Investing [...], 2023).

Já foi constatado que existe gases mais letais ao planeta de o gás carbônico, porém o CO₂ é o que mais interfere no efeito estufas, por conta da nossa atmosfera, logo o que mais nos preocupa.

O que mais causa emissão de CO₂ na atmosfera, são os combustíveis fósseis, por isso tanta importância com as energias renováveis. As energias renováveis são no momento nossa principal arma na descarbonização pelo fato de terem emissões de carbono muito próximas a zero.

Num planeta onde a humanidade entende que é preciso manter a temperatura até 1,5 °C acima da era pré-industrial para não colapsar e perdermos o controle do que pode acontecer com o planeta, e de suma importância que o mundo faça uma transição energética e rápido, transição essa que são as renováveis.

Neste instante de extrema importância a maioria dos países estão fazendo apenas um paliativo, ou porque não possuem condições para tal transição, ou pelo fato de terem combustível fósseis em abundância, e pensarem apenas no seu lado financeiro, foi citado na monografia o exemplo que presidente do Azerbaijão e anfitrião da COP29, Ilham Aliiev chamou os hidrocarbonetos de presente de Deus.

As renováveis funcionam muito melhor aliadas a eficiência energética, inovações tecnológicas que possam somar em formas de tecnologias mais baratas por exemplo, ou que melhorem a eficiência de geração de energia do sistema. Por

último existe a captura e sequestro de carbono que podem reduzir ainda mais as reduções de carbono, e quando utilizado junto no processo de reforma a vapor de biocombustíveis para se obter hidrogênio poder obter carbono negativo.

Por falar em carbono negativo uma ótima solução são as cotas de carbono, em que um país que possui créditos pelo fato de obter emissões negativas de carbono, pode vender seus créditos, assim quem compra pode manter suas emissões caso tenha dificuldade e por ser uma forma justa de se lucrar pode incentiva-lo à almejar mais créditos para seus lucros e equilibra o sistema de emissões, que se trata de uma cota de se deve manter as emissões até 2050.

É importante pontuar que existe fatores principais que auxiliam na transição energética, e que cada fator vai atrapalhar os países de maneira única para cada um. Por mais que os passos estão lentos na busca de se buscar o colapso do planeta, tem que se entender que nem todos conseguem fazer o que é necessário para diminuir suas emissões

Analisando o principal erro do Brasil que está entre os países mais poluidores do mundo por conta de seu desmatamento e de acordo com estudos de emissões de 2023 98% foi por conta do desmatamento. Logo uma outra solução é plantar mais árvores, assim naturalmente se obtém a captura e o sequestro de carbono, ajudando muito o nosso planeta.

Estudos feitos num passado recente, já “previam” essa situação que estamos passando, mostrando que um estudo quando sério, dedicado e bem feito, é possível se chegar a resultados concretos. Infelizmente as previsões não são boas se seguirmos neste ritmo, não conseguiremos impedir o colapso e não sabemos se as gerações futuras terão onde morar.

Tomara que cada país consiga fazer sua parte, e os que não conseguirem tenham créditos de carbono suficientes para ajuda-lo e consigam avançar com as energias renováveis e no tão sonhado Net Zero.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. Chuvas intensas no Rio Grande do Sul já afetam 52 municípios. **Agência Brasil**. Brasília, DF, 2024. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/meio-ambiente/noticia/2024-09/chuvas-intensas-no-rio-grande-do-sul-ja-afetam-52-municipios>. Acesso em: 09 nov. 2024.
- ANDREOS, R. Cogeração de Energia Térmica e Eletromecânica. *In*: SIMÕES MOREIRA, J. R. (org.). **Energias Renováveis, Geração distribuída e Eficiência Energética**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2023. Cap. 13, p. 334-353.
- ARLOTA, A. S. C. Um novo paradigma de atuação das companhias petrolíferas. *In*: COSTA, H. K. D. M. (coord.). **Transição Energética, Justiça Geracional e Mudanças Climáticas**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2020. p. 173-206.
- AS IMAGENS de satélite que mostram tamanho da destruição após enchente na Espanha. **BBC News Brasil**. [Londres], 2024. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/c4gvxg0nepko>. Acesso em: 09 nov. 2024.
- AS MUDANÇAS Climáticas. **WWF**. [Brasília], [20--]. Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/clima/mudancas_climaticas2/. Acesso em: 09 set. 2024.
- ASTH, R. C. Energia Geotérmica. **Toda Matéria**. [Matosinho - MG], c2024. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/energia-geotermica/>. Acesso em: 21 out. 2024.
- BATISTA, D. A. Thermas dos Laranjais: tudo sobre o maior parque aquático da América Latina. **Melhores Destinos - Viage Mais gastando Menos** -. [S.l.], 2024. Disponível em: <https://www.melhoresdestinos.com.br/thermas-dos-laranjais.html>. Acesso em: 29 out. 2024.
- BIODIGESTOR: para que serve, tipos, vantagens, desvantagens. **Vertown Gestão de Resíduos**. Belo Horizonte, 2024. Disponível em: <https://www.vertown.com/blog/biodigestor/>. Acesso em: 12 out. 2024.
- BIOMASSA. **Mundo Educação**. [Goiânia - GO], c2024. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/biomassa.htm>. Acesso em: 12 out. 2024.
- BOTÃO, R. P. A transição energética mundial e nacional - a alternativa do GNL. *In*: COSTA, H. K. D. M. (coord.) **Transição Energética, Justiça Geracional e Mudanças Climáticas**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2020. p. 297-320.
- BP ENERGY Outlook 2023 explora as principais tendências e incertezas em torno da transição energética. **BP Brasil**. [São Paulo], 2023. Disponível em: https://www.bp.com/pt_br/brazil/home/noticias/press-releases/EO2023.html. Acesso em: 05 nov. 2024.

BRASIL apresenta metas climáticas na COP29 sem convencer ONGs. **Ecoa Uol**. [São Paulo], 2024. Disponível em: <https://www.uol.com.br/ecoa/noticias/rfi/2024/11/13/brasil-apresenta-metas-climaticas-na-cop29-sem-convencer-ongs.htm>. Acesso em: 14 nov. 2024.

Brasil. Lei 9.478, de 06/08/1997. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências. Brasília, DF, 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9478.htm. Acesso em: 11 nov. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Histórico ODS. **Gov.br**. Brasília, DF, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/aceso-a-informacao/informacoes-ambientais/historico-ods>. Acesso em: 11 nov. 2024.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Alexandre Silveira celebra nova inclusão da Itaipu Binacional no Guinness Book. **Gov.br**. Brasília, DF, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/alexandre-silveira-celebra-nova-inclusao-da-itaipu-binacional-no-guinness-book>. Acesso em: 05 nov. 2024.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Transição energética: a mudança de energia que o planeta precisa. **Gov.com**. Brasília, DF, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/transicao-energetica-a-mudanca-de-energia-que-o-planeta-precisa>. Acesso em: 05 nov. 2024.

BRASIL. Nações Unidas. Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7: Energia limpa e acessível Garantir o acesso a fontes de energia fiáveis, sustentáveis e modernas para todos. **Nações Unidas Brasil**. Brasília, DF, [2015]. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/7>. Acesso em: 11 nov. 2024.

BRASIL, ratifica Acordo de Paris sobre Mudança do Clima. **Câmara dos deputados**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/497879-brasil-ratifica-acordo-de-paris-sobre-mudanca-do-clima/>. Acesso em: 16 set. 2024.

CARNEIRO, C. D. C. **Jornal da USP**. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://jornal.usp.br/radio-usp/descarbonizacao-no-brasil-e-uma-realidade-que-mira-em-novas-tecnologias-e-areas-de-exploracao/>. Acesso em: 05 nov. 2024.

CARVALHO, A. Energia geotérmica: entenda o que é e como funciona. **Quero Bolsa**. [S.l.], 2023. Disponível em: <https://querobolsa.com.br/enem/geografia/energia-geotermica/>. Acesso em: 21 out. 2024.

CCS BRASIL. **1º Relatório Anual de CCS no Brasil**. CCS Brasil. [São Paulo]: [s.n.], p. 43. 2023. Disponível em: <https://www.ccsbr.com.br/relatorios-anuais>. Acesso em: 13 set. 2024

CONHEÇA as Novas Tecnologias de Descarbonização no Brasil. **Jornada Verde**. [S.l.], c2024. Disponível em: <https://jornadaverde.com/conheca-as-novas-tecnologias-de-descarbonizacao-no-brasil/>. Acesso em: 05 nov. 2024.

COP 28: veja por que acordo histórico tem lado positivo, mas saldo ainda é negativo na luta contra crise do clima. **G1**. [Rio de Janeiro], 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/meio-ambiente/noticia/2023/12/13/cop-28-entenda-os-principais-pontos-do-acordo-final.ghtml>. Acesso em: 13 set. 2024.

DUTRA, R.. **Energia Eólica Princípios e Tecnologia**. [Rio de Janeiro]: [s.n.], [2008?]. E-book. Disponível em: https://cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_eolica_2008_e-book.pdf. Acesso em: 11 out. 2024.

EGAN, M. Preço do petróleo estava negativo há um ano, mas isso é passado. O que esperar? **CNN Brasil**. [São Paulo], 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/ha-um-ano-preco-do-petroleo-estava-negativo-mas-isso-agora-e-passado/>. Acesso em: 14 nov. 2024.

EMISSÕES de metano e CO₂ por país. **Dados mundiais**. [S./], 2022. Disponível em: <https://www.dadosmundiais.com/co2-por-pais.php>. Acesso em: 05 nov. 2024.

ENERGIA eólica: o que é, como funciona, vantagens e desvantagens. **Portal Solar**. São Paulo, c2024. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/energia-eolica>. Acesso em: 11 out. 2024. ok

Empresa de Pesquisa Energética – EPE. **BEN Relatório Síntese 2024**. Ministério de Minas e Energia - MME; Governo Federal Brasil. Brasília, DF: [s.n.], p. 71. 2024a. (Ano base 2023). Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-819/topico-715/BEN_S%C3%ADntese_2024_PT.pdf. Acesso em: 05 nov. 2024.

Empresa de Pesquisa Energética – EPE. **Estudo Sobre o Aproveitamento do Gás Natural do Pré-Sal**. Governo Federal Brasil; Ministério de Minas e Energia - MME; Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível - ANP; Pré-Sal Petróleo S.A.; Banco Nacional do Desenvolvimento - BNDS. Brasília,DF: [s.n.], p. 38. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/livros-e-revistas/estudo-sobre-o-aproveitamento-do-gas-natural-do-pre-sal>. Acesso em: 05 nov. 2024.

Empresa de Pesquisa Energética – EPE. **Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2034 - PDE2034**. Ministério de Minas Energia - MME; Governo Federal Brasil. Rio de Janeiro: [s.n.], p. 15. 2024b. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-804/topico-709/PDE%202034_Consolidac%C3%A7%C3%A3o%20de%20Resultados_20241106%20\(1\).pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-804/topico-709/PDE%202034_Consolidac%C3%A7%C3%A3o%20de%20Resultados_20241106%20(1).pdf). Acesso em: 05 nov. 2024.

ESTEVES, H. B. B. . E. A. **Produção e Consumo de Hidrogênio em Refinarias no Brasil. Nota Técnica**. [Brasília]: [s.n.], 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-667/NT-EPE-DPG-SDB-2022-01%20-%20Hidrog%C3%AAnio%20em%20Refinarias.pdf>. Acesso em: 13 out. 2024.

ETT, G.; SIMÕES MOREIRA, J. R. Hidrogênio e Células Combustível. *In*: MOREIRA, J. R. S. (org.). **Energias Renováveis, Geração distribuída e Eficiência Energética**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2023. Cap. 15, p. 376-394.

FADIGAS, E. A. F. A.; ZACHARIADIS, D. C. Energia Eólica. *In*: SIMÕES MOREIRA, J. R. (org.). **Energias Renováveis, Geração distribuída e Eficiência Energética**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2023. Cap. 8, p. 173-221.

FERREIRA, D., E. A. Biodiesel no Brasil: desafios e oportunidades para uma transição. *In*: COSTA, H. K. D. M. (coord.) **Transição Energética, Justiça Geracional e Mudanças Climáticas**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2020. p. 321-345.

FRAZÃO, D. James Watt Engenheiro e matemático escocês. **Ebiografia**, 2021. Disponível em: https://www.ebiografia.com/james_watt/. Acesso em: 19 ago 2024.

GOLDEMBERG, J. **Energia e Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., v. 4, 2014. 94 p.

GONZÁLEZ, C. G. M.; SUÁREZ, C.D.; SAUER, I. L. Considerações históricas para (re) pensar a transição. *In*: COSTA, H. K. D. M. (coord.) **Transição Energética, Justiça Geracional e Mudanças Climáticas**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2020. p. 35-74.

GUITARRARA, P. Aquecimento global. **Brasil Escola**. [Goiânia], c2024b. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/aquecimento-global.htm>. Acesso em: 09 set 2024.

GUITARRARA, P. Energia das marés. **Brasil escola** [Goiânia], c2024a. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/energia-das-mares.htm>. Acesso em: 11 out. 2024.

HÁ um ano, Alemanha encerrava sua era nuclear. **DW**. [Alemanha], 2024. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/h%C3%A1-um-ano-alemanha-encerrava-sua-era-nuclear/a-68828968>. Acesso em: 28 out. 2024.

IMPULSIONANDO uma transição sustentável. **Iberdrola**. [Bilbao, ESP.], c2024. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/transicao-energetica>. Acesso em: 05 nov. 2024.

INVESTING in the transition to a low-carbon economy. **BLACKROCK**. Londres, 2023. Disponível em: <https://www.blackrock.com/corporate/sustainability/low-carbon-0/>. Acesso em: 05 nov. 2024

JAMES Watt e o caminho para a Revolução Industrial. **National Geographic Portugal**. [Lisboa], 2022. Disponível em: https://www.nationalgeographic.pt/historia/james-watt-e-o-caminho-para-a-revolucao-industrial_3002. Acesso em: 19 ago. 2024.

KINGSFORD, P. W. James Watt: Scottish inventor. **Britannica**. [Londres], 2024. Disponível em: <https://www.britannica.com/biography/James-Watt>. Acesso em: 19 ago. 2024.

LANTAU. Matriz energética chinesa. **Lantau Business Answers**. Shanghai, China, 2023. Disponível em: <https://www.lantau.com.br/post/matriz-energ%C3%A9tica-chinesa>. Acesso em: 05 nov. 2024.

LAWSON, A.; PEREIRA, G. **Termelétricas e seu papel**. FGV Energia. [Rio de Janeiro]: [s.n.], p. 10. 2017. Disponível em: <https://repositorio.fgv.br/server/api/core/bitstreams/6464a564-1ee8-4cfb-8902-60c899461a1a/content>. Acesso em: 05 nov. 2024.

LEE, C. China: heroína do clima ou vilã dos combustíveis fósseis? **DW**. [Alemanha], 2023. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/china-hero%C3%ADna-do-clima-ou-vil%C3%A3-dos-combust%C3%ADveis-f%C3%B3sseis/a-67607384>. Acesso em: 09 nov. 2024.

MARQUES, V. Fontes de Energia: o que são e seus tipos (renováveis e não renováveis). **Toda Matéria**. [Matosinho - MG], [entre c2011 e 2024]. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/fontes-de-energia/>. Acesso em: 28 out. 2024.

MIRKHAN, A. Transição energética será 'mais lenta que o necessário' no Brasil até 2050, dizem especialistas. **Brasil de Fato**. Brasília, DF, 2024. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2023/11/04/transicao-energetica-sera-mais-lenta-que-o-necessario-no-brasil-ate-2050-dizem-especialistas>. Acesso em: 13 nov. 2024.

MORBACH, I.; COSTAS, H. K. D. M. Os compromissos de descabornização brasileiros e uma proposta. *In*: COSTAS, H. K. D. M. (coord.) **Transição Energética, Justiça Geracional e Mudanças Climáticas**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2020. p. 157-172.

SIMÕES MOREIRA, J. R. ; GRIMONI, J. A. B.; ROCHA, M. D. S. Energia e Panorama Energético. *In*: MOREIRA, J. R. S. (org.). **Energias Renováveis, Geração distribuída e Eficiência Energética**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2023. Cap. 1, p. 1-14.

MUDANÇA climática e aquecimento global. **Dados mundiais** [S./], 2022. Disponível em: <https://www.dadosmundiais.com/mudanca-climatica.php>. Acesso em: 05 nov. 2021.

NACIONAL, Jornal. Enchentes na Espanha: moradores acusam governo de não ter emitido alertas da chuva em Valência. **G1**. [Rio de Janeiro], 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2024/11/04/enchentes-na-espanha-moradores-acusam-governo-de-nao-ter-emitido-alertas-da-chuva-em-valencia.ghtml>. Acesso em: 09 nov. 2024.

NOVAIS, S. A. Gases do efeito estufa. **Brasil Escola**. [Goiânia], c2024. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/gases-efeito-estufa.htm>. Acesso em: 19 ago. 2024.

ORÇAMENTO de energia na China. **Dados mundiais**. [S./], 2022a. Disponível em: <https://www.dadosmundiais.com/asia/china/orcamento-energia.php>. Acesso em: 05 nov. 2024.

ORÇAMENTO de energia na Índia. **Dados mundiais**. [S.l.], 2022c. Disponível em: <https://www.dadosmundiais.com/asia/india/orcamento-energia.php>. Acesso em: 05 nov. 2024.

ORÇAMENTO de energia nos Estados Unidos da América. **Dados mundiais**. [S.l.], 2022b. Disponível em: <https://www.dadosmundiais.com/america/usa/orcamento-energia.php>. Acesso em: 05 nov. 2024.

PACHECO, C. R. D. F. Fundamentos da Utilização de Energia Solar. *In*: SIMÕES MOREIRA, J. R. (org.). **Energias Renováveis, Geração distribuída e Eficiência Energética**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2023. Cap. 9, p. 223-259.

PIPELINES, Ships, Trucks, and Rail: Transporting CO₂. **Global CCS Institute**. [Melbourne, Austrália], c2024. Disponível em: <https://www.globalccsinstitute.com/ccs-explained-transport/>. Acesso em: 11 nov. 2024.

PRADE, Y. C. A evolução dos contratos no mercado internacional de GNL. **Blog Infopetro**. [S.l.], 2018. Disponível em: <https://infopetro.wordpress.com/2018/04/18/a-evolucao-dos-contratos-no-mercado-internacional-de-gnl/>. Acesso em: 08 nov. 2024.

QUAL a diferença entre painel fotovoltaico e o coletor solar. **Suno Solar**. Araguaína, TO, [2024?]. Disponível em: <https://sunosolar.com.br/qual-a-diferenca-entre-o-painel-fotovoltaico-e-o-coletor-solar/>. Acesso em: 14 out. 2024.

RABELLO, G. Descarbonização: o que é e as energias renováveis. **Siteware**. [S.l.], 2024. Disponível em: Descarbonização: o que é e as energias renováveis. Acesso em: 05 nov. 2024.

RAÍZEN, T. D. P. D. Por que a energia hidrelétrica é importante? Entenda suas vantagens. **Raízen**. Barra da Tijuca, RJ 2023. Disponível em: <https://www.raizen.com.br/blog/energia-hidreletrica>. Acesso em: 21 out. 2024.

REVOLUÇÃO Industrial. **Historiadomundo**. Goiânia, GO. Disponível em: <https://www.historiadomundo.com.br/idade-moderna/revolucao-industrial.htm>. Acesso em: 05 set. 2024.

ROBBINS, J. Can Geothermal Power Play a Key Role in the Energy Transition? **Yale Environment 360**. [New Haven, EUA], 2020. Disponível em: <https://e360.yale.edu/features/can-geothermal-power-play-a-key-role-in-the-energy-transition#>. Acesso em: 21 dez. 2024.

ROSA, A. V. D. **Processos de Energias Renováveis**. Tradução de Paula Santos Diniz. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora LTDA, 2015.

SOUZA, D. Matriz energética brasileira: Quais são as principais? **Kartado**. Florianópolis, SC, 2024a. Disponível em: <https://kartado.com.br/matriz-energetica-brasil/>. Acesso em: 09 nov. 2024.

SOUZA, D.. Matriz energética mundial: Quais são as principais? **Kartado**. Florianópolis, SC, [2024b]. Disponível em: <https://kartado.com.br/matriz-energetica-mundial/>. Acesso em: 09 nov. 2024.

SUANI, T. C. *et al.* Geração de Eletricidade a partir de Biomassa no Brasil: Situação Atual, Perspectivas e Barreiras. *In*: SIMÕES MOREIRA, J. R. (org.). **Energias Renováveis, Geração distribuída e Eficiência Energética**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2023. Cap. 12, p. 303-333.

TEXEIRA, D. M. Os desafios Tributários na Transição energética : O Caso da Geração Termelétrica a Gás Natural. *In*: COSTA, H. K. D. M. (coord.) **Transição Energética, Justiça Geracional e Mudanças Climáticas**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2020. p. 257-279.

TSAI, D. *et al.* **Análise das Emissões de Gases de Efeito Estufa e Suas Implicações Para as Metas Climáticas do Brasil 1970-2023**. SEEG. [Piracicaba, SP] , p. 49. 2024.

TURBINA hidrelétrica. **Enel Green Power**. [Roma, IT], [20--?]. Disponível em: <https://www.enelgreenpower.com/pt/learning-hub/energias-renoveveis/energia-hidraulica/turbina-hidreletrica>. Acesso em: 21 out. 24.

USINA geotérmica: o que é, de onde vem, como usar? Veja tudo! **Portal Solar**. São Paulo, 2024. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/energia-geotermica>. Acesso em: 21 out. c2024.

YAMAMOTO, E. Cidade Universitária terá a primeira estação de hidrogênio renovável a partir do etanol do mundo. **JORNAL DA USP**. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://jornal.usp.br/institucional/cidade-universitaria-tera-a-primeira-estacao-de-hidrogenio-renovavel-a-partir-do-etanol-do-mundo/>. Acesso em: 20 out. 2024.

ZACARIADIS, D. C. Energia das Marés e Ondas. *In*: MOREIRA, J. R. S. (org.). **Energias Renováveis, Geração distribuída e Eficiência Energética**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2023. Cap. 14, p. 354-375.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ENTREVISTADOS

Foram enviados questionários para alguns especialistas que foram colaboradores do livro **Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética**, que é assinado pelo organizador do livro José Roberto Simões Moreira.

Este livro, foi uma base teórica muito utilizada na composição desta monografia. Acrescentando que este livro, foi no ano de 2023, o mais vendido pela Amazon, se tratando do assunto de energias renováveis e para quem se interessar no livro, comprem a terceira edição sem data de publicação no instante que essa informação é adicionada nesta monografia. Edição essa programada por conta da Lei 14.300/2022, conhecida também como Marco Legal da Micro e Minigeração de Energia, que entrou em vigor após o lançamento da segunda edição¹³.

Esses questionários foram enviados aos entrevistados ou por e-mail ou via WhatsApp.

O primeiro questionário irá ser do Claudio Roberto de Freitas Pacheco. A foto utilizada foi pedida no questionário e enviada junto.

Figura 35 – Professor Pacheco



Fonte: Próprio entrevistado.

Pode contar um pouco sobre sua carreira?

R: Graduado em Engenharia Mecânica opção Projetos pela Escola Politécnica da USP (1971), Mestrado em Engenharia Química pela mesma instituição (1981- Secador em leite fluidizado centrífugo), Doutorado em Engenharia Química pela mesma instituição (1990- Energia no processo Rayon Viscose).

¹³ Fonte: Conversa Particular com o Organizado do livro.

Atualmente sou Consultor Industrial nas especialidades: Processos Térmicos, Conservação de Energia, Ventilação Industrial, Secagem Industrial, Evaporação, Filtração, Instalações de Bombeamento e Utilidades e Utilização de Energia Solar. Colaboro com o SISEA (Laboratório de Sistemas Energéticos Alternativos) – EPUSP (Escola Politécnica – Universidade de São Paulo) – e ministro a disciplina Energia Solar Fundamentos do Curso Energias Alternativas PECE USP (Programa de Educação Continuada em Engenharia), aonde também oriento monografias em Energia Solar. Atuo como referência dos periódicos: Experimental Thermal and Fluid Science; Chemical Engineering Science; Food and Bioproducts Processing. Presto assessoria de coaching em projetos industriais para engenheiros. No período de março de 2010 a março de 2013 escrevi a coluna “Ponto Crítico” da revista Química e Derivados.

Fui pesquisador do (IPT) Instituto de Pesquisas Tecnológicas de SP (1973-1985) trabalhando nos laboratórios de termometria e medidas de vazão. Colaborei nos programas governamentais de conservação de energia na indústria e utilização racional de gás combustível industrial. Construí e operei o laboratório de energia solar e coordenei os projetos e construção de utilização de energia solar em habitação multifamiliar e hospital.

Fui Gerente de Processos, Conservação de Energia e Meio Ambiente da Companhia Nitro Química Brasileira (1985-1990) atuando nos processos de Rayon Viscose, Ácido Sulfúrico, Ácido Fluorídrico, Nitrocelulose, Bissulfeto de Carbono, Sulfato de Sódio e nas Utilidades com Geração de Energia Elétrica.

Fui Professor Doutor do Departamento de Engenharia Química da Escola Politécnica USP (1990- 2008) onde ministrei disciplinas relativas a instalações de bombeamento, filtração, evaporadores, secagem, combustão e utilidades. Fui professor de pós-graduação em secagem industrial. Orientei e formei sete mestres. Implementei e coordenei os Cursos Cooperativos da Escola Politécnica USP. Publiquei meus trabalhos de pesquisa em revistas internacionais, tendo duas vezes recebido o Prêmio Bambu (Seção Técnica Engenharia e Manutenção da ABTCP Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel 2004 e 2005).

Mais detalhes USP Digital:
<https://uspdigital.usp.br/tycho/CurriculoLattesMostrar?codpub=97A0ACAE4D39>

O que te levou a seguir o caminho das renováveis?

R: Como pode observar tenho mais de 50 anos de exercício da engenharia na área técnica de muitos segmentos produtivos. Minha primeira vivência com energia solar ocorreu em 1977 quando conduzi a primeira, e ainda maior instalação de energia solar conversão térmica em SP em um ambiente multifamiliar de edifício público.

Qual o papel das energias renováveis para diminuir as emissões de CO₂ na sua opinião?

R: Emissões de CO₂ dependem da forma como vivemos, alguns grupos humanos usam muito mais energia do que o suficiente para viver e outros tem consumo de energia insuficiente e o pouco que usam o fazem de forma ineficaz. A energia eólica e a solar podem sem dúvida contribuir positivamente, mas são apenas parte de uma solução bem mais complexa.

Na sua opinião o que falta para o Brasil e o mundo para avançarem mais com as renováveis?

R: Depende de aproveitar as oportunidades de cada região. Não creio em soluções globais.

Quais os principais desafios para se expandir com a energia solar fotovoltaica e térmica?

R: Capital existe. A incorporação desta forma de energia no planejamento e projeto de novos empreendimentos é fundamental.

Comente algo que ache importe se quiser ou que ache que agregue esta entrevista

R: Sem dúvida a educação básica geral de boa qualidade que permita formar um cidadão consciente nas suas decisões de vida é necessária para qualquer evolução em todos os campos. No Brasil, em 2024, estamos muito longe disso.

O próximo entrevistado foi Demetrio Cornilios Zachariadis.

Figura 36 – Professor Demetrio



Fonte: Próprio entrevistado.

Conte um pouco sobre sua carreira?

R: Graduação em Engenharia Naval, Mestrado em Estruturas Navais/Oceânicas e Doutorado em Eng. Mecânica. Professor do Depto. Eng. Mecânica da EPUSP desde 1988. Consultor nas áreas de Dinâmica e Vibrações, Tribologia e Energia Eólica.

Como você começou com as renováveis?

R: Curiosidade e orientações de trabalhos de formatura

Conte-nos um pouco sobre seus artigos científicos

R: Os relacionados à energia eólica são voltados em geral para a análise dinâmica e estrutural das turbinas.

O que você acha que pode ser feito para incentivarmos as renováveis e aumentarmos sua utilização?

R: Diminuir a carga tributária e facilitar a conexão à rede de distribuição.

Na sua opinião, qual a importância das renováveis se tratando de descarbonização?

R: São uma alternativa economicamente viável e competitiva.

No livro de Energias Renováveis, Geração de energia e Eficiência Energética com José Roberto Simões Moreira como organizador, você colabora com o Capítulo de Energia Eólica. Qual o potencial dela no Brasil?

R: O Brasil tem ventos excelentes em regiões onde as terras são pouco produtivas ou que são empregadas em atividades agrícolas/pecuárias compatíveis com a instalação de parques eólicos. Em diversas regiões as energias eólica e

fotovoltaica são complementares e podem ser implementadas em complexos híbridos. Os investimentos em parques eólicos no Brasil são bastante atraentes.

No livro de Energias Renováveis, Geração de energia e Eficiência Energética com Jose Roberto Simões Moreira como organizador, você colabora com o Capítulo de Energia das Marés. Qual o potencial dela no Brasil?

R: Por enquanto o aproveitamento econômico da energia das marés é inviável no Brasil

O último entrevistado foi Gerhard.

Figura 37 - Professor Gerhard



Fonte: Próprio entrevistado.

Pode contar um pouco sobre sua carreira?

R: Iniciei minha trajetória na área de tratamento de superfícies e eletroquímica em uma empresa da minha família, a Cascadura. Desde pequeno, passava as férias lá, adquirindo muito conhecimento e experiência. Esse ambiente me inspirou a cursar Engenharia Química no Mackenzie, com o intuito de seguir carreira na empresa. Durante a graduação, também fiz um curso técnico em Mecânica de Aeronaves (EMA) e me formei em Química, também no Mackenzie.

Nesse período, estagiei na filial de Santo André pela manhã, cursava o mestrado à tarde e finalizava a graduação em Química à noite. A USP, então, me convidou para passar diretamente ao doutorado, o qual concluí alguns anos depois.

Enquanto isso, meu pai decidiu deixar a empresa familiar, e juntos, resolvemos abrir uma empresa de anodização. No CIETEC (Centro de Inovação, Empreendedorismo e Tecnologia), conhecemos nossos futuros sócios e fundamos a Electrocell. A empresa inovou significativamente, criando 88 produtos e sendo reconhecida pela Fuel Cell Today como uma das quatro líderes mundiais na produção

de stacks de células a combustível de 50 kW. Desenvolvemos a maior célula a combustível PEM (Células a Combustível de Membranas Polimérica) do Hemisfério Sul; o sistema de Fuel cell do ônibus da UFRJ/COPPE (Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro), estabelecendo um recorde mundial de compactação.

Com a crise de 2011, fui contratado pelo IPT, onde atuei como gerente em um projeto de gaseificação, Chefe do Laboratório de Engenharia Térmica (LET) e assessor do diretor de inovação, e posteriormente, do presidente. Continuei colaborando com a empresa, junto ao meu pai. O trabalho no IPT era gratificante e cheio de perspectivas de crescimento. Contudo, em 2017, um fundo de investimento familiar se interessou pela empresa e me solicitou a sair do IPT para liderar novos projetos. Abri mão de uma carreira promissora no IPT para seguir meus sonhos. Nesta nova fase, desenvolvemos produtos inovadores, como uma empilhadeira elétrica, módulos de baterias de íons de lítio e um container de 722 kWh. No entanto, após uma parceria com uma empresa chinesa de baterias (Optimum Nano), o fundo decidiu focar apenas na importação, sem investir em desenvolvimento local, o que gerou conflitos e resultou na nossa saída da sociedade, embora tenhamos mantido o nome da empresa.

Posteriormente em 2020, fui contratado pela FEI (Fundação Educacional Inaciana Padre Sabóia de Medeiros) como professor de Engenharia Química, com foco em Hidrogênio. Lá, participei de um projeto de reformador de etanol para injeção de H₂ em motores a combustão de etanol.

Em uma das palestras que apresentei nos Masterclass da GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit – empresa alemã que atua no Brasil desde 1993 com renováveis –), conheci o CIMATEC (Campus Integrado de Manufatura e Tecnologias – Senai Cimatec na Bahia –) e fui convidado em 2023 a atuar na criação do Hub de Hidrogênio. Hoje, contribuo em dezenas de projetos dentro dessa iniciativa, em um ambiente muito enriquecedor e boas pessoas.

O que te levou a seguir o caminho das renováveis?

R: Acredito que minha trajetória foi influenciada por meu pai, que fez parte da equipe fundadora do Pró-Álcool e trabalhou no desenvolvimento de revestimentos para carburadores, além de ser muito ativo na FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo). Em minha carreira, já representei os painéis fotovoltaicos da

WEG (Empresa da área elétrica que tem a iniciais de seus fundadores – Werner, Eggon e Geraldo), e me especializei em energia nuclear. Sempre tive interesse pelo hidrogênio, mesmo que inicialmente o encarasse com cautela: na galvanoplastia, ele era responsável pela perda de eficiência nos banhos de cromo e promovia fragilidade nos metais devido à absorção de H₂.

Minha entrada no ramo do hidrogênio começou com meu trabalho de conclusão de curso (TCC), uma pesquisa abrangente de 250 páginas sobre baterias eletroquímicas, que envolvia células a combustível. Desde 1990, essa área se tornou o meu foco profissional, e venho atuando nela continuamente.

Consegue resumir um pouco das suas patentes ou a que você considera mais importante?

R: As patentes foram o design das placas bipolares, material das placas tipo PEM e o reator de ácido hipocloroso, para esterilização de endoscópio.

Pode contar um pouco sobre seus prêmios em equipe?

R: Os prêmios foram oriundos dos trabalhos do desenvolvimento das células a combustível desenvolvida pela equipe, que era o responsável pelos projetos. Foram centenas de noites e finais de semana trabalhando todos muito animados. Duvido se no mundo existe um time que desenvolveu tudo o que fizemos do zero nesta tecnologia PEM, ainda hoje.

Qual o papel das energias renováveis para diminuir as emissões de CO₂ na sua opinião?

R: No Brasil, o CO₂ responde por quase 70% das emissões de gases de efeito estufa. Destas emissões, 38% provêm do agronegócio, 30% das queimadas e do desmatamento, e 23% do setor energético. Embora a matriz elétrica do país seja notavelmente sustentável, com 93% de fontes renováveis, a matriz energética total conta com apenas 49,1% de renováveis. Ainda assim, ambos os índices estão bem acima da média mundial, refletindo um avanço significativo em direção à sustentabilidade.

Saber dizer como andam os estudos sobre células combustíveis e quando estarão com preços mais acessíveis?

R: Globalmente, está surgindo uma onda inédita de novas empresas dedicadas à produção de células a combustível. Os preços, que antes giravam em torno de (Unites States Dollar – Dolar americano –) USD 3000/kW, caíram para menos de USD 600/kW, com a meta de alcançar USD 30/kW. Além da redução de custo, as células a combustível agora apresentam maior durabilidade e tamanhos mais compactos, tornando-se uma opção cada vez mais viável e eficiente para o mercado.

Você tem alguma participação nos testes da USP para testar a eficiência do hidrogênio oriundo do etanol? Qual a sua opinião sobre este teste.

R: Oficialmente não, mas já fui consultado por duas ICTs (Instituto de Ciência e Tecnologia) em alguns pontos e desejo muito sucesso

Comente algo que ache importante se quiser ou que ache que agregue esta entrevista

R: Empreender em um tema estratégico no Brasil é desafiador devido à falta de apoio político e social. A concorrência internacional na oferta de células a combustível sempre foi acirrada: para vencermos, precisávamos apresentar preços mais baixos e maior durabilidade que os produtos estrangeiros. Além disso, alguns órgãos públicos e empresas mistas podiam importar sem pagar impostos, enquanto os países de origem ofereciam subsídios de até 50% nos produtos destinados à exportação e contavam com alta produtividade mensal. Esses fatores contribuíram para a falta de competitividade no mercado brasileiro.

Nenhuma das 3 empresas que desenvolveram tecnologias de H2 estão ativas ou foram vendidas para grupos do exterior. Porque as empresas do exterior sobrevivem mais tempo?

Empreender em um tema estratégico no Brasil é desafiador devido à falta de apoio político e social. A concorrência internacional na oferta de células a combustível sempre foi acirrada: para vencermos, precisávamos apresentar preços mais baixos e maior durabilidade que os produtos estrangeiros. Além disso, alguns órgãos públicos e empresas mistas podiam importar sem pagar impostos, enquanto os países de origem ofereciam subsídios de até 50% nos produtos destinados à exportação e contavam com alta produtividade mensal. Esses fatores contribuíram para a falta de competitividade no mercado brasileiro.

Para aumentar a competitividade das empresas brasileiras em setores estratégicos, como o de células a combustível, algumas iniciativas-chave poderiam ser implementadas:

1- Políticas de Incentivo Fiscal: Reduzir ou isentar impostos para empresas que atuam em tecnologias sustentáveis e inovadoras, equiparando-se aos benefícios fiscais concedidos a produtos importados. Isso poderia incluir isenções de impostos para importação de insumos críticos, incentivando a produção local.

2- Subsídios Direcionados: Implementar subsídios específicos para exportação de tecnologias verdes e sustentáveis, similar aos oferecidos por outros países. Isso poderia incluir apoio financeiro para cobrir parte dos custos de desenvolvimento e fabricação, permitindo preços competitivos no mercado externo. Prática que foi muito empregada pelo Canadá e Alemanha.

3- Linhas de Financiamento para Inovação: Ampliar e facilitar o acesso a financiamentos específicos para empresas que desenvolvem tecnologias de ponta. Bancos de desenvolvimento, como o BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social), poderiam oferecer linhas de crédito com juros reduzidos para investimentos em produção, inovação e ampliação da capacidade produtiva. Podiam ser criados projetos em parcerias. No Brasil foram criadas as rede de tecnologia, e algumas tecnologias a Electrocell já tinha desenvolvido, as empresas, com exceção da Petrobras, estavam proibidas de participar.

4- Parcerias entre Setor Público e Privado: Estimular parcerias com universidades e centros de pesquisa, possibilitando acesso a recursos tecnológicos e mão de obra qualificada. Isso fortaleceria a capacidade de inovação das empresas, acelerando o desenvolvimento de novas tecnologias. As universidades estavam mais preocupadas em se capacitar com equipamentos, ter bolsistas para gerar artigos, do que criar produtos a serem inseridos no mercado. Eu entendo bem, principalmente estando hoje como pesquisador, o que me traz recurso para pesquisa são os reconhecimentos pelos artigos (H index)

5- Incentivo à Exportação e Apoio à Internacionalização: Facilitar a entrada das empresas brasileiras em mercados internacionais, oferecendo apoio na exportação, redução de custos logísticos e orientação regulatória para que essas empresas possam expandir sua atuação globalmente.

6- Programas de Capacitação e Mão de Obra Especializada: Investir em capacitação de profissionais, oferecendo cursos e programas técnicos e superiores

que qualifiquem a mão de obra local para atuar em tecnologias avançadas, garantindo maior expertise e produtividade. Muitas universidades e ICT não possuem profissionais capacitados e experientes para ensinar.

7-Fomento a Cadeias Produtivas Locais: Incentivar o desenvolvimento de fornecedores e fabricantes de componentes no Brasil, o que reduz a dependência de importações e torna a produção mais competitiva. Isso poderia ser feito com incentivos para empresas que produzem localmente ou com facilidades para instalação de fornecedores internacionais no país.

ABs

Gerhard Ett

ANEXO A – RESPOSTA DA SHELL

Foi na seção de hidrogênio que foi citado um projeto da USP com parcerias, para montar a primeira estação experimental de abastecimento de hidrogênio gerado a partir de etanol no mundo. Por e-mail foi entrado em contato com a assessoria de imprensa da Shell para compartilhar mais informações sobre este projeto, a resposta foi de que a empresa não poderia dizer nada além do que foi à público veio por intermédio de Raquel Andrade assessora de Comunicação de Pesquisa e Inovação da Shell.

Foi enviado duas imagens e dois links que falavam sobre o assunto. Esses materiais tornaram-se interessante para compartilhar em um anexo.

A Figura 15, mostra a Estação de hidrogênio que será montado em frente ao prédio de do Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo das EPUSP, a Figura 38 mostra o mesmo projeto, de outra perspectiva.

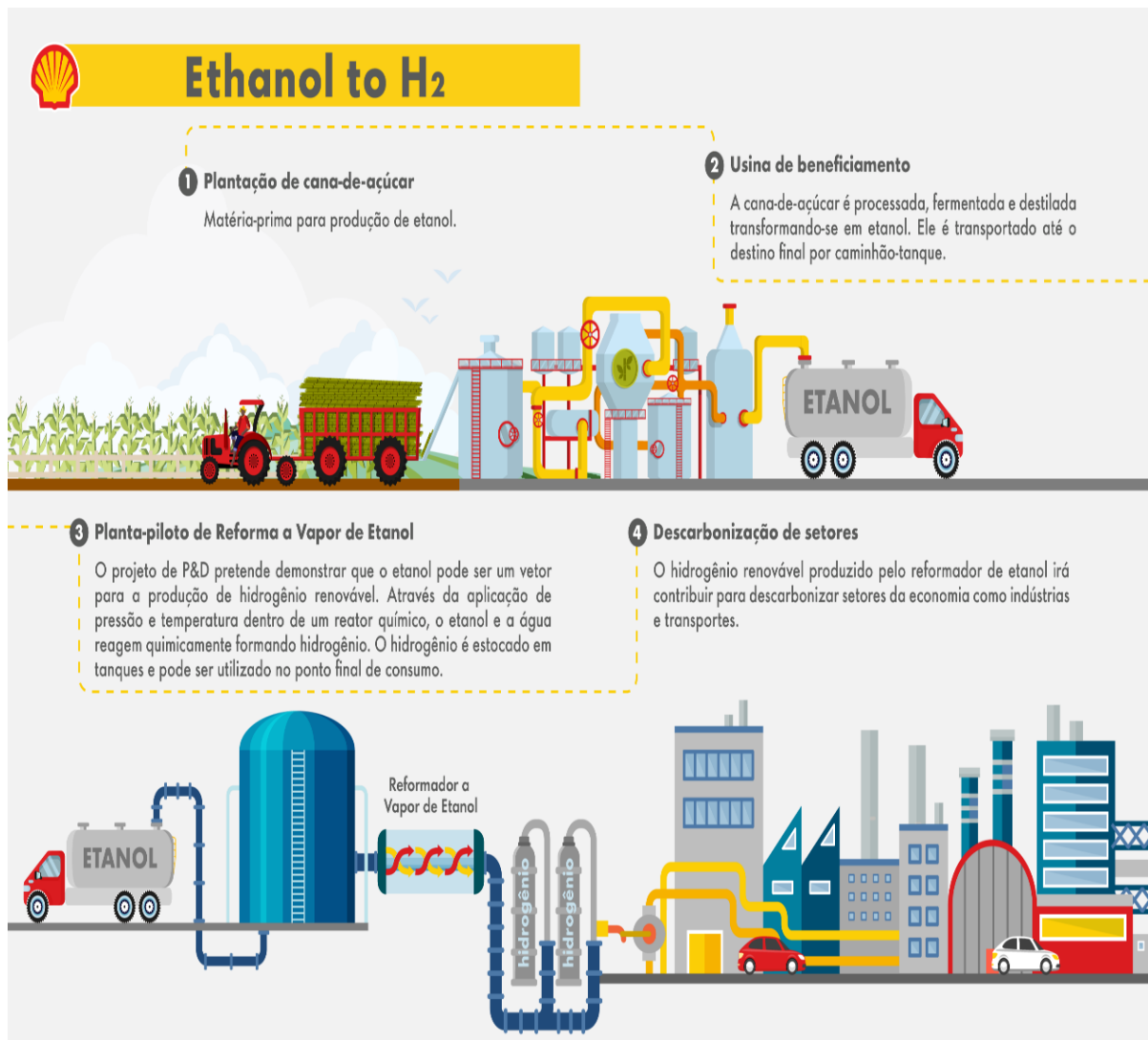
Figura 38 – Estação H₂ da USP Finalizada



Fonte: Shell

A Figura 39 mostra o processo de conversão do Etanol para Hidrogênio.

Figura 39 – Processo de Etanol para H2



Fonte: Shell

Para finalizar os links compartilhados são:

1º <https://www.shell.com.br/imprensa/press-releases-2023/estacao-de-abastecimento-de-hidrogenio-para-pesquisa-and-desenvolvimento-sera-construida-na-usp.html>

2º <https://www.shell.com.br/energia-e-inovacao/pesquisa-e-desenvolvimento/ethanol-to-h2.html>