



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro Biomédico

Faculdade de Ciências Biológicas e Saúde

Marta Deise de Freitas Araújo

**Recorte da utilização mundial de usinas termelétricas
flutuantes a gás**

Rio de Janeiro

2023

Marta Deise de Freitas Araújo

Recorte da utilização mundial de usinas termelétricas flutuantes a gás

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação, Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientador: Prof. Dr. Edmilson Monteiro de Souza

Coorientador: Prof. Dr. Marcelo Musci Zaib Antônio

Rio de Janeiro

2023

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CZO

A663 Araújo, Marta Deise de Freitas

Recorte da utilização mundial de usinas termelétricas flutuantes a gás / Marta Deise de Freitas Araújo - 2023.
87 f.

Orientador: Edmilson Monteiro de Souza
Coorientador: Marcelo Musci Zaib Antônio

Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental.

1. Ciência e Tecnologia Ambiental - Teses. 2. Gás natural liquefeito - Teses. 3. Matriz energética - Teses. 4. Termelétrica flutuante a gás – Teses. 5. Sepetiba – Teses. I. Souza, Edmilson Monteiro. II. Antônio, Marcelo Musci Zaib. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde. IV. Título.

CDU 502

CRB-7 5946 Joice Soltosky Cunha

Autorizo apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que cite a fonte.

Assinatura

Data

Marta Deise de Freitas Araújo

Recorte da utilização mundial de usinas termelétricas flutuantes a gás

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação, Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovada em 20 de dezembro de 2023.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Edmilson Monteiro de Souza

Faculdade de Ciências Exatas e Engenharias – UERJ

Prof. Dr. Marcelo Musci Zaib Antônio

Faculdade de Ciências Exatas e Engenharias – UERJ

Prof. Dr. Alexander Machado Cardoso

Faculdade de Ciências Biológicas e Saúde – UERJ

Prof. Dr. Jardel Lemos Thalhoffer

Universidade Federal Fluminense

Rio de Janeiro

2023

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por tudo em minha vida. Porque Dele, e por Ele, e para Ele são todas as coisas; glória pois, a Ele eternamente. Amém! (Romanos 11:36).

Agradeço minha guerreira e mãe, Glória Aparecida que mesmo diante dos percalços da vida, visualizou, acreditou e potencializou algo que nem mesmo eu enxergava em mim. Em sua humildade e simplicidade investiu os poucos recursos que possuía, em meus sonhos. E sempre me estimulou a estudar e nunca desistir dos planos, metas e objetivos.

Aos meus irmãos Daniele Glória, Sulamita Maria, Miriã Conceição, Pedro Moisés, Valdomiro e Marcia Elisa (in memória), que me enriqueceu de ensinamentos, deixando um legado e que certamente estaria radiante de orgulho nesse momento. Ao tio Rubens que na infância, incluía nas compras de materiais escolares de sua filha Silvia, cadernos para me presentear dizendo que estudando eu teria um futuro melhor. Aos meus sobrinhos, amigos e outras pessoas que colaboraram com minha formação, os(as) colegas Rosani, Luciane, Carlos Magno, Fabiana, Kátia, Tatiana, Rachel minhas diretoras Ana Ferraz, Rejane Figueiredo, as Orientadoras: Dilma, Gicélia, Josie e Eunice. As colaboradoras Ana Perez, Marjorie Antunes, minhas pequenas Maria Clara, Maria Valentina, Rannáy Mendes, aos professores(as) e Doutores: Edmilson Monteiro, Marcelo Musci, Catia Antonia, Katia Isabel, pessoas que tenho em muita estima e admiração, que nos momentos mais difíceis não desistiram de mim. Trouxeram esperanças e me ajudaram a caminhar firme para obter o título de Mestre!

E a todos que direta ou indiretamente colaboraram com minha vida pessoal, profissional e acadêmica.

Para finalizar: "Ora, aquele que dá a semente ao que semeia, também vos dê pão para comer, e multiplique a vossa sementeira, e aumente os frutos da vossa justiça; Para que em tudo enriqueçais para toda a beneficência, a qual faz que por nós se dêem graças a Deus". (2 Coríntios 9:10,11).

Ninguém caminha sem aprender a caminhar, sem aprender a fazer o caminho caminhando, refazendo e retocando o sonho pelo qual se pôs a caminhar.

Paulo Freire

RESUMO

ARAÚJO, Marta Deise de Freitas. **Recorte da utilização mundial de usinas termelétricas flutuantes a gás**: 2023.133 f Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Faculdade de Ciências Biológicas e Saúde, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

O presente trabalho visa discorrer acerca das usinas termelétricas flutuantes à gás para a produção de energia elétrica. Com o passar dos anos, o gás natural passou a ganhar popularidade e espaço na inserção da matriz energética. O Brasil é um dos poucos países do mundo que possui diversas e abundantes fontes naturais de energia renovável. Entretanto, mesmo com um potencial enorme de geração de energia de forma limpa foi autorizada a instalação de uma usina termelétrica flutuante a gás na Baía de Sepetiba, localizada na região da Costa Verde, no estado do Rio de Janeiro. A empresa KARPOWERSHIP está liberada para atuar como produtor independente de energia e também a estabelecer e operar 04 (quatro) usinas termelétricas no país. Para tanto, será preciso adequar às normas e respeitar as regras para o seu pleno funcionamento. Conseqüentemente, o presente trabalho tem por objetivo geral analisar o Mercado de usinas do tipo Flutuantes a gás natural liquefeito (GNL) no mundo e a termelétrica que está sendo instalada na Baía de Sepetiba, zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro. Com o intuito de compreender este empreendimento, adotou-se como metodologia da pesquisa um estudo de referências bibliográficas acerca da matriz energética, no Brasil, e sobre usinas termelétricas flutuantes à GNL, ao redor do mundo. Assim foi feita uma análise para determinar quais países utilizam este tipo de tecnologia e a comparação com outros tipos de geração de energia elétrica.

Palavras – chave: Gás Natural Liquefeito. Matriz energética. Sepetiba . Termelétrica flutuante a gás.

ABSTRACT

ARAÚJO, Marta Deise de Freitas. **Outline of the worldwide use of floating gas-fired thermoelectric plants**: 2023.133 f Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Faculdade de Ciências Biológicas e Saúde, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

The present work aims to discuss floating gas thermoelectric plants for the production of electrical energy. Over the years, natural gas began to gain popularity and space in the energy matrix. Brazil is one of the few countries in the world that has diverse and abundant natural sources of renewable energy. However, even with an enormous potential for clean energy generation, the installation of a floating gas-fired thermoelectric plant was authorized in Sepetiba Bay, located in the Costa Verde region, in the state of Rio de Janeiro. The company KARPOWERSHIP is authorized to act as an independent energy producer and also to establish and operate 04 (four) thermoelectric plants in the country. To do so, it will be necessary to adapt to the standards and respect the rules for its full functioning. Consequently, the general objective of this work is to analyze the market for floating liquefied natural gas (LNG) power plants in the world and the thermoelectric plant that is being installed in Sepetiba Bay, west zone of the city of Rio de Janeiro. In order to understand this undertaking, the research methodology adopted was a study of bibliographical references about the energy matrix in Brazil and floating LNG thermoelectric plants around the world. Therefore, an analysis was carried out to determine which countries use this type of technology and the comparison with other types of electrical energy generation.

Keywords: Liquefied Natural Gas. Energy matrix. Sepetiba. Floating gas thermoelectric plant.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Mapa gasoduto Brasil Bolívia – Gasbol	12
Figura 2- Matriz energética no Brasil	16
Figura 3- Cadeia de valor do GNL.....	18
Figura 4- Capacidade de geração de energia termelétrica mundial	22
Figura 5 - Usinas termelétricas em operação por Estado.....	24
Figura 6 - Mapa da Região da Costa Verde – RJ.....	34
Figura 7 - Baía de Sepetiba – RJ.	36
Figura 8 – Projeto Geração de energia Karpowership	39
Figura 9 – Porto de Açú, localizado em Barra de São João- RJ.....	44
Figura 10 – Navio BW MAGNA	45
Figura 11 – Geração de energia elétrica por combustível. Japão	47
Figura 12 – Geração de energia elétrica a gás natural na Rússia.....	50
Figura 13 – Importadores de gás natural.....	52
Figura 14 – Comparativo entre as usinas.....	57
Figura 15 – Reservas mundiais de gás natural.	61
Figura 16 – Ranking de consumo de gás natural no mundo	65
Figura 17 – Comparativo de consumo	64
Figura 18 – Pesquisa de campo - região	65
Figuras 19 a 32 – Respostas obtidas nas entrevistas.	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BEN	Balanço Energético Nacional
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Social
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GNA	Gás Natural do Açu
GNL	Gás Natural Liquefeito
KPS	Karpowership – Empresa Turca
MRFR	Pesquisa de Mercado Futuro
MW	Mega Watt – Física- Símbolo de eletricidade
NOx	Dióxido de Enxofre
PNE	Departamento de Energia norte Americano
PSC	Partido Social Cristão
SELCA	Sistema Nacional de Licenciamento Ambiental
SIN	Sistema Interligado Nacional
SO2	Dióxido de Carbono
UERJ	Universidade Estadual do Rio de Janeiro
UTE	Usina Termelétrica

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	11
1	OBJETIVO	14
1.1	Objetivo Geral	14
1.2	Objetivos Específicos	14
1.3	Questão norteadora.....	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	Matriz energética no Brasil	15
2.2	Gás natural liquefeito e suas utilizações.....	18
2.3	Termelétricas: panorama mundial	19
2.4	Termelétricas: panorama nacional.....	23
2.5	Termelétricas flutuantes e seus impactos	25
3	METODOLOGIA.....	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1	Estudo das termelétricas flutuantes no mundo.....	30
4.2	Termelétricas flutuantes no Brasil.....	31
4.3	Região da Costa Verde.....	32
4.4	Baía de Sepetiba	34
4.5	Termelétrica flutuante da Karpowership na Baía de Sepetiba.....	36
4.6	Contrato de passagem entre Docas e a Karpowership.....	42
4.7	Exemplos de plataformas flutuantes no Brasil e no mundo.....	43
4.8	Indonésia e Malásia	50
4.9	Vantagens e desvantagens.....	54
4.10	Principais resultados	55

4.11	Brasil e Tailândia	56
4.12	Brasil e Rússia.....	60
4.13	Brasil e Japão	61
4.14	Análise de dados – pesquisa de campo	63
4.15	Marco regulatório	74
	CONCLUSÃO	83
	REFERÊNCIAS.....	84
	ANEXO A - Artigo publicado	90
	ANEXO B - Política de acesso	113

INTRODUÇÃO

As usinas termelétricas flutuantes, que fazem uso do gás natural liquefeito (GNL), estão se tornando uma opção cada vez mais popular e viável para a produção de energia em vários países. Tal fato acontece pois, a cada ano, o gás natural vem ganhando espaço na inserção da matriz energética devido ao fato de ser viável economicamente e também por questões ambientais.

O gás natural possui uma queima mais limpa e mais completa fazendo assim com que menos poluentes sejam liberados à atmosfera, já que possui um menor índice de emissão de poluentes quando comparado às fontes tradicionais de energia, como o petróleo. Fato que reduz a emissão de gases que servem para contribuir com o efeito estufa. Sendo assim, é necessário um olhar mais atento em relação à segurança deste suprimento.

No Brasil, a porção maior da produção encontra-se em território nacional. Outras partes são provenientes de consórcios e também por importação que provém do gasoduto Brasil - Bolívia (Gasbol) (PAIVA, 2010).

Paiva (2010) ratifica que muitas reservas expressivas de gás natural foram encontradas no Brasil, porém o desenvolvimento e produção relacionadas a estes campos não é feita de maneira rápida e, por esta razão, é necessário realizar através de importação de gás natural para poder dar conta de toda a demanda projetada no país.

O Brasil encontra-se inserido no mercado de GNL uma vez que o mesmo mostra-se confiável e altamente rentável a cada dia mais. Consequentemente, a maior parte de gás natural consumido no Brasil deve-se à indústria. Entretanto, este percentual vem sendo reduzido com a implementação das termelétricas para geração de energia elétrica (PAIVA, 2010).

Para o Brasil, o Gasbol representava o passo definitivo para a diversificação de sua matriz energética na direção da intensificação do uso do gás natural. (FILHO 2002).

Figura 1 - Gasoduto Gasbol



Fonte: Gasnet - Copyright 2020

SIGLA – GASBOL - Gasoduto Brasil-Bolívia

Nota explicativa: Via de transporte de gás natural entre a Bolívia e o Brasil com 3.150 quilômetros de extensão, sendo 2.593 em território brasileiro e 557 em território boliviano. Começou a ser construído em 1997, iniciando sua operação em 1999. (Valor Econômico, caderno Internacional, 20/03/05)

As reservas de gás natural, que existem ao redor do mundo, encontram-se muito distante dos centros urbanos e, conseqüentemente, para que este produto chegue até elas é necessário, muitas vezes, que sejam construídos gasodutos. O gás natural

possui baixa densidade energética e por esta razão o transporte do mesmo se dá quando o GNL encontra-se em estado líquido. Desta maneira, o gás natural liquefeito (GNL) é uma alternativa visando um menor custo na produção e transporte do combustível.

Para tanto, em locais onde é impossível a utilização de gasodutos o transporte pode ser feito através de navios metaneiros (PAIVA, 2010).

De acordo com Marques (2007), a primeira planta para liquefação de gás natural entrou em operação, no Brasil, no ano de 2006.

Este empreendimento deve-se à parceria entre a empresa White Martins e a Petrobrás, denominada de Gás Local, para poder suprir a demanda de gás natural em áreas não atendidas pelos gasodutos.

Nos últimos tempos, a indústria brasileira de gás natural passou por diversos obstáculos no que diz respeito ao ponto de vista econômico, infraestrutura de transportes e a crescente preocupação com a disponibilidade do gás boliviano no mercado nacional que limitou a oferta do produto.

Tais fatores podem ser atribuídos a um período em que a demanda doméstica por gás natural estava em ascensão devido ao apoio do governo ao crescimento de tal consumo (ANP, 2010).

O aumento da participação do gás natural na matriz energética brasileira gerou uma maior demanda por melhorias nas regulamentações que existem.

Desta maneira, novas revisões de portarias e resoluções da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) foram necessárias resultando na criação de novos regulamentos para acompanhar essa evolução (ANP, 2010).

Diante deste cenário, a ANP verificou a importância e a necessidade de aumentar a oferta de gás natural e também a segurança de seu suprimento, de modo a atender a demanda nacional tendo em vista orientação do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE).

Conseqüentemente, foi determinada a construção de duas instalações de regaseificação de Gás Natural Liquefeito (GNL): uma na cidade de Pecém, no Ceará, e outra na cidade do Rio de Janeiro, na Baía de Guanabara.

A partir destas instalações foi possível a importação de gás por países mais distantes como Trinidad e Tobago, na Nigéria, além de países fronteiriços conectados através de gasodutos (ANP, 2010).

Nos últimos anos, o desequilíbrio entre a oferta e a demanda de gás natural no Brasil, juntamente com as incertezas relacionadas ao fornecimento do gás boliviano, levaram o país a adotar alternativas de abastecimento, visando tornar a oferta de gás mais flexível e garantir o fornecimento contínuo desse recurso energético para os diversos setores consumidores.

A diversificação das fontes de abastecimento tornou-se de extrema importância para reduzir os riscos de escassez.

Nesse contexto, o Gás Natural Liquefeito (GNL) emergiu como uma alternativa significativa ao transporte por gasodutos, especialmente em situações em que: há incertezas quanto à entrega do volume acordado pelo país exportador; a rede de transporte é limitada ou inexistente; os gasodutos já operam em sua capacidade máxima; e/ou a demanda total de gás natural de um país é suprida por várias fontes exportadoras, frequentemente usando diferentes meios de transporte (PAIVA, 2010).

O setor de geração de energia no país tem como percentual maior a utilização de hidrelétrica. Contudo, Marques (2007) menciona que a demanda por gás natural teria um expressivo crescimento, ao longo dos anos, e faria com que o país reduzisse sua dependência das usinas hidrelétricas.

Por esta razão, o presente trabalho surge com o intuito de verificar como está o cenário atual em relação à matriz energética e também realiza um estudo acerca das plantas de liquefação de gás natural existentes no país e ao redor do mundo, levando-se em consideração os aspectos ambientais relacionados a sua utilização.

1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o Mercado de usinas do tipo Flutuantes a gás natural liquefeito (GNL) no mundo e a termelétrica que está sendo instalada na Baía de Sepetiba, localizada na região da Costa Verde, zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analisar quais impactos ambientais que a usina termelétrica, instalada na Baía de Sepetiba, pode ocasionar na região da Costa Verde;

Organizar revisão sistemática de artigos bibliográficos e literaturas sobre o mercado de energia elétrica flutuante a gás;

Realizar pesquisas documentais para análise de projetos no mundo;

Identificar países que fazem uso de termelétricas flutuantes;

1.3 QUESTÃO NORTEADORA

Com a chegada da termelétrica flutuante a gás natural na Baía de Sepetiba - RJ, surgiu a inquietação para realização de pesquisas.

- Quais as referências mundiais de usinas termelétricas?
- Diversificar a matriz energética é viável como uma solução temporária ou emergencial para o fornecimento de energia elétrica?

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A matriz energética, no Brasil, possui uma grande importância devido ao seu papel crucial para a economia do país e seus impactos na vida cotidiana dos cidadãos. Sendo assim, compreende-se a matriz energética como sendo as fontes de energia que atendam as necessidades relacionadas às questões elétricas, transporte, indústria e aquecimento. (CAMPOS, 2018).

2.1 Matriz energética no Brasil

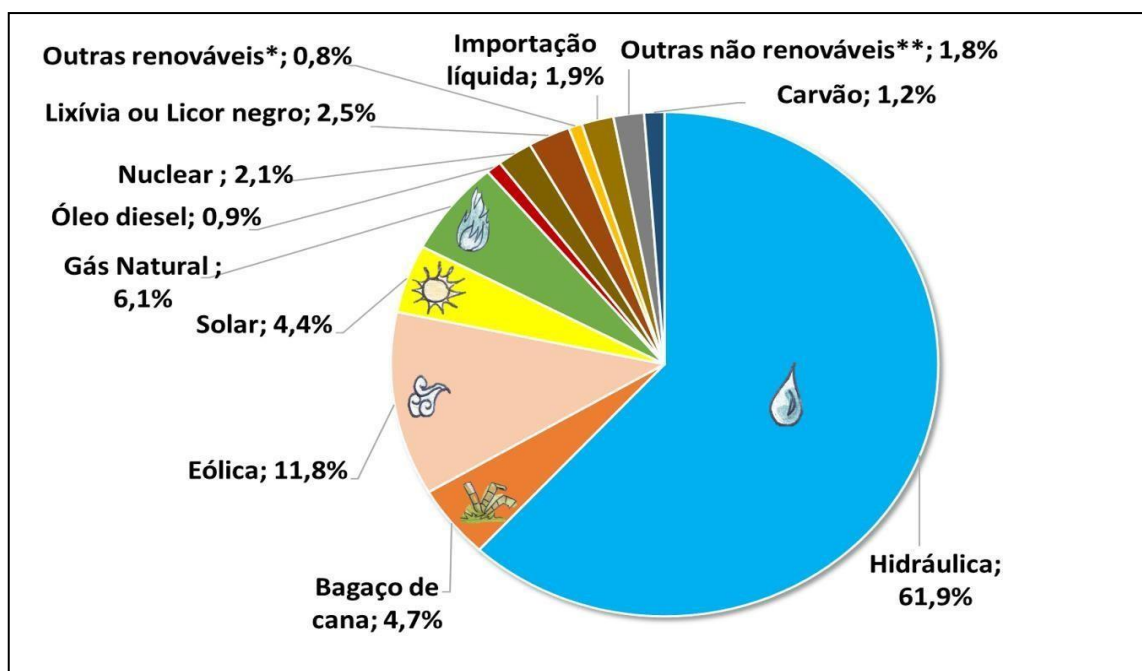
Em relação ao histórico da matriz energética brasileira, pode-se caracterizá-la através de fontes renováveis, principalmente ao que tange, à contribuição das hidrelétricas.

O Brasil conta com uma matriz energética muito diversificada onde encontra-se: hidrelétricas, biomassa, energia eólica, petróleo e gás, carvão mineral, solar, nuclear dentre outros.

Parte da energia elétrica produzida no país é negociada por meio de processo licitatório na modalidade de leilão num ambiente de contratação regulada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

A Figura 2 apresenta a distribuição percentual da matriz energética brasileira no ano de 2022.

Figura 2 - Matriz energética no Brasil



Fonte: Matriz Elétrica Brasileira 2022

As principais fontes de energia que fazem parte da matriz energética brasileira, de acordo com Mello (2022) são:

- | Hidrelétricas: o país apresenta um vasto potencial hidrelétrico. Fato que motivou a construção de diversas usinas hidrelétricas ao longo dos anos. Tais usinas têm desempenhado um papel de extrema importância sendo como principal fonte de geração de eletricidade no país por muitas décadas.
- | Biomassa: o país também depende, significativamente, da biomassa onde inclui se o bagaço de cana de açúcar e resíduos agrícolas, para a produção de energia elétrica e térmica. essa fonte de energia renovável desempenha um papel importante na matriz energética do país, contribuindo para a diversificação da matriz e a redução das emissões de gases de efeito estufa, além de aproveitar os subprodutos da agricultura e da produção de cana de açúcar para gerar eletricidade e calor.

Energia eólica: houve um aumento muito considerável, ao longo dos anos, na geração de energia a partir de fontes eólicas, no Brasil. Para tanto, foram instalados diversos parques eólicos ao longo do país. Esse

avanço tem desempenhado um papel cada vez mais relevante na matriz energética nacional, contribuindo para a diversificação da geração de eletricidade e a redução das emissões de gases que contribuem para o efeito estufa.

Energia solar: este tipo de energia ganhou destaque de forma mais significativa nos últimos anos, principalmente, devido à redução dos custos das tecnologias solares e aos incentivos do governo. Essa fonte de energia renovável tem se tornado uma opção cada vez mais acessível e atrativa para os consumidores e empresas, contribuindo para a diversificação da matriz energética do Brasil e para a promoção de uma geração de eletricidade mais limpa e sustentável.

Petróleo e Gás Natural: o Brasil é um grande produtor de petróleo e gás natural, com reservas significativas na camada do pré-sal. A exploração desses recursos é fundamental para a matriz energética e a economia do país.

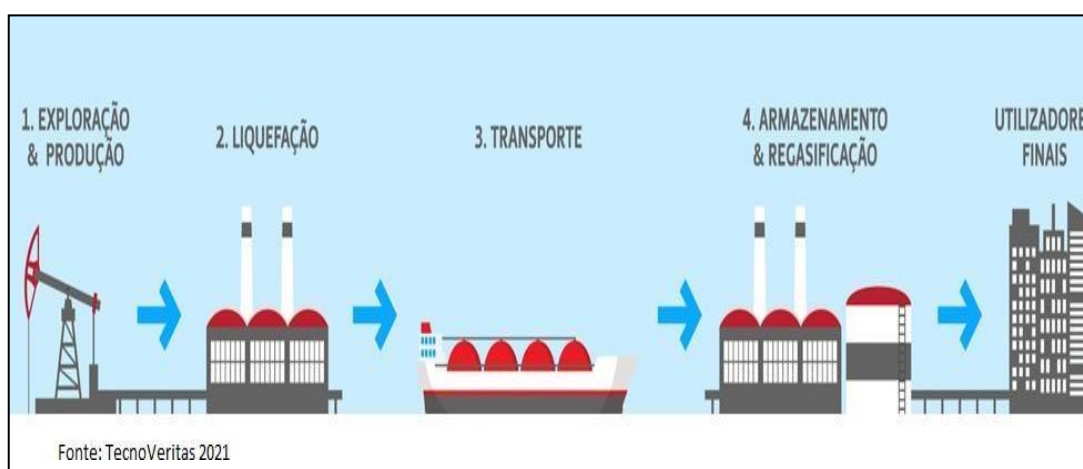
Carvão Mineral: é muito utilizado ainda para a geração de energia, principalmente, em algumas regiões do Sul do país. Mesmo apresentando uma pequena parcela da matriz energética brasileira, o carvão mineral desempenha um papel importante, principalmente nas áreas onde as reservas deste recurso estão disponíveis. Entretanto, a tendência global e nacional tem sido a busca por fontes de energia mais limpas e que sejam sustentáveis. Fato que tem levado a uma redução gradual no que tange ao uso de carvão em favor das fontes mais ambientalmente amigáveis com o uso de energia renovável.

O Brasil, ao longo dos últimos anos, tem buscado diversificar sua matriz energética visando o uso de fontes renováveis como, por exemplo, solar e eólica, para assim reduzir a emissão de gases poluentes. Desta maneira, reduzindo a dependência das hidrelétricas que estão sujeitas às variações climáticas. Para tanto, há um esforço mundial para melhorar a eficiência energética e reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Mello (2019) afirma que uma alternativa para tal melhoria pode ser feita através da utilização do gás natural liquefeito (GNL).

2.2 Gás natural liquefeito e suas utilizações

O Gás Natural Liquefeito (GNL) é uma forma de armazenar e transportar gás natural de maneira mais eficiente e conveniente. O gás natural para ser transformado em GNL precisa ser resfriado a temperaturas extremamente baixas, geralmente abaixo de -162°C (-260°F), fazendo com que ele se converta para o estado líquido. Reduzindo assim, significativamente, o volume do gás, tornando-o mais fácil de ser transportado por navios ou até mesmo caminhões-tanque (ANP, 2010).

Figura 3 - Cadeia de valor do GNL



O GNL é uma fonte alternativa de energia versátil e limpa sendo composta principalmente por metano. Ele é muito utilizado em uma variedade de aplicações, como geração de eletricidade, aquecimento doméstico-industrial e como combustível para veículos, especialmente em caminhões e navios.

Comparando o GNL com outros combustíveis fósseis ao que tange à liberação de carbono, sua eficiência é muito melhor e por esta razão tornou-se uma escolha atraente para muitos países que estão em busca de fontes de energia mais limpas e acessíveis.

O GNL também permite que o gás natural possa ser transportado de regiões produtoras para locais mais distantes onde o acesso ao gás natural é limitado (ANP, 2010).

De acordo com a ANP (2010), a utilização do GNL é viável quando a quantidade de gás natural transportado por dutos é inviável ou até mesmo quando as distâncias

da produção ao consumidor se tornam muito grandes. Desta maneira, é preciso que entre em cena a cadeia de valor do GNL que compreende a exploração, produção e processamento do gás natural; liquefação; transporte; armazenamento; regaseificação e distribuição ao mercado consumidor.

Gomes (2018) menciona que o gás natural é um produto rico em hidrocarbonetos o qual é um combustível fóssil no estado gasoso e que é encontrado nos campos de petróleo, gás natural e também a partir das jazidas de carvão.

Este gás, em estado puro, apresenta-se amorfo, sem odor e quando queimado libera uma quantidade significativa de energia.

O gás natural pode ser encontrado em reservatórios convencionais e também não convencionais, conforme afirma Gomes (2018, p. 35):

Os primeiros podem ser classificados de acordo com a sua origem podendo ser associado ao petróleo, seja dissolvido no próprio ou como uma camada acima do reservatório de petróleo. Em outras formações, o gás natural é denominado não associado contendo baixa concentração de petróleo, de líquidos do gás natural ou condensados, que são frações mais pesadas de hidrocarbonetos. O gás natural também é encontrado na natureza em formações não-convencionais como o gás de folhelhos betuminosos (gas-containing shales), gás de carvão (coalbed methane), gás alocado em reservatórios a grande profundidade (deep gas), e hidratos submarinos e árticos (gas hydrates)

O gás natural pode ser encontrado em diferentes composições e por estar azo é de extrema importância realizar o tratamento e o processamento corretos para que o produto se enquadre dentro das especificações técnicas de comercialização.

Dentre elas pode-se citar a concentração de metano, concentração de impurezas, índice de Wobbe, poder calorífico, dentre outros fatores (ANP, 2010).

O processo de liquefação deu-se através de Michael Faraday quando converteu gases, como dióxido de carbono, em estado líquido.

Entretanto, o gás como metano só foi liquefeito através do físico Louis Paul Cailletet quando ele submeteu o gás de pântano a uma temperatura de 7°C a uma pressão de 180 atm (PIRRONG, 2014).

Consequentemente, o GNL é extraído através da refrigeração do gás natural tendo por objetivo aumentar sua densidade energética para tanto através da redução de seu volume gerando um transporte mais eficiente e menos dispendioso (GOMES, 2018).

2.3 Termelétricas: panorama mundial

Existem muitos problemas de fornecimento de energia elétrica, em muitas partes do mundo, devido a diversos fatores. Sendo assim, o mercado de usinas termelétricas está em crescente evolução e expansão para tentar abarcar toda a demanda que vem surgindo para o combate aos impactos ambientais. Siemens (2005) afirma que as tecnologias têm reorganizado a forma de viver, de comunicar e de aprender, de cada ser humano.

A tecnologia existente, na atualidade, não é somente resultado da ciência mas sim como “um eco dos tempos: reverbera hoje como resultado daquilo que veio sendo gritado, desde sempre” (FILÉ, 2011).

A adoção de termelétricas flutuantes pode ser uma opção interessante para complementar a geração de energia de fontes renováveis, como hidrelétricas, em períodos de baixa produção.

Em junho de 2019, a empresa Kawasaki obteve a aprovação para instalar uma usina flutuante de GNL recém-desenvolvida com base em suas regras de “Gas Power Plant” de 2018.

Gavronski (2007) afirma que durante décadas, as usinas flutuantes foram amplamente utilizadas como uma fonte de geração de energia flexível e descentralizada por vários motivos.

Entre eles estão o fato de poderem ser construídas de forma econômica e rápida; por serem móveis significa que podem ser realocados ou negociados e como não exigem um local grande podem ser implantados até mesmo nos locais mais remotos

e sob condições ambientais desafiadoras, tanto para energia temporária quanto permanente.

Alguns especialistas sugerem que mais de 75 usinas flutuantes estão instaladas em todo o mundo. Mas, historicamente, as frotas de usinas de energia flutuantes (ou usinas de energia montadas em embarcações) contam com motores a diesel, gás ou bicomcombustíveis que podem operar vários tipos de combustíveis líquidos e gasosos.

Por exemplo, das mais de 20 barcaças flutuantes que o fornecedor finlandês de equipamentos para usinas Wärtsilä lançou desde o final da década de 1990 em lugares como Bangladesh, Jamaica e Papua Nova Guiné, a maioria é abastecida por óleo combustível pesado (FILÉ, 2011).

Devido à demanda por flexibilidade de baixo custo, as usinas flutuantes estão ressurgindo. Mas os desenvolvimentos no horizonte sugerem que a frota futura pode ser muito mais diversificada e incluir usinas nucleares, turbinas a gás de ciclo combinado e instalações de gás natural liquefeito (GNL).

Atualmente, a Chiyoda oferece usinas flutuantes movidas a GNL na faixa de pequena escala usando motor de combustível duplo a gás/diesel, bem como um ciclo combinado de turbina a gás de escala média maior (GAVRONSKI, 2007).

De acordo com o relatório da empresa de Inteligência de Mercado, a Mordor Intelligence, em outubro de 2022, a Karpowership, com sede na Turquia, vencedora do leilão no Brasil, estava em negociações com quatro nações europeias para entregar navios de força, isso para resolver a deficiência de energia no inverno Europeu.

A empresa tem operações Powership na Gâmbia, Gana, Indonésia, Moçambique, Serra Leoa, Senegal, Costa do Marfim, Guiné Bissau e Conskry. Com projetos em andamento para Nova Caledônia, Brasil e República Dominicana. E anteriormente com Iraque e Zâmbia. Tais cenários nos direcionam a conhecer um pouco mais esse mercado e a tecnologia aplicada (FILÉ, 2011).

As usinas termelétricas desempenham um papel importante no panorama mundial de geração de energia elétrica pois contribui significativamente com uma parcela da capacidade de geração global de energia.

Essas usinas geram eletricidade a partir da queima de combustíveis fósseis (carvão, gás natural ou óleo) ou biomassa, aproveitando o calor liberado durante o processo para acionar turbinas geradoras de eletricidade (REZENDE, 2018).

Estes tipos de empreendimentos fazem uso de várias fontes de combustíveis como carvão mineral, gás natural, petróleo, biomassa e resíduos sólidos. A escolha do combustível irá depender da disponibilidade local, dos custos e das políticas energéticas de cada país.

As termelétricas também desempenham um papel importante na geração de eletricidade global, apesar do aumento das energias renováveis nos últimos anos. Em muitos países, especialmente em desenvolvimento, as termelétricas respondem por uma parcela significativa da capacidade de geração de energia elétrica (MORAIS, 2015).

A participação das usinas termelétricas na matriz energética, no cenário mundial, varia consideravelmente de uma região para outra, como pode ser visto na Figura 2. Por exemplo, em alguns países da Ásia, como a China e a Índia, o carvão ainda é uma fonte dominante de geração de eletricidade, enquanto em nações europeias e na América do Norte, o gás natural é mais proeminente (MORAIS, 2015).

Figura 4 - Capacidade de geração de energia termelétrica por região mundial em GW.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Δ (%) média
Mundo	2885	3002,2	3097,8	3221,1	3354,4	3482,9	3617,3	3455,8	3,83
Ásia e Oceania	1027	1122,6	1189,8	1265,9	1348,3	1443,2	1544,8	1653,6	7,04
Am. do Norte	838	843,8	850,3	862,4	873,1	882,0	891,0	900,1	1,02
Europa	461	465,5	471,0	474,8	488,8	496,0	503,4	510,8	1,48
Or. Médio	143	147,9	155,9	173,3	187,5	200,8	214,9	230,2	7,08
América do Sul e Central	85	87,9	93,5	100,9	106,9	113,2	119,9	127,0	5,92
África	91,2	92,8	96,9	101,8	104,4	108,0	111,7	115,6	3,46

Fonte: Morais (2015)

Em relação aos impactos ambientais, as usinas termelétricas queimam combustíveis fósseis que são uma fonte significativa de emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para as mudanças climáticas.

Entretanto, ao longo dos anos, teve um aumento nos esforços para reduzir a emissão de poluentes por meio de tecnologias de controle de emissões e à transição para fontes de energia mais limpas.

Em alguns lugares, estão sendo desenvolvidas usinas termelétricas mais eficientes e menos poluentes. Isso inclui usinas de ciclo combinado a gás natural e tecnologias de captura e armazenamento de carbono (CAC) para reduzir as emissões de CO₂ (REZENDE, 2018).

Em alguns sistemas elétricos, as usinas termelétricas são usadas como backup para compensar a intermitência das energias renováveis, como a solar e a eólica.

Elas podem ser ligadas rapidamente para atender à demanda quando as fontes renováveis não estão gerando eletricidade suficiente.

Para tanto, as políticas energéticas e as regulamentações desempenham um papel crucial na evolução do uso de usinas termelétricas.

Considerando-se que em muitos países estão estabelecendo metas de redução de emissões e investindo em fontes de energia mais limpas, o que pode impactar a participação das termelétricas no mix de geração de energia.

Sendo assim, o setor de energia enfrenta desafios significativos, incluindo a busca por formas mais limpas e sustentáveis de geração de eletricidade.

Ou seja, a transição para fontes de energia renovável e a redução das emissões de carbono são tendências que provavelmente continuarão a moldar o panorama mundial das termelétricas nas próximas décadas (FERRAZ, 2018).

Desta maneira, as usinas termelétricas desempenham um papel de extrema importância no que tange ao fornecimento de energia elétrica, ao redor do mundo, porém mudanças significativas devido às preocupações ambientais e à transição para fontes de energia mais limpas.

Para tanto, tais mudanças dependem das políticas energéticas e das condições específicas de cada região e/ou país.

2.4 Termelétricas: panorama nacional

As usinas termelétricas possuem um papel importante em relação à matriz energética brasileira. Elas utilizam uma variedade de fontes de combustível, sendo o gás natural e o carvão mineral as mais comuns.

Outras fontes de combustíveis como o óleo, biomassa e os resíduos sólidos urbanos também são utilizados (REZENDE, 2018).

O Brasil possui uma capacidade significativa de geração de energia a partir de termelétricas, com um número substancial de usinas em operação em todo o país.

Entretanto, esta capacidade varia ao longo dos anos, dependendo das condições climáticas, que afetam a geração de energia hidrelétrica e da demanda energética (FERRAZ, 2018).

As termelétricas desempenham um papel importante como fonte complementar no sistema elétrico brasileiro pois ajudam a garantir o fornecimento de energia em momentos de pico de demanda ou quando a geração hidrelétrica está comprometida devido à seca ou outros fatores.

Para tanto, algumas termelétricas no Brasil operam como unidades de energia de reserva, prontas para entrar em funcionamento rapidamente em situações de emergência ou alta demanda. Isso contribui para a segurança e estabilidade do sistema elétrico (FERRAZ, 2018).

O uso de combustíveis fósseis nas termelétricas gera emissões de gases que contribuem para o efeito estufa, gerando assim preocupações ambientais e relembrando as metas de redução de emissões estabelecidas pelo Brasil.

Desta forma, o Brasil tem investido em tecnologias mais limpas para suas termelétricas, como as usinas de ciclo combinado a gás natural, que são mais eficientes e emitem menos poluentes em comparação com usinas mais antigas movidas a carvão ou óleo combustível (REZENDE, 2018).

Figura 5 - Usinas termelétricas em operação por estado.



Brasil tem recorde de geração de energia térmica. A Escassez hídrica agrava a crise na geração de energia hidrelétrica e aumenta dependência de usinas térmicas.

Atualmente em operação são 3.099 centrais térmicas, segundo estimativa da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). (PONTES , 2021).

O Brasil vem enfrentando desafios relacionados à modernização das usinas termelétricas, à diversificação das fontes de energia e ao cumprimento de metas ambientais.

No que diz respeito à transição para fontes de energia mais sustentáveis e renováveis, bem como a integração com sistemas de armazenamento de energia, são perspectivas para o futuro, devido a diversos fatores como políticos, sociais, ambientais, dentre outros, pois políticas energéticas e a regulamentação desempenham um papel fundamental no setor de termelétricas no Brasil.

Decisões governamentais, como leilões de energia e incentivos fiscais, afetam os investimentos e o desenvolvimento dessas usinas (FERRAZ, 2018).

2.5 Termelétricas flutuantes e seus impactos

A termelétrica a gás natural flutuante é de extrema importância para atender à crescente demanda de eletricidade.

Trata-se de um novo modelo de negócio num mercado globalizado, limitado por uma variedade de fatores, entre eles a nova tecnologia.

Para tanto, a palavra tecnologia nesse contexto poderá significar tecnologias já conhecidas ou novas tecnologias, uma vez que um novo produto poderá ou não incorporar novas tecnologias.

O conceito de tecnologia poderá ter maior ou menor abrangência, dependendo do foco em análise. Segundo Longo (1984), "tecnologia é o conjunto de conhecimentos científicos ou empíricos empregados na produção e comercialização de bens e serviços".

Nesse sentido, as usinas termelétricas flutuantes a gás, possuem mobilidade e flexibilidade na sua localização, pois são projetadas para fornecer energia elétrica rápida e temporária, geralmente em regiões onde a infraestrutura elétrica é limitada ou em áreas propensas a desastres naturais.

Elas são instaladas em barcas ou plataformas flutuantes, utilizam gás natural como fonte de combustível para gerar eletricidade de forma eficiente e sustentável. Representando uma solução flexível e inovadora para atender à crescente demanda por energia em regiões onde a construção de usinas tradicionais pode ser limitada ou impraticável (PNE, 2030).

A usina termelétrica flutuante é uma instalação de geração de energia elétrica termelétrica a qual é projetada para operar em corpos d'água, como rios, lagos ou oceanos, em vez de ficar localizada de forma fixa em terra firme.

Essas usinas flutuantes são uma variante das usinas termelétricas convencionais, mas têm a vantagem de poderem ser posicionadas em locais estratégicos próximos a fontes de água para resfriamento ou transporte de combustível (LIMA e SOUZA, 2014).

As usinas flutuantes possuem localização estratégica pois uma das principais vantagens das usinas termelétricas flutuantes é a capacidade de serem posicionadas em locais onde a água é facilmente acessível para resfriamento ou para transportar combustível, como gás natural liquefeito (GNL) ou óleo.

Em relação ao resfriamento, a maioria das usinas termelétricas requer água para resfriar seus sistemas, a fim de evitar o superaquecimento. Sendo assim, as usinas flutuantes têm a vantagem de estar em contato direto com a água, tornando o resfriamento mais eficiente.

A mobilidade das usinas termelétricas flutuantes permite que sejam reposicionadas conforme necessário, o que pode ser útil em situações de demanda variável ou eventos climáticos extremos. Conseqüentemente, essas usinas podem ser projetadas para operar com uma variedade de combustíveis, incluindo gás natural, óleo combustível ou carvão, dependendo da disponibilidade de recursos locais (FERRAZ, 2018).

No que diz respeito aos impactos ambientais ocasionados pelas usinas termelétricas flutuantes deve ser minuciosamente estudado pois o despejo de água quente no corpo d'água pode afetar o ecossistema aquático, conseqüentemente afetar diretamente o ser humano.

Deve-se levar em consideração também que as emissões de poluentes atmosféricos permanecem sendo um fator de preocupação. Entretanto, para a operação deste tipo de usina é preciso uma regulamentação ambiental e de segurança rigorosa para minimizar e otimizar qualquer risco para o meio ambiente e a saúde pública (CASTRO et al. 2019).

Outro fator ocasionado por este tipo de usina é a economia de espaço na terra, o que pode ser um benefício em áreas urbanas densamente povoadas ou em locais onde o uso da terra é limitado. Para tanto, existem alguns desafios regulatórios e técnicos no que tange à projeção, construção e manutenção principalmente da estrutura e sua proteção contra corrosão.

Alguns países, como o Japão e a Noruega, já experimentaram com usinas termelétricas flutuantes, aproveitando suas vastas áreas costeiras e a tecnologia avançada de construção naval.

A operação de uma usina termelétrica flutuante, seja ela movida a gás liquefeito (GNL) ou outro combustível fóssil, pode ter vários impactos ambientais significativos.

Tais impactos podem variar dependendo das medidas de mitigação adotadas, da localização da usina e das tecnologias utilizadas. Tem-se a queima de combustíveis fósseis, como GNL, que libera dióxido de carbono (CO_2), GEE que contribui para o aquecimento global e as mudanças climáticas.

Sendo assim, o impacto varia com a eficiência da usina e a intensidade de carbono do combustível. Além do CO₂, as usinas termelétricas emitem outros poluentes atmosféricos, como óxidos de nitrogênio (NO_x) e dióxido de enxofre (SO₂), que contribuem para a poluição do ar e podem causar problemas de saúde pública e degradação da qualidade do ar (FERRAZ, 2018).

As usinas termelétricas requerem grandes quantidades de água para resfriamento. Quando a água quente é descartada no corpo d'água próximo, ela pode causar mudanças nas temperaturas locais da água, afetando a fauna aquática e os ecossistemas aquáticos.

Dessa forma, as usinas localizadas em águas costeiras ou oceânicas podem ocasionar um impacto direto nos ecossistemas marinhos e na vida marinha, especialmente se houver derramamento acidental de combustível ou produtos químicos (CASTRO et al.2019).

Outro fator que impacta diretamente o meio ambiente diz respeito à operação das usinas termelétricas flutuantes é a geração de ruído que afeta a vida marinha e os ecossistemas aquáticos, interferindo na comunicação e na navegação de animais marinhos.

Elas também podem gerar resíduos sólidos e efluentes líquidos, incluindo cinzas, produtos químicos e outros subprodutos da queima de combustível. O manejo inadequado desses resíduos pode levar à contaminação do meio ambiente (BORGNAKKE, 2013).

No que tange ao aspecto visual a presença de uma usina flutuante pode afetar negativamente a paisagem, especialmente em áreas costeiras ou turísticas. Ou seja, a construção e a operação da infraestrutura necessária para a usina podem resultar na destruição ou perturbação do habitat local, afetando a biodiversidade.

Mesmo que todas as medidas de segurança rigorosas sejam implementadas, sempre há o risco de acidentes, como vazamentos de combustível ou explosões, que podem ter impactos ambientais graves.

Em algumas regiões, as usinas flutuantes podem ser implantadas em áreas próximas a ecossistemas sensíveis, como recifes de coral, áreas de desova de peixes ou habitats de aves marinhas, aumentando o risco de impactos adversos. Consequentemente, é importante observar que muitos desses impactos podem ser mitigados por meio de tecnologias avançadas de controle de emissões, gerenciamento

de resíduos adequado e práticas de operação ambientalmente responsáveis. No entanto, a avaliação de impacto ambiental, a regulamentação rigorosa e o monitoramento contínuo são fundamentais para minimizar os efeitos adversos das usinas termelétricas flutuantes no meio ambiente (BORGNAKKE, 2013).

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada para a realização deste trabalho foi feita através da abordagem de referenciais bibliográficos, nas bases de dados de publicações científicas como: SciElo, Portal de Periódicos da Capes, Google Acadêmico, dentre outros, acerca das usinas termelétricas do tipo flutuantes agás natural liquefeito (GNL) no cenário nacional e mundial.

O referencial teórico-metodológico para a realização da pesquisa no desenvolvimento do contexto foram alguns artigos e publicações dos últimos 50 anos.

Para isso foram utilizados palavras chaves como: Termelétrica flutuante;países e termelétricas, experimentos termelétricas, Gás Natural x termelétricas flutuantes; Baía de Sepetiba e termelétrica flutuante; Mercado e termelétricas flutuantes entre outras.

Também foram realizados estudos exploratórios utilizando perguntas para obtenção de resultados, fazendo um levantamento da percepção das pessoas quanto a instalação da termelétrica, na baía de Sepetiba e também a respeito de sua aceitação por parte da sociedade.

Os materiais gastos variaram de acordo com a natureza ou ferramenta utilizadas nos estudos de pesquisas direcionados naquele momento.

Definindo- se os rumos do trabalho, iniciou- se com uma pesquisa de campo com questionário e entrevistas.

Para a coleta de dados foram gastos materiais para impressão do material, como folhas de papel A4, cartuchos de impressora, canetas, prancheta, lápis, borrachas, régua e despesas financeiras com deslocamento para as entrevistas, alimentação, transporte, reuniões e pagamento de constas para acesso a banda larga e assim fazer uso da tecnologia para apropriação da cibercultura, com acesso a computador e WhatsApp.

De posse do acesso a internet, foram realizadas pesquisas, coletas de dados online, o google Traduka para traduções que envolviam fontes com idiomas estrangeiros, Livros e artigos para revisão da literatura de forma teórica e fundamentada, formulários google forms; Pacote Office; Equipamentos tecnológicos para acesso a internet; Google acadêmico; Google Tradutor; Google Imagens; Google

Notícias; Google Docs; Google Drive; e-mails; Ferramenta o Pocket para favoritar as páginas e imagens e WhatsApp.

Os materiais de escritório e o aparato tecnológico foram essenciais para as anotações, apontamentos, esboços e registros desde o início dos estudos até a presente data.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estudos e pesquisas permitem avaliar a viabilidade técnica das usinas termoelétricas flutuantes a gás, incluindo os projetos, construção, operação e manutenção dessas instalações.

Essas análises permitem identificar os desafios e oportunidades relacionadas à implantação dessas usinas, em atendimento as especificidades de cada país. Tornando-se crucial no entendimento dessa tecnologia.

Observa-se por meio deste trabalho, a oportunidade de explorar os fatos relacionados ao Projeto para implantar uma usina termelétrica em barcaças flutuantes na zona oeste da cidade do Rio de Janeiro.

O discurso do desenvolvimento obscurece as diferenças presentes no espaço imposto pelos interesses políticos e de grandes empreendimentos. Razão pela qual descrevem ser: “a contribuição de maior importância para o desenvolvimento nacional, num período de incerteza nos reservatórios de águas principais usinas hidrelétricas do país”. O que é uma inverdade, no momento atual. Mas precisamos pensar e refletir sobre essa possibilidade no futuro, já que pouco é investido em energias renováveis.

A demanda por serviços de Usinas flutuantes está crescendo no mundo.

Nesse sentido, não podemos fechar os olhos para as novas tecnologias aplicadas em outros países. O governo alega ser um o projeto estratégico. Porém o que sabe sobre o assunto? Merton (1979) já havia alertado que as atividades dos pesquisadores estão sujeitas a um rigoroso julgamento, talvez o maior dentre os mais variados campos de atividade.

Neste trabalho foram realizadas pesquisas em cenários ainda não descobertos e exploradas possibilidades para se ter familiaridade contextualizada sobre o tema.

As justificativas por parte de alguns países para a tomada de decisão por usinas flutuantes baseia-se nas dificuldades em adquirir terras adequadas para plantas terrestres; curto prazo e rápido aumento na demanda de energia; curto prazo e rápida diminuição no fornecimento de energia; fonte de combustível segura, barata e de longo prazo.

4.1 Estudo das termelétricas flutuantes no mundo

Os primeiros experimentos relacionados às usinas termelétricas flutuantes remontam ao século XX, quando as primeiras unidades de geração foram instaladas em barcaças em águas costeiras para atender às necessidades de eletricidade nas áreas isoladas (TOMALSQUIM, 2016).

Entre os anos de 1970 e 1980, alguns países como Japão e a Noruega começaram a desenvolver usinas termelétricas flutuantes para atender às demandas de energia de suas indústrias marítimas e offshore.

O destaque internacional veio a partir das duas primeiras décadas do século XXI, onde a China emergiu como um líder nessa área através da implementação de várias usinas flutuantes, muitas das quais fazem uso do gás natural liquefeito (GNL) como fonte de energia (TOMALSQUIM, 2016).

O interesse pelas usinas termelétricas flutuantes aumentou a partir do ano de 2011 após o desastre nuclear de Fukushima em 2011, no Japão, visto que este tipo de usina é tido como uma alternativa segura e móvel de geração de energia. Por esta razão, durante a última década, o uso destas usinas se expandiu para atender às necessidades de energia em áreas remotas ou onde o acesso à infraestrutura de energia é limitado. Países como Indonésia, Malásia e Bangladesh também implementaram essas usinas para atender à crescente demanda por eletricidade.

Além do gás natural, as usinas termelétricas flutuantes também podem ser movidas a óleo diesel, carvão e outras fontes de energia, dependendo da disponibilidade de recursos locais e dos objetivos de sustentabilidade. À medida que a conscientização ambiental cresce, há um interesse crescente em desenvolver usinas termelétricas flutuantes que sejam mais sustentáveis, utilizando tecnologias de energia limpa, como energia solar ou eólica, em conjunto com sistemas de armazenamento de energia (TOMALSQUIM, 2016).

O desenvolvimento de usinas termelétricas flutuantes continua a ser uma área de pesquisa e desenvolvimento, com projetos futuros planejados em várias partes do mundo. Isso inclui usinas flutuantes que podem produzir hidrogênio verde, uma fonte de energia limpa e renovável.

Consequentemente, estes tipos de usinas evoluíram, significativamente ao longo das décadas, e passaram a desempenhar um papel importante na oferta de energia em áreas remotas, em situações de emergência e em projetos offshore.

Com avanços contínuos em tecnologias de geração de energia, é provável que seu papel na matriz energética global continue a crescer, cada vez mais, especialmente com um foco crescente na sustentabilidade (TOMALSQUIM, 2016).

4.2 Termelétrica flutuante no Brasil

O fato de o Brasil ser banhado pelo oceano Atlântico, despertou o interesse das empresas de usinas termelétricas flutuantes e do próprio país em diversificar a matriz energética e garantir o abastecimento de eletricidade em áreas remotas ou em situações de emergência. O território brasileiro possui vastas reservas de gás natural e uma infraestrutura portuária significativa, o que torna as usinas flutuantes a gás uma alternativa viável para suprir a demanda energética (SILVÉRIO, 2018).

O Sistema Interligado Nacional (SIN) possui grande parte de sua geração termelétrica baseada em combustíveis como diesel e óleo combustível que possuem índice de emissão de gases do efeito estufa elevadíssimos, ou seja,

a utilização desses combustíveis gera uma energia mais cara e mais poluente. Consequentemente, é possível pensar numa geração de energia mais limpa e que permita o desenvolvimento das fontes de energias complementares, como o uso das termelétricas a gás natural. Cabe ressaltar que, no caso das usinas flutuantes, devido a sua natureza, elas são temporárias e altamente vantajosas nos casos em que existe demanda de curto prazo (SILVÉRIO, 2018).

De acordo com um novo relatório da Market Research Future (MRFR), o mercado global de usinas flutuantes está em constante crescimento com uma projeção de elevação a uma taxa de 10,3% para o ano de 2024 (SILVÉRIO, 2018).

Os fatores que impulsionam a demanda do mercado incluem aumento da população, rápida urbanização, aumento da demanda por fornecimento de energia ininterrupta e falta de terrenos adequados para a construção de usinas de energia renovável. Durante décadas, as usinas flutuantes foram amplamente utilizadas como uma fonte de geração de energia flexível e descentralizada por vários motivos.

Entre eles estão o fato de poderem ser construídos de forma econômica e rápida; eles são móveis, o que significa que podem ser realocados ou negociados; e como não exigem um local grande e, às vezes, não ocupam área de ocupação, podem ser implantados até mesmo nos locais mais remotos e sob condições ambientais desafiadoras, tanto para energia temporária quanto permanente.

Alguns especialistas sugerem que mais de 75 usinas flutuantes estão instaladas em todo o mundo. Mas, historicamente, as frotas de usinas de energia flutuantes (ou usinas de energia montadas em embarcações) contam com motores a diesel, gás ou bicombustíveis que podem operar vários tipos de combustíveis líquidos e gasosos. Por exemplo, das mais de 20 barcas flutuantes que o fornecedor finlandês de equipamentos para usinas Wärtsilä lançou desde o final da década de 1990 em lugares como Bangladesh, Jamaica e Papua Nova Guiné, a maioria é abastecida por óleo combustível pesado. Devido à demanda por flexibilidade de baixo custo, as usinas flutuantes estão ressurgindo. Mas os desenvolvimentos no horizonte sugerem que a frota futura pode ser muito mais diversificada e incluir usinas nucleares, turbinas a gás de ciclo combinado e instalações de gás natural liquefeito (GNL) (Powermag 2018).

O aumento da população e dos níveis de renda de parte da sociedade para aquisição de equipamentos elétricos, são um dos principais impulsionadores da demanda por energia elétrica.

Assim, a tendência de maior demanda de energia com grande foco em energias mais limpas, como o gás natural terá um importante papel na cadeia de abastecimento de energia.

As usinas termoeletricas flutuantes a gás estão sendo adotadas em várias partes do mundo como, Japão, Indonésia, Moçambique e Bangladesh já implementaram ou planejaram implementar essas usinas para suprir suas necessidades energéticas.

Por exemplo, o Japão, busca diversificar sua matriz energética após o desastre de Fukushima, e por esta razão tem investido em usinas flutuantes a gás como uma alternativa mais limpa e flexível (SILVÉRIO,2018).

É importante ressaltar que as usinas termelétricas flutuantes a GNL também enfrentam desafios e críticas. Alguns argumentam que essas usinas podem causar impactos ambientais, especialmente em relação às emissões de gases de efeito estufa e aos riscos de vazamentos de GNL. Além disso, há preocupações sobre a dependência contínua de combustíveis fósseis e a falta de investimentos em fontes de energia renováveis.

4.3 Região da Costa Verde

A Região da Costa Verde é uma área costeira no sudeste do Brasil, localizada no estado do Rio de Janeiro.

Esta região é conhecida por suas paisagens deslumbrantes, praias paradisíacas, montanhas cobertas de florestas tropicais e sua rica história.

No período colonial, antes da chegada dos europeus, a região era habitada por povos indígenas, principalmente os tupinambás, que viviam da pesca, da agricultura e da coleta de frutas e plantas nativas.

Entretanto, com a chegada dos portugueses no início do século XVI, a região foi colonizada e tornou-se parte do território da Capitania de São Vicente. Durante os séculos XVII e XVIII, a região desempenhou um papel importante no ciclo do ouro e do café no Brasil, com a extração de ouro em Paraty e a produção de café nas fazendas da região. Com o declínio do ouro e do café, a economia da região entrou em declínio no século XIX (CARVALHAES, 2019).

A cidade de Paraty desempenhou um papel fundamental no transporte de ouro e café, sendo uma das cidades mais importantes do Brasil colonial. O centro histórico de Paraty é um Patrimônio Mundial da UNESCO e preserva muitos edifícios e ruas que remontam a essa época.

A região também testemunhou os impactos da abolição da escravatura em 1888, quando a economia baseada no trabalho escravo foi gradualmente substituída pela mão de obra assalariada (CARVALHAES, 2019).

No século XX, a Região da Costa Verde começou a se desenvolver como um destino turístico, com suas praias, ilhas, cachoeiras e reservas naturais atraindo visitantes do Brasil e de todo o mundo.

A região é conhecida por sua biodiversidade e sua importância para a conservação ambiental. A Mata Atlântica, um dos biomas mais ameaçados do mundo, é preservada em muitas áreas da Costa Verde (CARVALHAES, 2019).

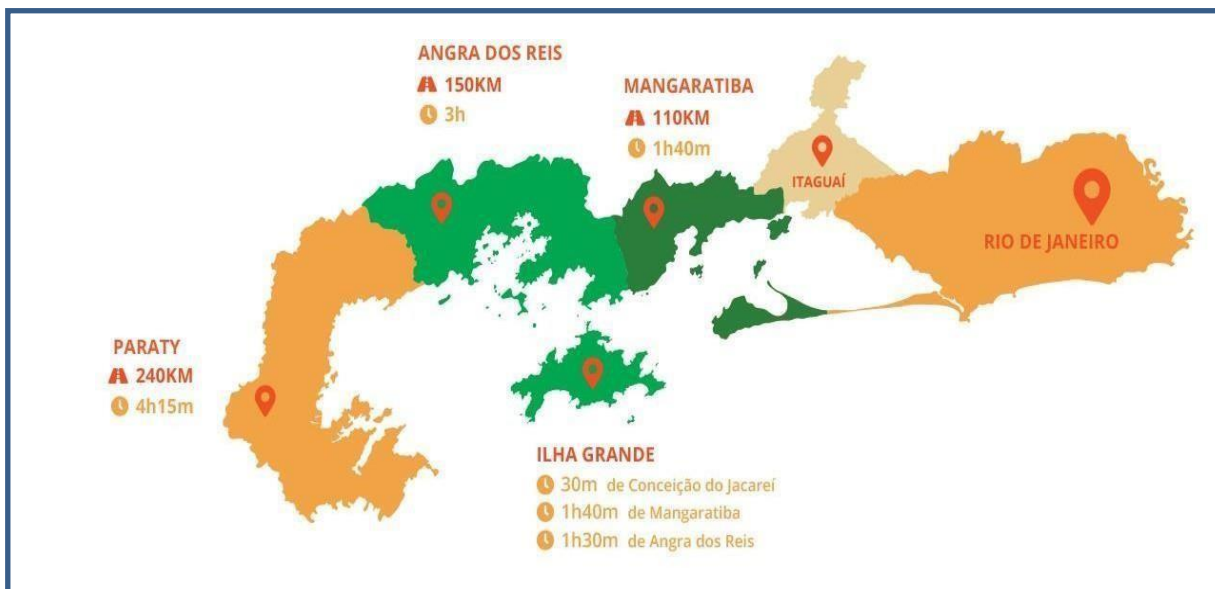
A Região da Costa Verde, atualmente, é uma área de beleza natural deslumbrante e tem um papel importante no turismo, na cultura e na história do Brasil. Cidades como Paraty, Angra dos Reis e Ilha Grande são destinos populares para aqueles que desejam desfrutar de praias, esportes aquáticos, trilhas e uma rica herança cultural.

Esta região representa uma síntese da história do Brasil, desde os tempos coloniais até a modernidade, e continua a atrair visitantes que desejam explorar sua beleza natural e sua rica herança histórica (CARVALHAES, 2019).

Como pode ser observado na Figura 3, a região da Costa Verde engloba os municípios de Mangaratiba, Angra dos Reis, Itaguaí e Paraty no estado do Rio de Janeiro.

Encontra-se nesta região desde *resorts* de padrão internacional e paraísos ecológicos a cidades históricas como a de Paraty, um dos destinos turísticos mais visitados do Brasil. Angra dos Reis é um paraíso com 365 ilhas e mais de 2000 praias, sendo parada obrigatória para amantes de belezas naturais (CARVALHAES, 2019).

Figura 6 - Mapa da Região da Costa Verde – RJ



Fonte: www.guiademangaratiba.com.br/mangaratiba.asp

4.4 Baía de Sepetiba

A Baía de Sepetiba é uma grande baía localizada no estado do Rio de Janeiro, no sudeste do Brasil. Ela é uma das maiores baías da região possuindo uma geografia única e variada, com uma costa recortada, ilhas e diversas enseadas.

Está localizada na região oeste do estado do Rio de Janeiro, a cerca de 70 quilômetros a oeste da cidade do Rio de Janeiro, e se estende por aproximadamente 500 quilômetros quadrados.

Esta baía é delimitada pelo bairro de Guaratiba, tendo em sua entrada pelo mar de um lado o município de Mangaratiba e do outro o extremo da Restinga da Marambaia, chamada de Ponta Grossa da Marambaia. Possui atrações interessantes como ilhas, restingas e sambaquis (BASTOS; BASSANI, 2012).

A geografia da baía de Sepetiba é conhecida por ser diversificada, incluindo uma série de enseadas, ilhas e praias. Algumas ilhas notáveis na baía incluem a Ilha da Madeira, a Ilha de Itacuruçá e a Ilha de Jaguanum.

Ela abriga uma rica variedade de vida marinha, incluindo peixes, crustáceos e moluscos, desempenhando um papel importante como habitat para várias espécies e é uma área de pesca significativa.

A baía desempenhou historicamente um papel importante na economia da região, apoiando atividades como a pesca, o transporte marítimo e o comércio. Além disso, a área tem potencial para atividades turísticas devido às suas paisagens pitorescas (BASTOS; BASSANI, 2012).

Nas proximidades da Baía de Sepetiba, encontra-se o Porto de Itaguaí, um importante complexo portuário que movimenta cargas a granel, incluindo minério de ferro, carvão e produtos agrícolas.

Esse porto é estratégico para a economia brasileira. Entretanto, assim como muitas áreas costeiras, ela enfrenta desafios relacionados à degradação ambiental, poluição e impactos da atividade industrial e urbana. Desta maneira, esforços de conservação e restauração são importantes para proteger seu ecossistema (BASTOS; BASSANI, 2012).

A beleza natural da Baía de Sepetiba atrai turistas que desejam explorar suas praias, ilhas e praticar atividades como mergulho, pesca esportiva e passeios de barco.

Há um crescente interesse em promover o desenvolvimento sustentável na região, incluindo a preservação do meio ambiente, a restauração de áreas degradadas e a promoção do turismo responsável. Ou seja, é uma região costeira importante no estado do Rio de Janeiro, com uma história rica, uma geografia diversificada e desafios ambientais a serem enfrentados.

Sendo considerada uma área de grande valor econômico e ecológico que desempenha um papel significativo na vida das comunidades locais e na economia regional (BASTOS; BASSANI, 2012).

A Figura 4 mostra a Baía de Sepetiba vista por satélite.

Figura 7 - Baía de Sepetiba - RJ



Fonte: www.google.com.br/maps

4.5 Termelétrica flutuante da Karpowership na Baía de Sepetiba

A Karpowership é uma empresa internacional especializada em fornecer energia elétrica móvel e flexível por meio de usinas termelétricas flutuantes, que são instaladas em navios. Sendo conhecida por suas unidades de geração de energia que podem ser ancoradas em portos ou águas costeiras para gerar eletricidade e atender às necessidades de eletricidade de várias regiões em todo o mundo.

A empresa foi fundada em 2007 e faz parte do Grupo Karadeniz, uma empresa turca que atua em diversas áreas, incluindo energia, construção naval e transporte marítimo. A empresa tem sua sede em Istambul, Turquia. A principal tecnologia da Karpowership envolve a conversão de navios em usinas termelétricas flutuantes. Isso permite que eles produzam eletricidade a partir de fontes de energia, como gás natural ou óleo diesel. Essas usinas flutuantes podem ser ancoradas em portos ou próximas à costa para fornecer eletricidade às redes elétricas locais.

Uma das vantagens das usinas termelétricas flutuantes da Karpowership é sua mobilidade e flexibilidade. Elas podem ser rapidamente movidas para diferentes

locais, o que as torna valiosas em situações de emergência, quando há necessidade de fornecer eletricidade adicional ou substituir fontes de energia danificadas.

A Karpowership opera em diversos países ao redor do mundo, incluindo países na África, América do Sul, Ásia e Oriente Médio. Suas usinas flutuantes ajudam a suprir a demanda de eletricidade em regiões onde a infraestrutura elétrica é limitada ou onde ocorrem picos de demanda.

A empresa tem feito esforços para tornar suas operações mais sustentáveis, adotando tecnologias mais limpas e eficientes. Ela também trabalha para cumprir regulamentações ambientais e sociais nos países em que opera.

A presença desta empresa em muitas regiões tem um impacto significativo nas comunidades locais, proporcionando eletricidade confiável e auxiliando no desenvolvimento econômico.

Entretanto, apesar dos benefícios que a Karpowership oferece em termos de fornecimento de eletricidade, ela também enfrentou algumas controvérsias em relação a questões como transparência, contratos de longo prazo e impactos ambientais em algumas áreas onde opera.

Ou seja, é uma empresa que fornece soluções móveis de geração de energia por meio de usinas termelétricas flutuantes, contribuindo para atender às demandas de eletricidade em várias partes do mundo, especialmente em locais com infraestrutura elétrica limitada ou em situações de emergência.

Seu modelo de negócios combina mobilidade, flexibilidade e produção de eletricidade a partir de fontes termelétricas. O grupo iniciou seus empreendimentos em energia em 1996 e é o primeiro exportador privado de eletricidade da Turquia. Atualmente, opera com mais de 6 GW de capacidade instalada globalmente.

A empresa do grupo Karadeniz Energy Group, localizado em Istambul, é a única proprietária, operadora e construtora da primeira frota Powership (central elétrica flutuante) do mundo, com 35 Powerships, atualmente (GOMES *et al.* 2018).

Além de seu foco em geração de energia elétrica, a empresa também está envolvida em projetos de desenvolvimento de infraestrutura de gás natural liquefeito (GNL) e outras fontes de energia.

A Karpowership possui operações em diferentes países, fornecendo energia para redes elétricas nacionais, empresas de energia e clientes comerciais (GOMES **et al.** 2018).

A empresa está no Brasil desde outubro de 2021 e se estabeleceu na cidade do Rio de Janeiro após vencer o Leilão de Energia de Reserva promovido pelo Ministério de Minas e Energia.

O empreendimento consiste na instalação de um conjunto de unidades flutuantes geradoras de energia (Powerships) interligadas com vistas a permitir a geração de energia elétrica utilizando gás natural (GN) como combustível principal.

Os Powerships estarão conectados à terra apenas pela linha de transmissão por onde escoará a energia por elas produzida (GOMES **et al.** 2018).

O projeto no Brasil localizado na Baía de Sepetiba é ilustrado na Figura 8 que consiste em:

- Quatro Powerships que contém motogeradores de energia - que utilizam gás natural como combustível principal, caldeiras recuperadoras de calor e turbogeradores a vapor (KPS61, KPS21, KPS8 e KPS2);
- Um Floating Storage and Regasification Unit (FSRU) - Unidade Flutuante de Armazenamento e Regaseificação - navio que armazena GNL e o regasifica para alimentar com gás natural os quatro Powerships;
- A linha de transmissão em 138 kV que conduz a energia gerada pelos Powerships até a subestação em terra.

Seu projeto de geração de energia tem baixo impacto ambiental pelo fato de não haver construção e montagem, como em térmicas tradicionais em terra, portanto não traz modificações permanentes ao meio ambiente (GOMES **et al.** 2018).

Toda operação segue as melhores práticas de sustentabilidade e atende as normas da legislação brasileira, inclusive as internacionais estabelecidas pelo Banco Mundial.

Figura 8 – Projeto de geração de energia Karpowership localizado na Baía de Sepetiba



Fonte: Karpowership (2023)

Toda operação segue as melhores práticas de sustentabilidade e atende as normas da legislação brasileira, inclusive as internacionais estabelecidas pelo Banco Mundial. Os motogeradores dos navios utilizarão tecnologia desenvolvida na Finlândia e Alemanha, países reconhecidos no setor, além de equipamentos operarem com alta eficiência energética e baixa emissão. A água do mar será usada apenas para resfriar os motores e devolvida em temperatura dentro dos padrões de resolução do Conama.

Também contará com um programa de monitoramento contínuo da qualidade da água e do sedimento marinho, além de analisar organismos bentônicos e planctônicos, aictiofauna e os cetáceos. Serão avaliados o ruído subaquático, os

impactos na atividade pesqueira e no tráfego aquaviário, bem como as sinalizações necessárias.

A produção de eletricidade se dá a partir da energia térmica, que é obtida por meio da combustão a partir da queima de combustíveis que transforma energia térmica em cinética (movimento de vapor) e depois em eletricidade (GOMES **et al.** 2018).

A instalação das quatro primeiras termelétricas flutuantes do país começariam a operar em agosto de 2022 porém foi suspensa pela Justiça do Estado do Rio de Janeiro devido às legislações ambientais.

As usinas administradas pela empresa turca Karpowership operam desde outubro do ano de 2022 mesmo com todos os entraves judiciais pois no site da empresa fica evidente que a mesma garante que todos os estudos, programas e planos de monitoramento de projetos foram submetidos ao INEA, conforme Instrução Técnica CEAM 02/2022.

A decisão da Comissão sobre a inexigibilidade do Estudo de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) não isentou, em hipótese alguma, a Karpowership de apresentar os estudos técnicos que avaliaram o potencial impacto socioambiental do empreendimento. Além disso, não houve operação em nenhuma área de conservação ambiental (BERGALLO, 2022).

O projeto também conta com compensação ambiental adicional e voluntária, em parceria com a prefeitura de Itaguaí, para reflorestamento de áreas degradadas, seguindo as premissas corporativas de compromisso e respeito aos ecossistemas e à sociedade local. Espécies nativas da Mata Atlântica foram replantadas, mais especificamente de manguezais e restinga.

Todas as ações foram coordenadas pela ONG Onda Verde, de Nova Iguaçu (RJ), organização não governamental, sem fins lucrativos, que trabalha pela conservação da diversidade biológica do Bioma Mata Atlântica e incentiva ações para o desenvolvimento sustentável (BERGALLO, 2022).

A empresa vem organizando reuniões de apresentação com representantes das comunidades e oficinas participativas com colônias de pescadores para coletar propostas de medidas de compensação para a pesca na região, com o objetivo principal de proteger a atividade pesqueira e gestão dos recursos naturais da Baía de Sepetiba.

A mesma abriu um escritório em Itaguaí, região próxima a Baía de Sepetiba para estreitar o relacionamento e participar ativamente do desenvolvimento socioeconômico da região com forte compromisso quanto a responsabilidade social e cidadania em suas operações globais.

Tendo iniciativas de conservação ambiental; fortalecimento da pesca artesanal; educação e treinamento serão priorizados pela empresa.

O programa de responsabilidade corporativa da empresa no Brasil conta com oficinas participativas e serve para identificar as prioridades da comunidade e construir projetos de forma integrada (BERGALLO, 2022).

Este empreendimento se justifica pelas razões seguintes:

- Rapidez na mobilização e entrada em operação;
- Ativos já construídos e disponíveis imediatamente. Inclusive as unidades geradoras e o FSRU;
- Mínimas Intervenções no ambiente;
- Pouquíssimo impacto na fase de mobilização;
- Descomissionamento fácil e rápido.

O curtíssimo prazo para a implantação dos projetos, apontavam que os empreendimentos deveriam atender a três pontos chave:

- Rapidez na disponibilização dos equipamentos as UTEs
- Conexão com a rede elétrica em pontos próximos a com disponibilidade de atender a geração programada.
- Facilidade de obtenção de combustível.

O atendimento aos requisitos (a) e (c) acima envolve a seleção da tecnologia, e aos requisitos (b) e (c) envolve a seleção do local.

Os requisitos do leilão PCS 2021 indicou que as unidades geradoras deveriam ser conectadas ao Subsistema Sudeste/Centro-Oeste.

Tratando-se de Powerships, e com a questão do combustível solucionada, a seleção do local de instalação do sistema limitou-se a três itens:

- Proximidade de subestação com capacidade para absorver a potência gerada para conexão com a rede;
- Disponibilidade de espaço em águas abrigadas para o fundeio das unidades mobilizadas e para o distanciamento mínimo durante as operações de carregamento do FSRU;
- Disponibilidade de pelo menos um porto, ainda que pequeno, para a atracação de embarcação de serviço para o transporte de pessoas, materiais e provisões para as unidades flutuantes.

Tendo esses aspectos como orientação, a localização das Usinas Termelétricas Flutuantes foi selecionada através do Procedimento de seleção da Karpowership considerando as propriedades do ecossistema, interesse público, impactos sociais e ambientais, condições logísticas, fator de segurança e valor econômico.

A região que sobressaiu no atendimento dos itens foi a da Baía de Sepetiba. Localizada próxima à cidade do Rio de Janeiro, próxima de instalações importantes com o terminal de minérios da Vale, da Siderúrgica Ternium, do complexo industrial de Santa Cruz e a subestação Zona Oeste, de Furnas, e tem ainda a vantagem de contar com uma infraestrutura de logística favorável.

A Baía de Sepetiba que apresentou a melhor viabilidade para a implantação do Projeto, prevê que o FSRU fique localizado próximo ao canal de navegação, e os 4 Powerships fiquem distribuídos em pares, sendo dois a nordeste e dois a noroeste. Será utilizada uma Embarcação de Suporte (que abrigará acomodações e uma torre de transmissão de energia) que ficará localizada entre os dois pares de Powerships, ao norte do FSRU, e um pouco mais próxima da costa.

Contrato de passagem entre Docas do Rio de Janeiro e a Karpowership

A companhia Docas do Rio de Janeiro, Empresa Pública Federal, vinculada ao Ministério da Infraestrutura e a **KARPOWERSHIP** celebraram CONTRATO Nº 28/2022, PROCESSO Nº 50905.008330/2021-61.

SEI/MINFRA - 5564837 - Contrato Onde consta:

Que o Contrato de Passagem foi firmado com o objetivo de permitir a atração e operação das usinas termelétricas flutuantes da Karpowership nas instalações portuárias e industrial da região. Nele foram descritos as permissões, proibições, punições.

O prazo de vigência por 44 meses prorrogáveis por períodos iguais, o valor que a empresa pagará à CDRJ durante todo o prazo do contrato, pelo uso, gozo e fruição da área marítima descrita, estabelecido no valor mensal de R\$ 106.365,07 (cento e seis mil, trezentos e sessenta e cinco reais e sete centavos); multas, juros, reajuste, conservação, apólice se seguros, penalidades, autorizações, licenças, proteção ambiental, valor do contrato, regulamentação, entre outras cláusulas pertinentes a Contratante e a Contratada.

4.6 Exemplos de plataformas flutuantes no Brasil e no mundo

Localizado em São João da Barra, no estado do Rio de Janeiro, o Portodo Açú foi projetado para apoiar a mineração, a exploração e produção offshore de petróleo e gás, e se transformou em um complexo industrial e importante polo industrial, com a implantação de infraestrutura e diversas empresas.

Em sua próxima transformação, o Açú está planejado para se tornar um polo de transição energética, com projetos de gás natural, solar e eólico offshore e hidrogênio verde que coexistirão com a indústria de combustíveis fósseis (LAMMLE; BULHÕES, 2019).

De acordo com a reportagem de Alana Gandra, repórter da Agência Brasil, o Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) anunciou em 14 de janeiro de 2021 a aprovação de financiamento de R\$ 3,93 bilhões à GNA Geração de Energia S.A. para a implantação de uma segunda usina termelétrica no Porto do Açú, no município de São João da Barra, região norte do estado do Rio de Janeiro fósseis (LAMMLE; BULHÕES, 2019).

A termelétrica UTE GNA II terá quatro conjuntos geradores, sendo três movidos a gás natural e um a vapor, e capacidade instalada total de 1.673 megawatts (MW), energia suficiente para o abastecimento de 7,8 milhões de residências.

Durante a construção, serão gerados em torno de 5 mil empregos. Outros 500 postos de trabalho deverão ser gerados quando a usina entrar em operação. O projeto faz parte do parque termelétrico a gás natural que a GNA está construindo no Porto do Açu. A primeira usina, UTE GNA I, de 1.338 MW de capacidade instalada, também teve apoio financeiro do BNDES fósseis(LAMMLE; BULHÕES, 2019).

A usina está em fase final de construção e entrará em operação comercial no primeiro semestre deste ano. Suas instalações de recebimento, processamento e transporte de gás natural líquido (GNL) serão compartilhadas com a UTE GNA II. O GNL adquirido será armazenado em uma unidade flutuante FSRU (do nome em inglês 'Floating Storage Regasification Unit') que ficará permanentemente atracada.

O GNL será convertido em estado gasoso por um terminal de regaseificação, para ser enviado para as duas usinas por um sistema de dutos, informou o BNDES, por meio de sua assessoria de imprensa.

Figura 9 - Porto do Açu, localizado em Barra de São João – RJ.



Fonte: www.google.com.br/maps

A Figura 5 ilustra o Porto do Açú, localizado no município de São João da Barra – RJ, à aproximadamente 323 km de distância da cidade do Rio de Janeiro. O Porto do Açú tem em sua trajetória uma série de desafios, desde a aplicação de soluções inovadoras de engenharia, passando por importantes obras de qualificação da infraestrutura no passado recente do país, como também sendo a primeira companhia nacional privada dedicada à administração de um complexo porto-indústria 100% privado.

A GNA-Gás Natural Açú é uma joint venture (empreendimento conjunto) formada pela Prumo Logística, a BP e a Siemens, que se dedica ao desenvolvimento, implantação e operação de projetos estruturantes sustentáveis de energia e gás.

A empresa constrói no Porto do Açú o maior parque termelétrico a gás natural da América Latina. O projeto compreende a implantação de duas térmicas movidas a gás natural (GNA I e GNA II) que, juntas, somarão 3 gigawatts (GW) de capacidade instalada. As duas térmicas vão gerar energia suficiente para atender cerca de 14 milhões de residências.

O projeto envolve ainda um Terminal de Regaseificação de GNL (Gás Natural Liquefeito) de 21 milhões de metros cúbicos/dia. O investimento total no projeto alcança cerca de R\$ 10 bilhões.

As obras da Usina GNA II foram iniciadas no final de 2021 com previsão de término para início de 2024 e operações em janeiro de 2025 (LAMMLE; BULHÕES, 2019).

O FSRU BW Magna, Figura 6, está ancorado ao lado do terminal no Porto do Açú, Brasil, apoiando o projeto Gás Natural Açú (GNA), um dos maiores projetos greenfield de GNL para geração de energia na América Latina. A BW Magna é feita sob medida para o maior projeto de energia da América Latina e está programada para operar por 23 anos no Brasil.

Figura 10 - Navio BW MAGNA



Fonte: www.google.com.br/maps

A embarcação é capaz de regaseificar até 1.000 milhões de pés cúbicos padrão de gás natural por dia, abastecendo duas usinas termelétricas de ciclo combinado movidas a gás natural com capacidade para gerar 3.000MW. Juntas, as duas usinas térmicas vão gerar energia suficiente para atender cerca de 14 milhões de residências, segundo a GNA.

O BW Magna tem capacidade de armazenamento de 173.400 metros cúbicos e foi entregue pelo estaleiro Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering (DSME) em 2019. Em seguida, navegou para o estaleiro Sembawang em Cingapura para passar por modificações adicionais para garantir que estivesse perfeitamente adequado às necessidades do projeto.

Ela possui um sistema intermediário de regaseificação de glicol de última geração e as modificações executadas para o projeto incluem um sistema de reliquefação completo, braços de carregamento marítimo navio a navio, bem como modificações na saída de água do mar para permitir que a embarcação envie água do mar para terra as usinas. Essas modificações contribuem para a economia de energia e emissões, reduzindo assim o BW Magna e as pegadas ambientais do projeto (LAMMLE; BULHÕES, 2019).

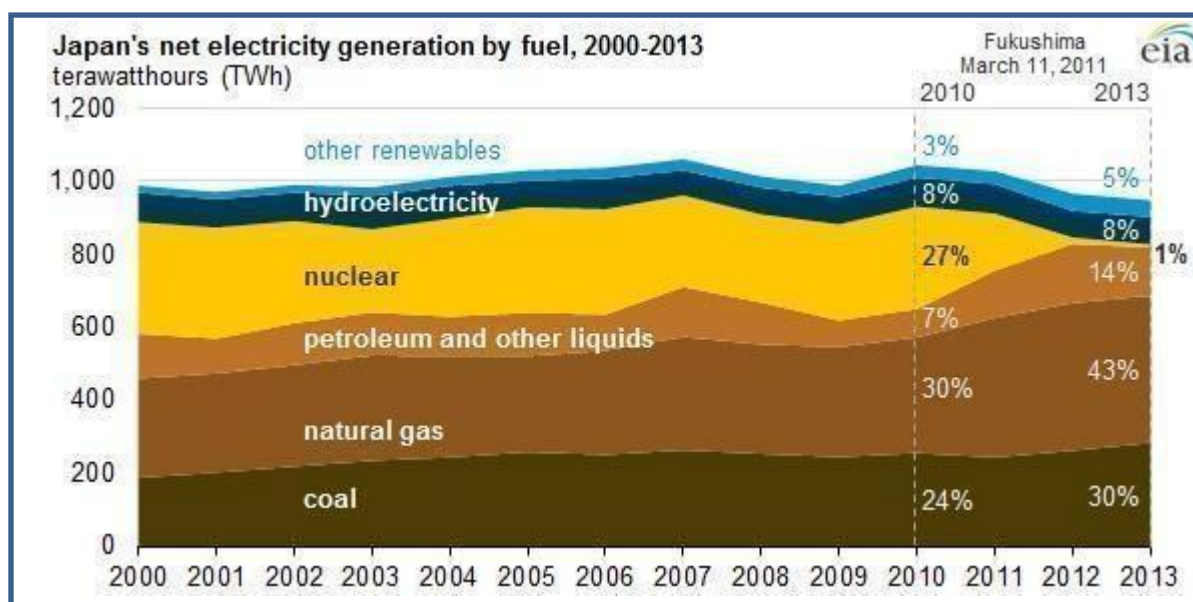
O Japão é um dos países pioneiros na adoção de usinas termelétricas flutuantes a gás. As usinas termelétricas flutuantes a gás têm desempenhado um papel importante no setor energético do Japão.

Em março de 2011, um tsunami gerado por um terremoto devastou grandes extensões da costa da região. O desastre causou um colapso na usina nuclear de Fukushima, como reação o Japão foi obrigado na época a determinar o fechamento de todos os seus reatores nucleares.

Até então, a energia nuclear supria quase um terço da eletricidade do país, que teve que ser substituída pela geração de petróleo e gás para sustentar os baixos níveis de oferta. Ironicamente, a nação insular montanhosa tinha poucos locais para usinas de combustível fóssil seguras contra terremotos e tsunamis, então essa não era uma opção viável para o país (LAMMLE; BULHÕES, 2019).

A Figura 7 apresenta um demonstrativo sobre a geração de energia elétrica por combustível, que comprovam o aumentando gradativamente o uso de GNL.

Figura 11 - Geração de energia elétrica por combustível



Fonte: www.eia.gov

Nesse contexto, as termelétricas flutuantes a gás foram sentidas como uma solução viável e flexível para atender à demanda energética japonesa de forma rápida e eficiente garantindo uma resposta mais imediata em relação à geração de energia tradicional utilizada naquele país.

De acordo com o documento técnico: “ Estudo de viabilidade de usina flutuante de GNL na Tailândia” (2019), a Autoridade Provincial de Eletricidade (PEA), informa que nas províncias onde a demanda por energia elétrica é alta, fica na parte sul da Tailândia. Sendo Songkhla, Surat Thani, Phuket e Nakhon Si Thammarat, e o pico total de demanda dessas quatro províncias é equivalente a 2/3 de toda a parte sul. Para suprir a demanda, recorreram a Central flutuante de GNL.

Trata-se de um novo conceito de geração de energia offshore. Em que a geração de energia é produzida, contando com uma turbina a gás, turbina a vapor, gerador, um tanque de armazenamento de GNL, equipamento de vaporização, compressor BOG, etc. Estes foram instalados em barcaças atracadas no oceano, permitindo a descarga de GNL, armazenamento de GNL, vaporização de GNL e geração de energia em ciclo combinado no mar (LAMMLE; BULHÕES, 2019).

O GNL recebido do navio de transporte de GNL é armazenado no tanque de GNL, vaporizado no vaporizador de GNL conforme necessário e fornecido à turbina a gás como combustível de geração de energia. Como não envolvendo a construção em terrenos pois possui a vantagem de ser instalado em locais onde a disponibilidade de terreno é limitada. Além disso, é possível mover as instalações de geração de energia caso necessário e também pode ser usado num curto prazo de tempo como fonte de energia para suprir demandas transitórias.

O fornecimento de energia primária e o fornecimento de eletricidade da Tailândia dependem fortemente do gás natural. Em particular, o fornecimento de energia é excessivamente dependente do gás natural. Como pano de fundo desta política de redução da dependência do gás natural, assiste-se à diminuição da produção nacional. O crescimento da produção de gás natural diminuiu nos últimos anos e espera-se que a produção diminua no futuro próximo.

Supõe-se também o declínio da capacidade de exportação de Myanmar, que é um destino de importação de gás natural, e a dependência do GNL importado tende a aumentar. A Tailândia importa GNL (Gás Natural Liquefeito) de diversos países ao redor do mundo para atender sua crescente demanda por energia. Entre os principais fornecedores estão o Catar, Austrália, Malásia e Omã.

O Catar é um dos principais parceiros comerciais, fornecendo GNL por meio de acordos de longo prazo. A Austrália, conhecida por seus projetos de GNL, também

exporta para a Tailândia. Além disso, a Malásia, país vizinho, e Omã também são importantes fornecedores (LAMMLE; BULHÕES, 2019).

A Rússia é um país com vastos recursos naturais e grandes extensões territoriais, que enfrentam desafios significativos para a implementação de infraestruturas energéticas tradicionais.

Com sua extensa infraestrutura fluvial e costeira, tem explorado o potencial das usinas termoelétricas flutuantes para fornecer eletricidade em áreas remotas, bem como para garantir a estabilidade do sistema elétrico em situações de emergência.

Uma das principais vantagens das usinas termoelétricas flutuantes na Rússia é a capacidade de fornecer energia em áreas remotas e de difícil acesso, oferecendo solução flexível e móvel, permitindo a geração de energia em áreas remotas sem a necessidade de grandes investimentos em infraestrutura fixa.

De acordo com o site [mordorintelligence](#), com uma população crescente, a demanda de energia está aumentando tremendamente na Rússia. Somando-se a isso, fatores como a rápida urbanização, avanços técnicos e industrialização estão aumentando a demanda por eletricidade. Por outro lado, o descomissionamento de várias usinas nucleares e de carvão em todo o país está restringindo o crescimento do mercado. Além disso, devido à pandemia do COVID-19, a demanda de energia reduziu significativamente na Rússia, restringindo ainda mais o crescimento.

A Rússia tem vastas reservas de gás natural. Além disso, o gás natural tem a maior participação na geração de energia e espera-se que continue seu domínio durante o período de previsão;

Espera-se que a tecnologia de carvão limpo e as próximas usinas a gás natural criem oportunidades significativas na Rússia em breve;

A Rússia tem várias usinas de energia em construção e em fase de planejamento, o que provavelmente impulsionará significativamente a energia térmica do país.

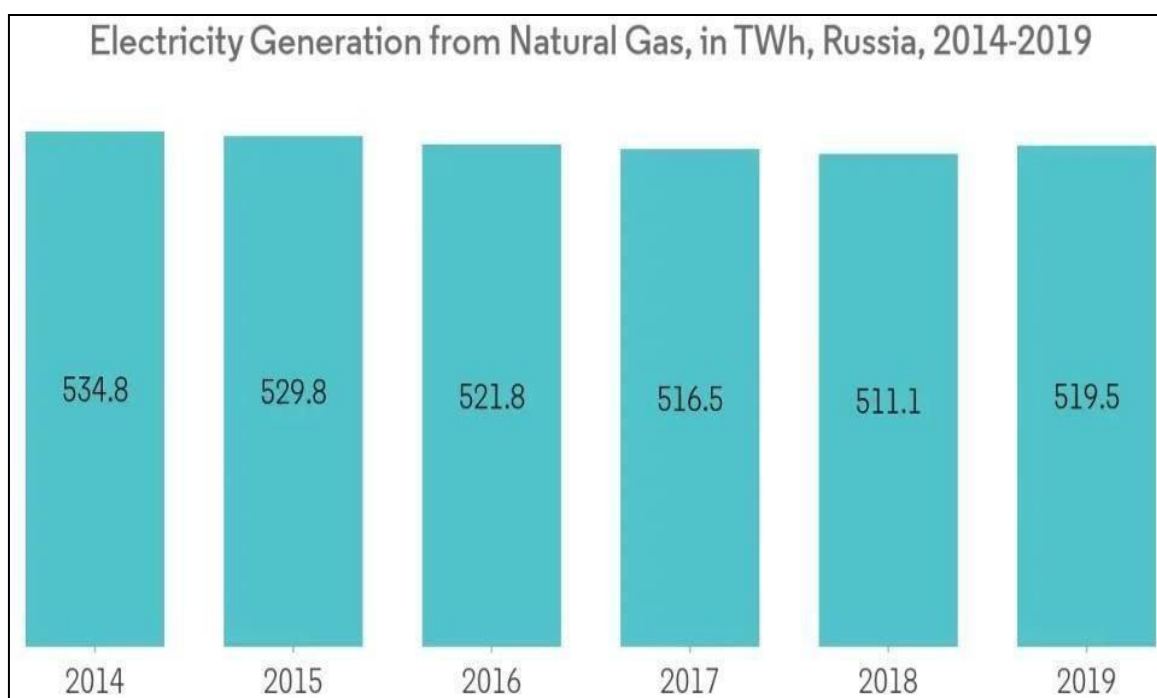
Espera-se que a geração de energia a gás natural domine o mercado. O mix de geração de energia está fortemente inclinado para o gás natural, com uma contribuição significativa devido à disponibilidade de combustível doméstico mais barato e às vastas reservas presentes na própria Rússia.

Sua participação no mix tem aumentado ao longo dos anos devido a restrições na adição de outras fontes convencionais de geração.

Em 2019, o governo Russo aprovou a modernização de unidades de três gerações, cada uma com capacidade de 150 MW na usina de Krasnodar. As unidades estão programadas para serem comissionadas em 2022-2024.

O gás natural detinha uma parcela significativa da geração de eletricidade na Rússia. Com 519 TWh de eletricidade em 2019, a quota de gás natural deverá crescer no período de previsão, como mostra a Figura 8.

Figura 12 - Geração de energia elétrica a gás natural na Rússia



Fonte: [www.google.com.br/IEA/ Gas Market](http://www.google.com.br/IEA/GasMarket)

Com vantagens como baixas emissões em comparação com o carvão e menos danos em comparação com a energia nuclear, é provável que a quota de mercado do gás natural na geração de energia cresça no futuro.

Entre seus projetos, consta que a partir de 2019, a Rússia tem quatro reatores nucleares em construção, 24 reatores planejados e 22 unidades em estágio proposto. Em dezembro de 2019, a Rússia comissionou oficialmente a primeira usina nuclear flutuante (NPP) do mundo - Akademik Lomonosov, impulsionando significativamente o mercado de energia térmica.

Em 2019, a Rússia encomendou um projeto de uma usina termoelétrica flutuante. Além de uma usina nuclear flutuante(FNPP), uma usina termelétrica flutuante a gás liquefeito com capacidade de 50 a 60 MW (PTES-50)

Indonésia e Malásia

Indonésia. Com suas vastas ilhas dispersas pelo arquipélago, o país enfrenta desafios logísticos e infraestruturais para o fornecimento de energia em áreas remotas. As flutuações a gás permitem que a Indonésia leve a eletricidade a essas regiões de forma eficiente, aproveitando suas reservas de gás natural e superando obstáculos geográficos.

A Malásia também adotou usinas termoelétricas flutuantes a gás para atender às necessidades energéticas de suas regiões costeiras e ilhas.

Essas usinas fornecem eletricidade confiável e contam com a vantagem de serem móveis, permitindo que sejam deslocadas conforme a demanda. Existem vantagens e desvantagens que precisam ser analisadas e ponderadas para sua utilização. O critério sempre estará baseado nas normas e regulamentações do País. Alguns países importam e outros exportam Gás Natural.

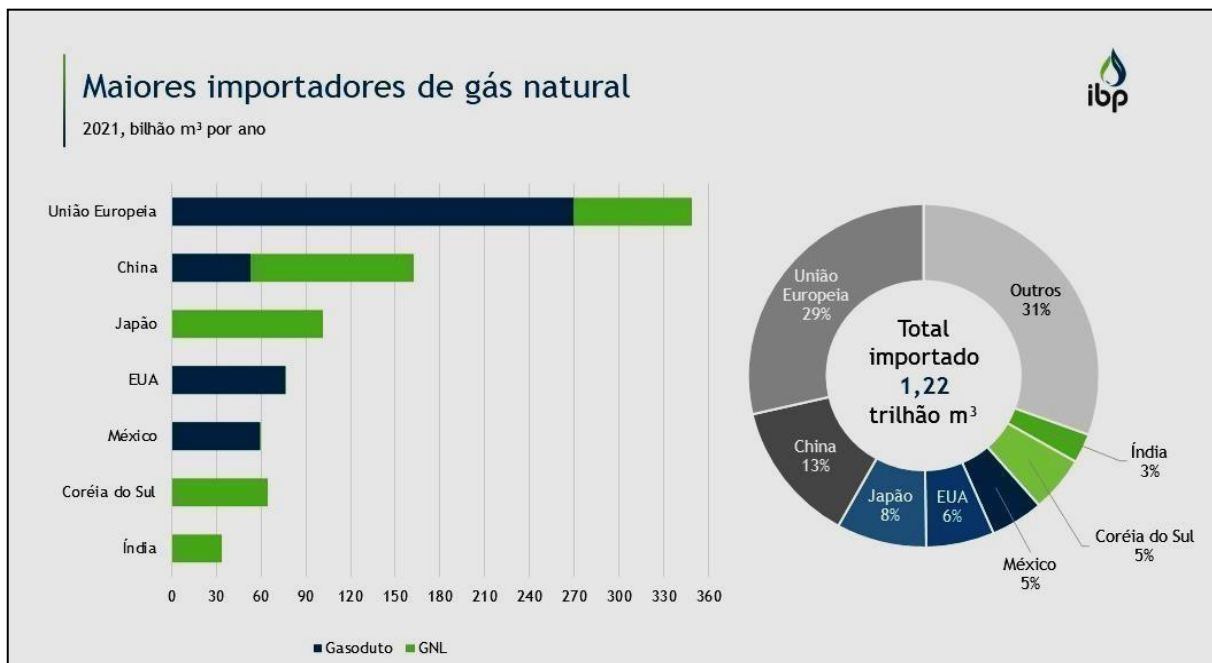
Importação é o processo pelo qual um país adquire bens, serviços ou recursos de outro país para atender às suas necessidades internas. Envolve a compra de produtos estrangeiros e sua entrada legal no país importador, seja para consumo ou revenda.

A importação pode ser vital para suprir a demanda interna de itens que não são produzidos localmente ou para diversificar o mercado com produtos especializados. A Figura 9 apresenta os maiores importadores de gás natural no mundo, e o percentual de importação do produto no ano de 2021.

Já a exportação é o oposto, sendo o ato de vender bens, serviços ou recursos para outros países. Isso permite que empresas e nações ampliem suas oportunidades de mercado, gerando receita através da venda de produtos no cenário internacional.

As exportações podem impulsionar a economia de um país e fortalecer sua posição no comércio global. O transporte de GNL (Gás Natural Liquefeito) é uma operação complexa e especializada devido à natureza do gás natural na forma líquida.

Figura 13 - Importadores de gás natural



Existem duas formas principais de transporte de GNL:

1-Navios Metaneiros: Navios especialmente projetados para o transporte de GNL são chamados de metaneiros. Eles possuem tanques criogênicos altamente isolados que mantêm o gás a temperaturas extremamente baixas (cerca de -160°C), para evitar que ele se transforme em gás novamente.

Esses navios têm capacidade para transportar grandes pesos de GNL, permitindo o comércio internacional do produto. Os metaneiros podem ser classificados em diferentes tamanhos, desde pequenos navios para rotas regionais até os maiores, que são utilizados em viagens transoceânicas.

2-Transporte por Gasodutos: Em algumas situações, quando a distância entre a fonte de produção e o ponto de consumo é relativamente curta, o GNL pode ser transportado por gasodutos.

Para isso, o GNL é regaseificado em terminais de recebimento, onde é convertido de volta ao seu estado gasoso e, então, é injetado na rede de gasodutos para distribuição local.

Ambas as formas de transporte são amplamente utilizadas na indústria de GNL, cada uma com suas vantagens e desafios. O transporte por navios metaneiros é mais adequado para grandes distâncias e comércio internacional, enquanto o transporte por gasodutos é mais comum em rotas regionais ou domésticas.

A segurança é uma consideração fundamental em ambas as formas de transporte, devido à natureza inflamável do gás natural, exigindo protocolos rigorosos de manuseio e controle de riscos.

Com base no gráfico ilustrado na Figura 9 temos os resultados elencados no Quadro 1:

Quadro 1 - Percentual de utilização de gasoduto e navios

Gráfico 6 - Ano 2021 Bilhão m ³ por ano		Transporte	
País	Percentual %	Gasoduto	Navios
União Europeia	29		
China	13		
Japão	8		
EUA	6		
México	5		
Coréia do Sul	5		
Índia	3		
Outros	31		
Legenda			
Utilizam gasoduto			
GNL - Navios metaneiros			

Fonte: IBP com dados do BP

Os Países membros da União Europeia são: Alemanha, Áustria, Bélgica, Bulgária, Chipre, Croácia, Dinamarca, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Estônia, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Hungria, Irlanda, Itália, Letônia, Lituânia, Luxemburgo, Malta, Polônia, Portugal, República Tcheca, Romênia, Suécia.

4.7 Vantagens e desvantagens

Um dos principais benefícios das usinas termoelétricas flutuantes a gás é a sua mobilidade. Elas podem ser facilmente deslocadas para locais estratégicos, onde a demanda de energia é alta ou onde existem fontes de gás natural disponíveis.

Essa flexibilidade permite que essas usinas sejam integradas em áreas remotas ou em regiões protegidas por desastres naturais, onde a infraestrutura de energia pode ser limitada ou danificada.

Além disso, as usinas termoelétricas flutuantes a gás oferecem um processo de instalação rápida e simplificado em comparação com usinas convencionais. Enquanto a construção de uma usina tradicional pode levar vários anos, as usinas flutuantes podem ser construídas em um período relativamente curto, cumprindo os prazos de implantação e permitindo uma resposta mais ágil à demanda energética.

Do ponto de vista ambiental, as usinas termoelétricas flutuantes a gás também apresentam vantagens significativas em comparação com usinas a carvão, por exemplo, elas emitem consideravelmente menos poluentes atmosféricos, como dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de dióxido de carbono (NO_x) e material particulado.

Essas usinas também podem ser equipadas com tecnologias avançadas de controle de emissões, como sistemas de dessulfurização e catalisadores, para reduzir ainda mais os impactos ambientais.

Desvantagens

Fonte não renovável - dependência contínua de combustíveis fósseis, como o gás natural. Seus recursos são finitos;

Manutenção e operação das usinas flutuantes requer conhecimentos técnicos e especializados, o que pode representar um desafio em termos de treinamento e capacitação de profissionais;

Consumo de água: As usinas termoelétricas flutuantes a gás consomem grandes quantidades de água para resfriamento dos equipamentos.

Isso pode criar pressão adicional sobre os recursos hídricos locais, especialmente em áreas onde a disponibilidade de água é limitada.

Custo inicial elevado: A construção de uma usina termelétrica flutuante a gás envolve um investimento significativo.

Risco de acidentes: Como qualquer instalação de energia, as usinas termoelétricas flutuantes a gás apresentam riscos associados à segurança.

Vazamentos de gases, explosões e outros acidentes podem representar ameaças para o meio ambiente, para a saúde humana e para a segurança das operações.

Liberação de gases poluentes na atmosfera.

Ressalta-se que segundo alguns ambientalistas poderá ocorrer impacto na vida marinha com ruído gerado durante a operação da termelétrica Flutuante que podem perturbar a vida marinha, afetando a migração, a reprodução e a alimentação de várias espécies.

Se tratando da instalação da termelétrica na Baía de Sepetiba – RJ, de acordo com a professora e pesquisadora do Instituto de Biologia da UERJ Helena Bergallo, ao utilizar a água da própria baía para resfriar suas caldeiras, as termelétricas têm potencial para elevar a temperatura das águas no local em até 15° C, o que ameaçaria a vida de diversas espécies.

A professora acrescentou que, com o funcionamento ininterrupto das termelétricas, haveria a propagação do som dentro da água. “Isso afeta a atividade de peixes e botos-cinza”, frisou, lembrando ainda que as estruturas estão iluminadas durante a noite e o impacto da luz também afeta a vida marinha e as aves que vivem na região.

4.8 - Principais resultados

Após as pesquisas Bibliográficas e documentais foram realizados alguns comparativos entre o Brasil e os Países pesquisados. Segundo Fachin (2001) o método comparativo consiste em investigar coisas ou fatos e explicá-los segundo suas semelhanças e suas diferenças. Permite a análise de dados concretos e a dedução

de semelhanças e divergências de elementos constantes, abstratos e gerais, propiciando investigações de caráter indireto.

Todos os países retratam que a termelétrica flutuante utiliza gás natural como combustível para gerar eletricidade e em alguns casos em ciclos combinados. A usina é instalada em uma embarcação flutuante, geralmente ancorada em uma área próxima à costa, e é capaz de fornecer energia para abastecer uma determinada região. Embora as termelétricas flutuantes a gás sejam consideradas mais limpas em comparação com as usinas térmicas tradicionais, ainda apresentam desafios ambientais.

A principal questão está relacionada às emissões de gases de efeito estufa, principalmente de dióxido de carbono (CO₂), que contribuem para o aquecimento global. Além disso, o uso do gás natural como combustível pode estar associado a vazamentos e impactos na vida marinha, caso não sejam adotadas medidas adequadas de segurança e monitoramento. Elas podem ter impactos socioeconômicos positivos, como a criação de empregos diretos e indiretos durante a construção e operação das usinas.

Além disso, podem contribuir para o fornecimento de energia estável, o que impulsiona o desenvolvimento econômico e industrial nas áreas atendidas. O abastecimento de gás para as usinas flutuantes pode ser realizado por meio de gasodutos submarinos ou navios transportadores de gás liquefeito.

4.9 Brasil e Tailândia

Fazendo comparativo, Brasil e Tailândia possuem diferenças geográficas e de infraestrutura que influenciam suas escolhas de energia.

Ambos os países possuem uma costa extensa, o que torna as usinas flutuantes uma opção atraente.

O Brasil contudo possui vastos recursos de gás natural e uma infraestrutura de distribuição mais desenvolvida, as termelétricas flutuantes são menos comuns devido à disponibilidade de outras fontes de energia, como hidrelétricas e térmicas clássicas. O abastecimento será periodicamente por navios transportadores de GNL. A frequência do abastecimento é estimada de 20 a 60 dias, dependendo do despacho de energia.

Na Tailândia, as usinas termelétricas flutuantes são frequentemente implantadas para fornecer energia temporária em áreas remotas ou como soluções de emergência após desastres naturais. Os abastecimentos serão de três formas:

a) - Na base o GNL será fornecido de Singapura por pequenas transportadoras dedicadas de GNL, aplicáveis apenas ao transporte de GNL relevante.

b)- No tanque 1 - O GNL é fornecido por transportadoras regulares de GNL que se dirigem para o recebimento de Map Ta Phut LNG terminal do Catar que cai em Phuket para descarregar parte da carga de GNL.

c) - O GNL é fornecido por transportadoras regulares de GNL que se dirigem para o recebimento de Map Ta Phut LNG terminal de Bintulu na Malásia que cai em Phuket para descarregar parte da carga de GNL.

A Figura 14 destaca pontos relevantes na instalação das Termelétricas flutuantes de Sepetiba, Porto do Açú e Tailândia.

Figura 14 - Comparativo entre as usinas

	Brasil-RJ- Sepetiba	Brasil-RJ- Porto do Açú	Tailândia
Termelétrica flutuante a gás	Ativa	Em construção	Ativa
Motivo da termelétrica	Escassez hídrica	Escassez hídrica	Falta de infraestrutura
Localização geográfica	Costa verde	Região norte	Phuket -Ilha
Localização das barcaças	Baía de Sepetiba	São João da Barra	Golfo da Tailândia
Matriz energética predominante	Hidrelétrica	Hidrelétrica	Combustível fóssil
Outras fontes de energia	Eólica/biomassa	Eólica/solar	Carvão
Fontes em evolução 2022/2023	GNL/ fotovoltaico	GNL	Gás/ solar
Capacidade de Produção MW	560	1.673	600

Fonte: Autoria própria

De acordo com Abdala (2023), o “empreendimento de quatro termelétricas flutuantes na Baía de Sepetiba, no Grande Rio, segue incerto e criticado por ambientalistas”. Com capacidade para gerar 560 Megawatts (MW) de energia elétrica a partir da queima de gás natural, as usinas administradas pela empresa turca Karpowership operam desde outubro do ano passado, mas enfrentam ações judiciais.

No dia 16 de fevereiro, a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) decidiu suspender a outorga de funcionamento das termelétricas, que havia sido concedida em agosto do ano passado, devido a atrasos no cronograma de sua operação. Apesar disso, as usinas continuam funcionando por força de uma decisão da 4ª Vara Federal de Brasília, que suspendeu o ato da Aneel.

Mas esse não é o único obstáculo que o empreendimento enfrenta. Há ainda ações tanto na Justiça Estadual quanto na Justiça Federal.

O parque termelétrico é composto por quatro embarcações geradoras de energia e um terminal de regaseificação (que transforma gás líquido em um produto gasoso novamente), todos ancorados próximos ao Porto de Itaguaí. O empreendimento conta ainda com uma linha de transmissão de 14 quilômetros, com 36 torres, que foram instaladas no mar e em área de mata.

O funcionamento das quatro usinas foi autorizado em um leilão de energia de reserva, ocorrido em 2021. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) delegou o processo de licenciamento ambiental ao Instituto Estadual do Ambiente do Rio (Inea), através de um acordo de cooperação técnica, em fevereiro de 2022.

O Inea, por sua vez, autorizou o funcionamento do empreendimento através de uma licença ambiental integrada, dispensando a apresentação de Estudo e Relatório de Impacto Ambiental (INEA, 2023).

Para o Ministério Público Federal, esse é um tipo de atividade altamente poluente, que exigiria estudos técnicos aprofundados para detalhar a intensidade e a dimensão dos impactos e para apontar possíveis medidas mitigadoras.

Ele também considerou que houve falta de transparência do órgão ambiental, ao emitir as licenças ambientais “a toque de caixa” sem as indispensáveis audiências

públicas para debater o empreendimento com os moradores da região afetada. Diante disso, o MPF decidiu entrar com duas ações civis públicas, que pedem a anulação das licenças ambientais, tanto da instalação das torres de transmissão quanto da operação das usinas termelétricas (INEA, 2023).

Em setembro de 2022, a Justiça Federal decidiu extinguir os processos por considerar falta de competência federal na matéria. No dia 10 de fevereiro, no entanto, um recurso do MPF chegou às mãos do juiz federal convocado Marcelo Guerreiro, da 8ª Turma Especializada do Tribunal Regional Federal da 2ª Região (TRF2).

O MPF argumenta que o empreendimento foi instalado no mar territorial brasileiro, o que justifica a ação na Justiça Federal. O caso também tramita na Justiça estadual. O Ministério Público do Rio de Janeiro questionou a inexigibilidade de EIA/RIMA para o projeto e chegou a obter uma decisão judicial favorável.

Em agosto de 2022, no entanto, a Presidência do Tribunal de Justiça do estado, reverteu a decisão e manteve a dispensa do estudo e relatório de impacto ambiental devido ao risco de prejuízos à economia e à sociedade locais. Com isso, o empreendimento pôde começar a funcionar.

A organização não governamental Instituto Arayara também entrou com uma ação na Justiça estadual, pedindo a revogação da licença ambiental. O processo ainda segue na 6ª Vara de Fazenda Pública. Segundo o diretor-técnico da ONG, Juliano de Araújo, o empreendimento causa impactos ambientais e sociais na região: “Estamos falando de quatro termelétricas de alto volume de emissão de gases na atmosfera e de uso de grande volume de água da baía. E essa água é devolvida à baía numa temperatura de 14 a 15 graus a mais [do que a temperatura normal do local]”, conta Araújo.

Ele explica que esse desequilíbrio térmico pode gerar impactos na vida animal, como a população de botos-cinza que vive ali; e na economia da região, uma vez que há comunidades que vivem da pesca.

O pesquisador da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) Adactó Ottoni destaca que, além da poluição atmosférica e do desequilíbrio térmico, a operação das térmicas pode gerar outros impactos, como despejos de produtos químicos e poluição sonora. Segundo o pesquisador, o empreendimento da Karpowership prejudica moradores, pescadores e também o turismo local.

Ele destaca ainda que a energia gerada por termelétricas tem um custo maior e esse custo é repassado ao bolso do consumidor na conta deluz.

O Ibama foi procurado pela Agência Brasil mas não se manifestou até o fechamento desta reportagem. Já o Instituto Estadual do Ambiente (Inea) informou que, do ponto de vista ambiental, a empresa Karpowership Brasil Energia Ltda possui todas as licenças e autorizações exigíveis para o empreendimento.

A Agência Nacional de Transportes Aquaviários (Antaq) informou que concedeu à Karpowership o Termo de Licença Operacional (TLO) e Habilitação ao Tráfego Internacional (HTI), o que permitiu que as térmicas pudessem iniciar suas operações a partir de setembro de 2022.

4.10 Brasil e Rússia

A Rússia é um dos principais produtores de GNL do mundo, com um setor de exportação bem desenvolvido. Com gasodutos terrestres e sistemas de transporte marítimo.

O país possui terminais de exportação de GNL, o que lhe confere uma vantagem em termos de infraestrutura para o comércio global. Sua matriz energética é dominada pelo gás natural, que é utilizada tanto para geração de eletricidade como para aquecimento residencial e industrial.

Possuem uma demanda crescente de energia, tanto interna quanto externa, o que impulsiona o desenvolvimento de novas usinas termelétricas flutuantes e a expansão da capacidade de produção de GNL. A Rússia tem o objetivo aumentar sua participação no mercado global de GNL e fortalecer sua posição como fornecedor confiável para diferentes regiões do mundo.

Por isso tem buscado parcerias internacionais para expandir sua capacidade de produção. Atualmente possui a maior reserva de gás natural do mundo, figura 11.

De acordo com o Boletim Anual de Recursos e Reservas 2020, o Brasil possui declarados 337.238 MMm³ de reservas provadas de gás natural, foram produzidos 45,9 bilhões de metros cúbicos de gás natural.

Após enfrentar a maior crise hídrica dos últimos 91 anos em 2021, as compras externas de GNL subiram entre 2020 e 2021 para abastecer, sobretudo, as

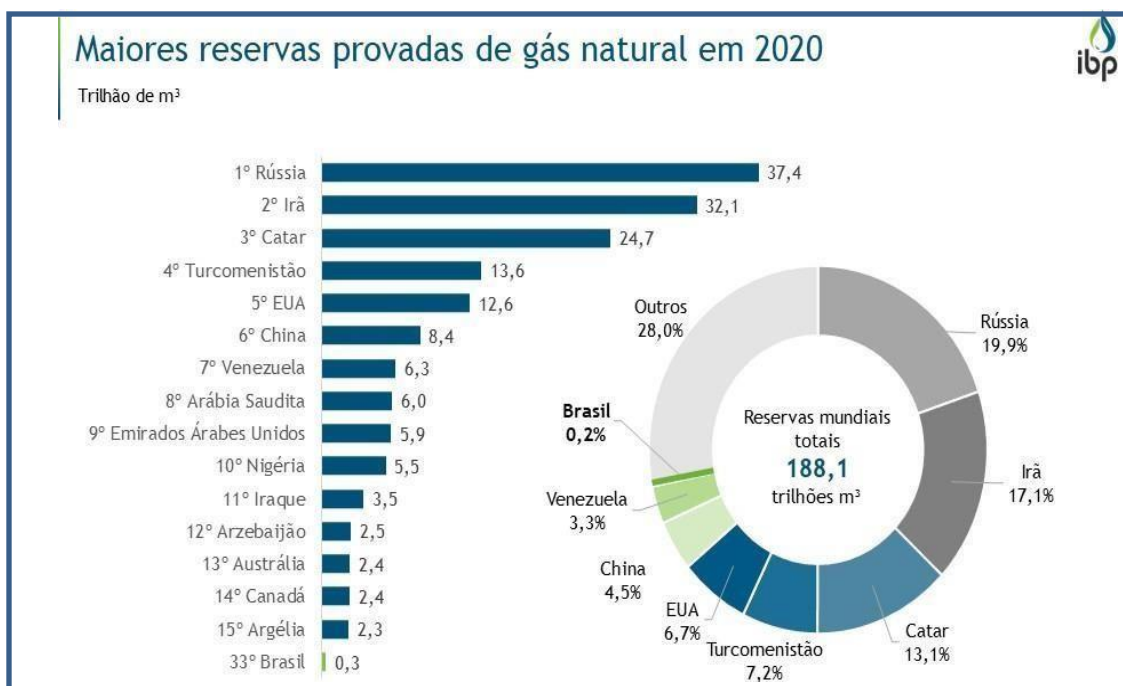
termelétricas, como pontua reportagem do IG. O total passou de 8 milhões para 23 milhões de metros cúbicos diários e esse volume já responde por 27% do total de gás consumido no país, segundo dados da Petrobras. (Moreira; Armbrust 2022)

Assim, possui terminais de importação de GNL para receber e armazenar o gás liquefeito, que é utilizado tanto na geração de energia elétrica quanto em outras indústrias energéticas.

As termelétricas flutuantes são menos comuns devido à disponibilidade de outras fontes de energia, como hidrelétricas, energia eólica e solar, que são mais sustentáveis e economicamente viáveis. Contudo, o setor está passando por um processo de abertura e desenvolvimento, visando aumentar a participação desse combustível na matriz energética e diversificar as fontes de energia.

O transporte de GNL é realizado por meio de navios, que transportam o gás liquefeito de terminais de importação para locais de consumo. Já que a infraestrutura de transporte ainda está em desenvolvimento, com investimentos em gasodutos e terminais para garantir uma distribuição eficiente do gás liquefeito.

Figura 15 - Reservas mundiais de gás natural do ano de 2020.



Fonte: IBP (2021).

O Brasil foi o 33º colocado em reservas provadas de gás natural em 2020. Os maiores detentores de reservas de gás no mundo são a Rússia e o Irã, com pouco mais de 1/3 do total global.

4.11 Brasil e Japão

Comparando o Brasil com o Japão, nossa tecnologia de termoeletricas flutuantes é menos avançada e menos utilizada, devido à disponibilidade de outras fontes de energia mais atraentes. Já eles, possuem uma das maiores frotas de usinas termoeletricas flutuantes do mundo, que são implantadas principalmente para garantir o fornecimento de energia em áreas remotas e ilhas onde a infraestrutura elétrica é limitada.

O Japão enfrenta desafios em relação à segurança energética devido à sua dependência de outros países de combustíveis fósseis, incluindo GNL .

Em comum, ambos os países têm a necessidade de diversificar sua matriz energética e reduzir a dependência de fontes de energia não renováveis.

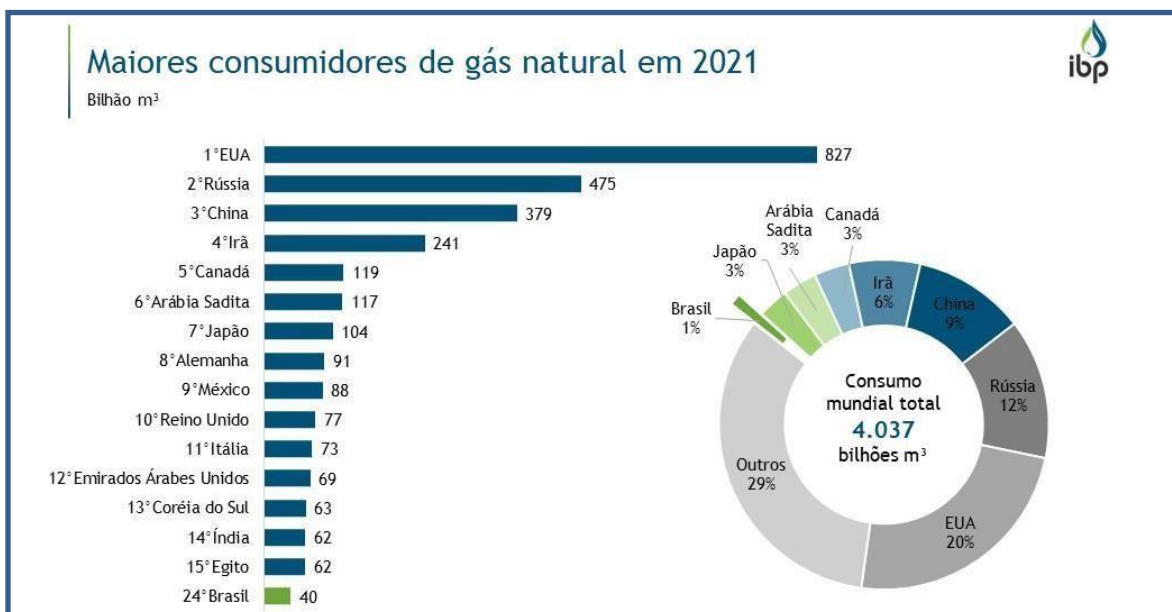
Possuem uma demanda crescente por eletricidade devido ao aumento da população e ao desenvolvimento econômico.

São importadores de gás natural, o GNL é utilizado para complementar a oferta de energia em períodos de baixa produção de outras fontes, como hidrelétricas.

Bem como também estão comprometidos com a redução das emissões de gases de efeito estufa e com a mitigação das mudanças climáticas.

Na Figura 12 pode ser visto o ranking de consumo de gás natural no cenário mundial.

Figura 16 - Ranking de consumo gás natural no mundo

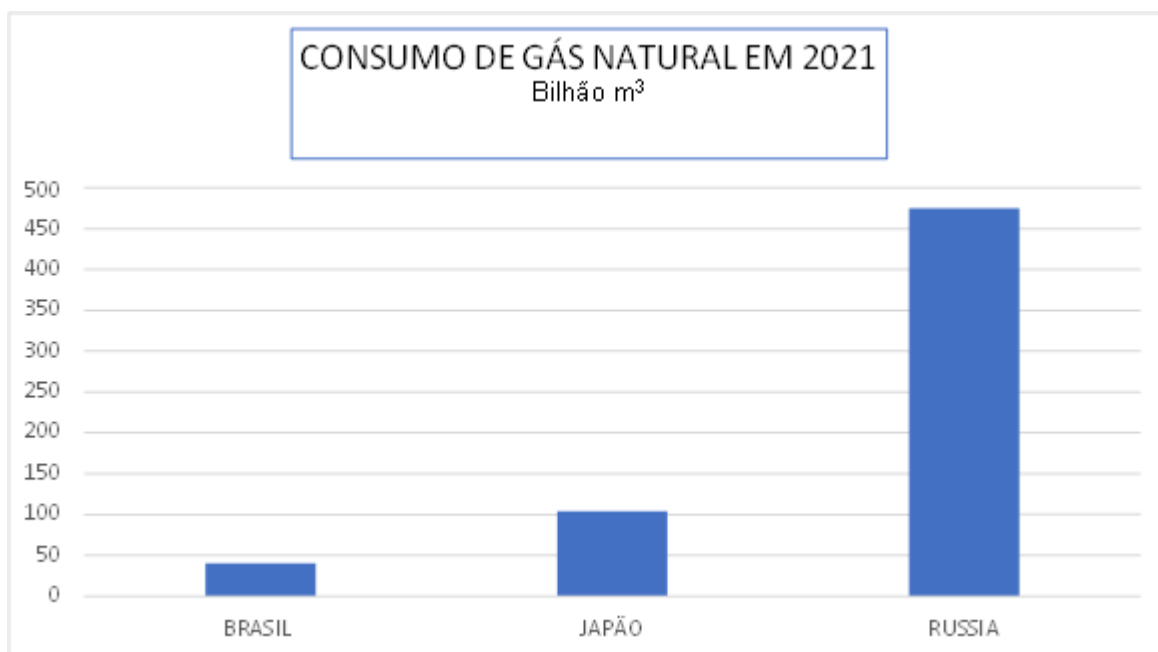


Fonte: IBP (2022).

A Rússia possui a maior reserva mundial de gás natural, porém não é o maior consumidor (Bilhão 475 m³), exportando parte do produto produzido a outros Países. O Brasil, nessa escala é o menor consumidor (40 m³) seguido pelo Japão (104 m³).

A Figura 13 mostra o comparativo de consumo de gás natural entre o Brasil, Japão e a Rússia.

Figura 17 - Comparativo de consumo Brasil - Japão – Rússia



Fonte: Autoria Própria.

4.12 Análise de dados – pesquisa de campo

A pesquisa de campo tem a finalidade de observar fatos e fenômenos da maneira como ocorrem na realidade por meio da coleta de dados.

Dessa forma foi realizado estudo exploratório utilizando diferentes técnicas para obtenção de resultados, sendo elaborado um levantamento da percepção das pessoas quanto à termelétrica na baía de Sepetiba, sua instalação, aceitação por parte da sociedade, benefícios e necessidade diante escassez ou não de energia elétrica em sua residência.

A pesquisa de campo iniciou-se em 17 de outubro de 2022 fechando em 06 de novembro de 2022, totalizando 210 entrevistados.

As perguntas foram elaboradas e organizadas pela autora e distribuídas de duas maneiras: questionário estruturado usando a ferramenta do google docs e enviado aos participantes da pesquisa via email e WhatsApp, dando maior direcionamento aos moradores da zona oeste e presencialmente em pesquisa de Campo e na Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCTZO), COM TEMA: Bicentenário da Independência: 200 anos de Ciência e Inovação no Brasil, que ocorreu nos dias 18 e 19 de outubro de 2022, no Centro Esportivo Miécimo da Silva, com prancheta,

formulário impresso e caneta em mãos, entrevistando as pessoas individualmente e coletando as respostas.

A pesquisa google forms foi enviada aos entrevistados via WhatsApp e e-mail contendo a seguinte introdução e informação: “Pesquisa sobre a Termelétrica na Baía de Sepetiba - Programa de Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental - UERJ - ZO – 2022. A pesquisa visa um estudo simplificado sobre a percepção da sociedade quanto a instalação da Termelétrica na Baía de Sepetiba, no Estado Rio de Janeiro.

Mestranda: Marta Deise Araújo Orientador: Edmilson Monteiro de Souza

Obs: Ressaltamos que se trata de simples pesquisa, assegurado o direito à privacidade. Não haverá coleta de dados pessoais ou divulgação de informações pessoais, em atendimento a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD). Podendo ser respondido por jovens maiores de 16 anos de idade. O formulário estará disponível até 15.11.2022

A pesquisa de campo, foi direcionada ao público em geral, de profissões e níveis de escolaridade diversos, sendo a maior parte de entrevistados as pessoas residentes na zona oeste do Rio de Janeiro. A marcação em vermelho na figura abaixo corresponde a 73,8% dos 210 participantes, sendo 26,8% moradores de outras regiões do mapa .

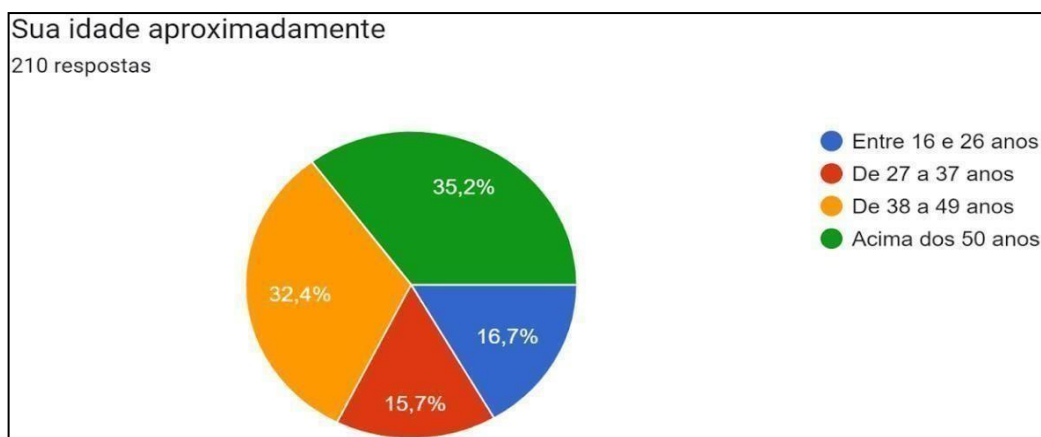
Figura 18 - Região pesquisada



Fonte: <https://oglobo.globo.com/rio/noticia/2023/03>

As pessoas responderam à pesquisa conforme sua faixa etária. Assim segue a modelagem das amostras obtidas quanto as seguintes informações:

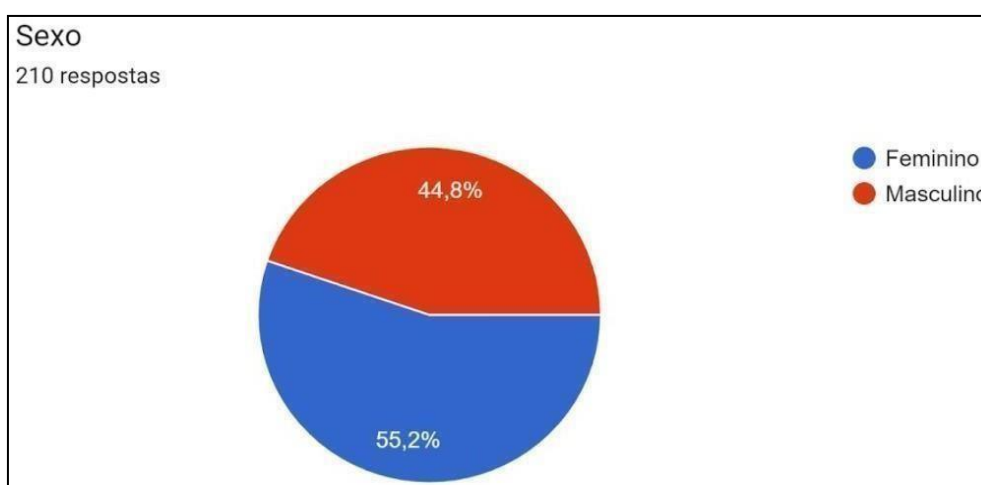
Figura 19 - Faixa etária dos entrevistados



Fonte: Autoria Própria.

Na amostra, a maior parte dos participantes, possuem faixa etária acima dos 50 anos. Em relação ao gênero o maior número de respondentes foi do sexo feminino (55,2%) em relação ao masculino (44,8%).

Figura 20 - Gênero dos entrevistados



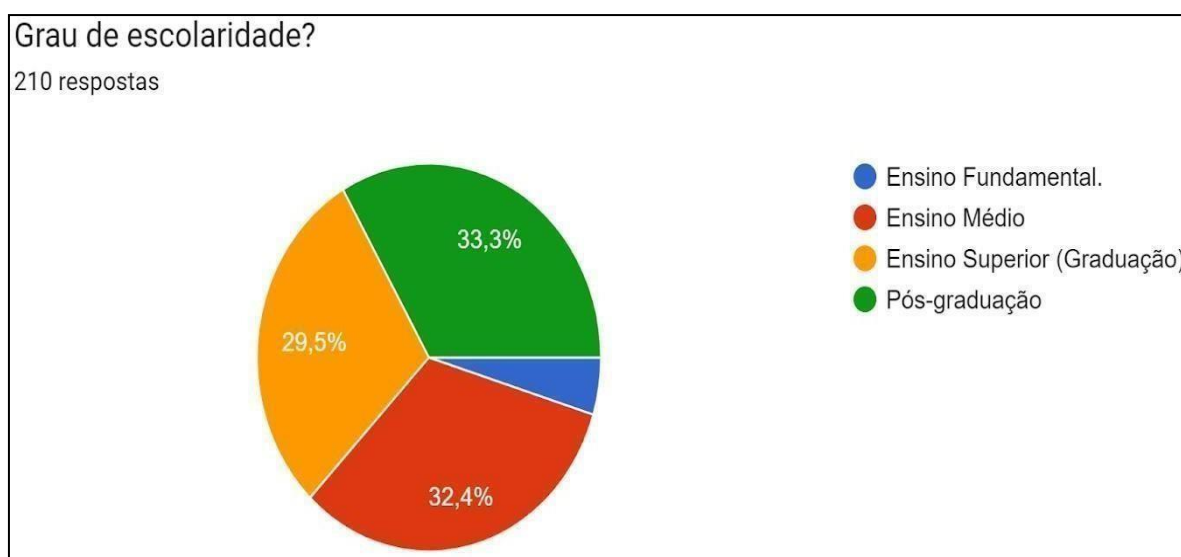
Fonte: Autoria Própria.

No nível educacional nota-se um certo equilíbrio. Discrepando-se apenas o ensino fundamental.

Observa-se um número maior de respostas no níveis educacionais de Pós graduação, ensino médio e superior. Correspondente a 95,2% somando-se os resultados obtidos.

Algo já era esperado, pois parte da amostragem foi feita em sites de relacionamentos, na faculdades e na Semana Nacional de Ciência e Tecnologia na Zona Oeste – RJ nos dias 18 e 19 de outubro de 2022.

Figura 21 - Grau de escolaridade dos entrevistados



Fonte: Autoria Própria.

As pessoas que responderam a pesquisa de acordo com o grau de escolaridade.

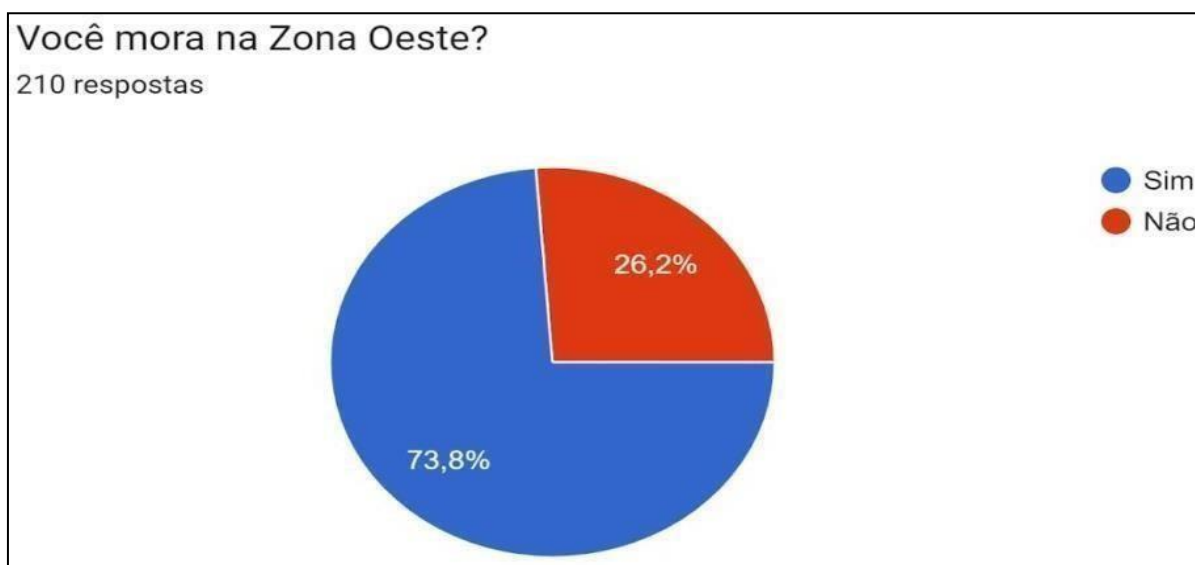
Quadro 2 - Histograma Frequência X Escolaridade

Escolaridade	Frequência	Porcentagem
Ensino Fundamental	10	4,8
Ensino Médio	68	32,4
Ensino Superior	62	29,5
Pós - graduação	70	33,3
Total	100	100

Fonte: Autoria Própria.

Obtivemos uma expressiva participação popular dos moradores da zona oeste do Estado do Rio de Janeiro onde o empreendimento está sendo instalado.

Figura 22 - Região de moradia dos entrevistados



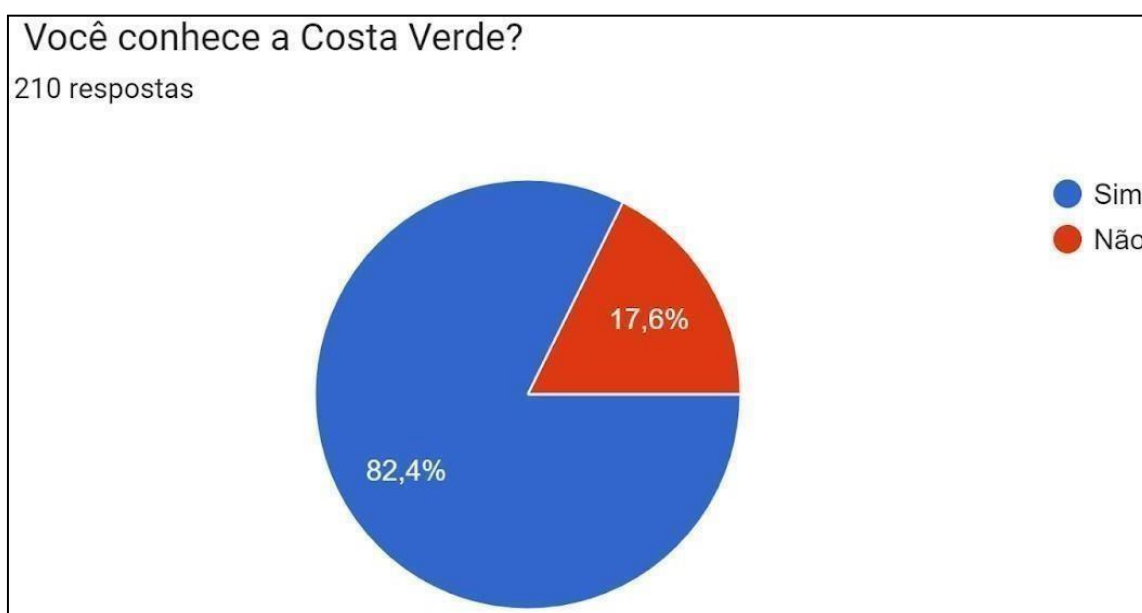
Fonte: Autoria Própria.

A Costa Verde é uma faixa de terra que vai do litoral sul do estado brasileiro do Rio de Janeiro até o norte do litoral do estado de São Paulo. Engloba os municípios de Mangaratiba, Angra dos Reis, Itaguaí e Paraty no estado do Rio de Janeiro.

Evidenciou-se que nem todos que moram na zona oeste, conhecem a Costa Verde. Mesmo sendo muito próximos.

Sendo esse um local que, podemos encontrar desde resorts de padrão internacional e paraísos ecológicos a cidades históricas como a de Paraty, um dos destinos turísticos mais visitados do Brasil. Angra dos Reis é um paraíso com 365 ilhas e mais de 2000 praias, sendo parada obrigatória para amantes de belezas naturais.

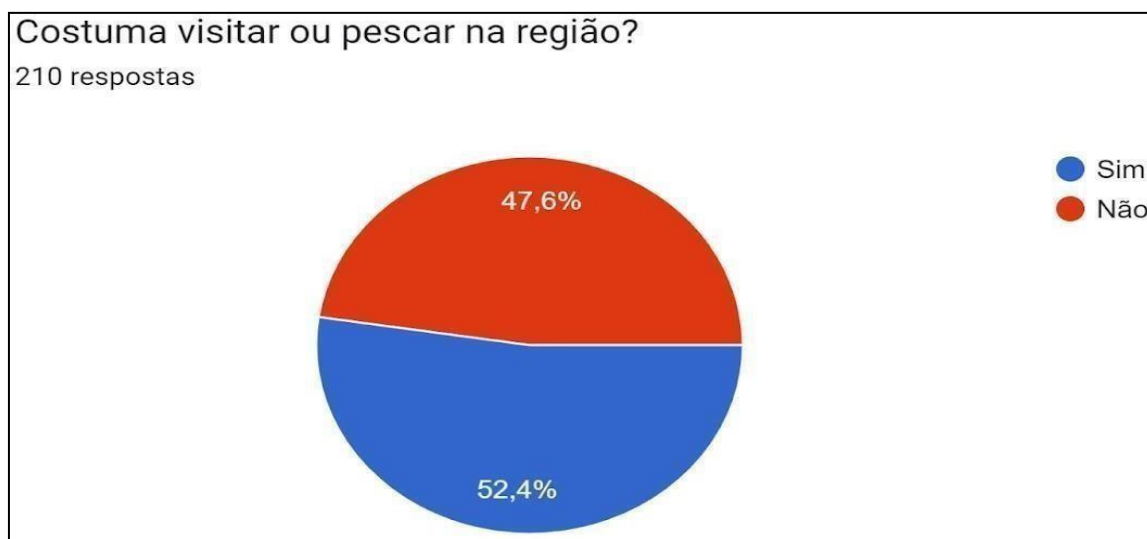
Figura 23 - Conhecimento da região Costa Verde por parte dos entrevistados



Fonte: Autoria Própria.

Foi possível perceber através dos números e dos diálogos na pesquisa de campo, que mesmo uma grande parcela da população 47,6% residindo na Zona oeste, poucos costumam visitar ou pescar na região.

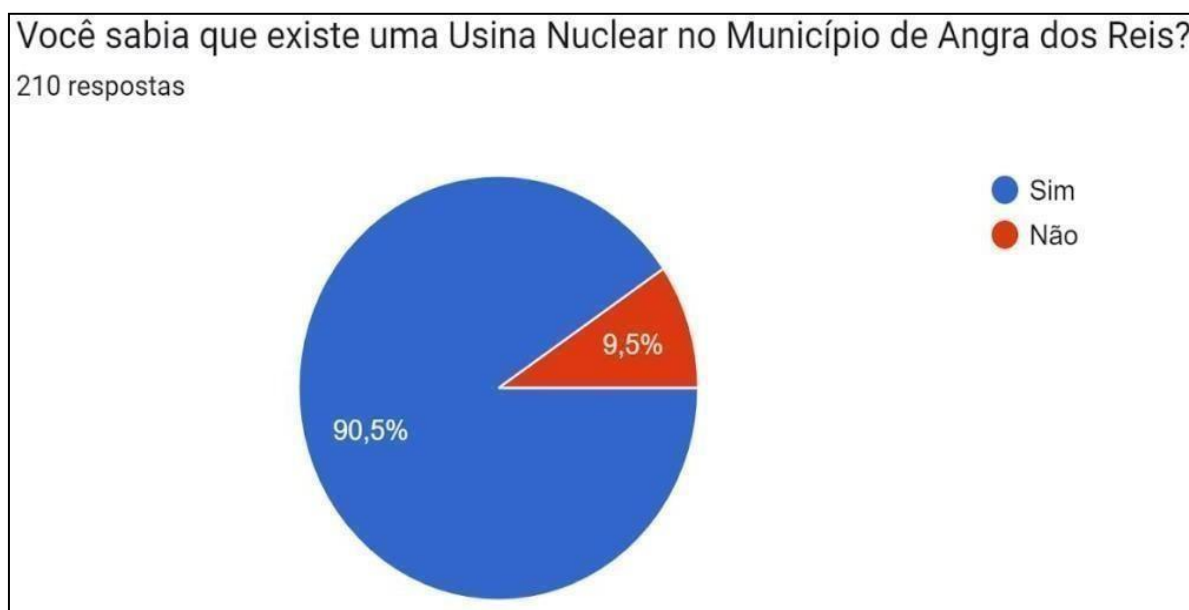
Figura 24 - Visitação e/ou pescaria, na região da Costa Verde, por parte dos entrevistados



Fonte: Aatoria Própria.

Quanto a primeira usina nuclear brasileira instalada em Angra dos Reis (Angra 1) em 1985, observa-se que o povo está bem informado, pois pouco mais de 90% dos entrevistados disseram ter ciência da existência.

Figura 25 - Conhecimento da usina nuclear de Angra dos Reis, por parte dos entrevistados.



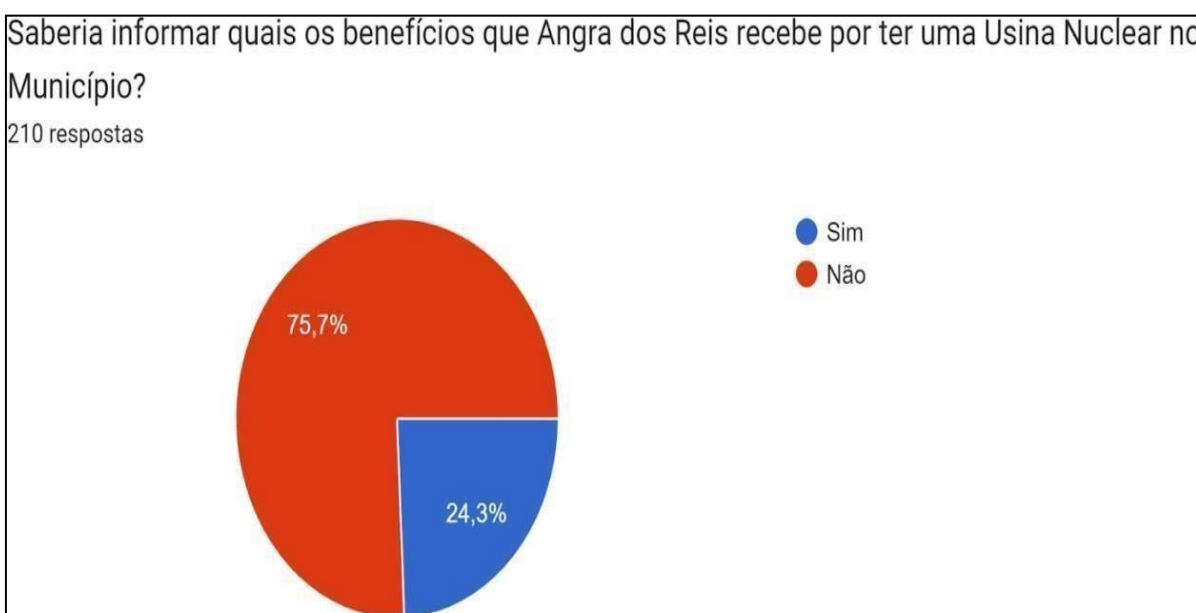
Fonte: Aatoria Própria.

Já os benefícios que Angra recebe e que o Rio de Janeiro poderá receber, percebemos um empate em ambas as perguntas.

Apenas 24,3% souberam responder. Como por exemplo, maior vantagem ambiental de uma usina nuclear é a não utilização de combustíveis fósseis, evitando o lançamento na atmosfera dos gases responsáveis pelo aumento do aquecimento global.

Essa pergunta trouxe inquietações, pois as pessoas deixavam registrado suas incertezas, dividindo opiniões.

Figura 26 - Conhecimento dos benefícios que a usina nuclear de Angra dos Reis gera no município, por parte dos entrevistados



Fonte: Autoria Própria.

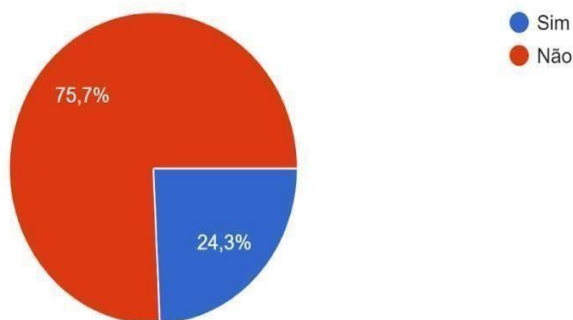
Todos os empreendimentos de certa forma podem gerar um impactos. Contudo, se tratando de economia é necessário ter conhecimento sobre as chances do de sua contribuição para melhora na economia regional. Como por exemplo com a geração de empregos, renda e inovação para o mercado.

Por desconhecerem o projeto os entrevistados, em sua maioria não souberam responder a pergunta seguinte.

Figura 27 - Conhecimento dos benefícios que uma usina termelétrica pode gerar, por parte dos entrevistados

Sabe informar quais os benefícios que o Rio de Janeiro receberá por ter uma Usina Termelétrica no Município?

210 respostas



Fonte: Aatoria Própria.

O clima tropical no município do Rio de Janeiro, com temperaturas extremas faz com que a energia elétrica seja de fundamental importância para a sociedade.

Geralmente a falta de energia elétrica em uma residência é a perda completa de energia em uma área, afetando um grande número de pessoas.

As quedas de energia em muitos casos são causadas por danos graves às usinas, como danos estruturais por ventos fortes, tempestades, ou até mesmo por escassez hídrica para geração e distribuição para a população.

A pergunta direcionada aos entrevistados foi:

_ Você tem problemas frequentes de falta de luz em sua residência?

Assim, a resposta de maior evidência, foi que não possuem falta de energia elétrica em suas residências.

Figura 28 - Problemas frequentes de falta de luz, por parte dos entrevistados



Fonte: Autoria Própria.

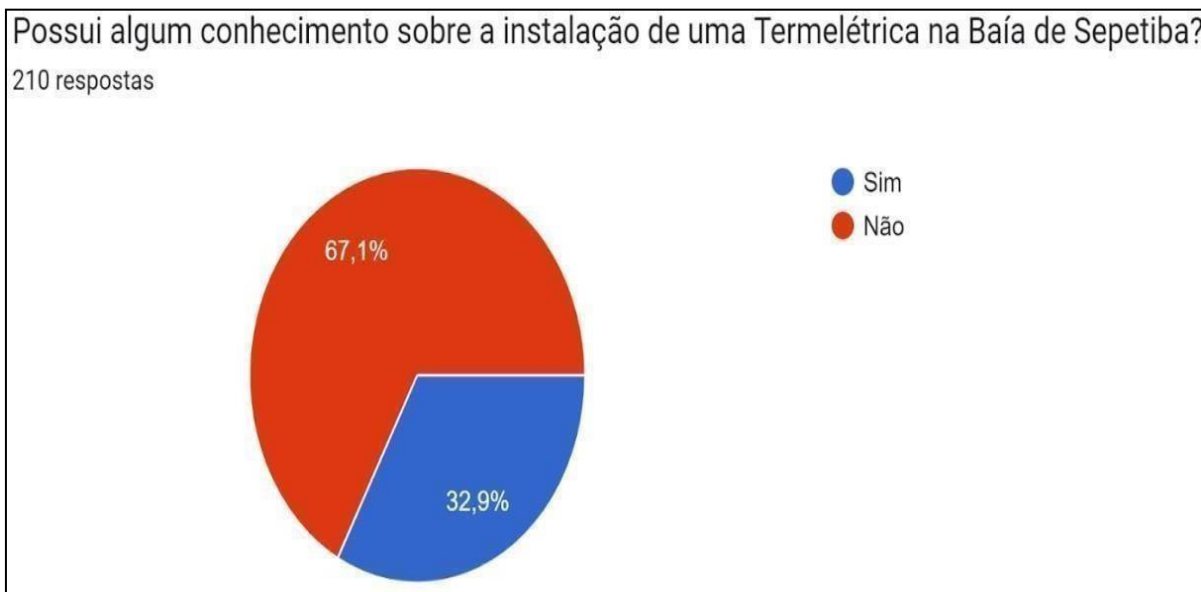
As respostas a seguir demonstraram que a maior parte da população entrevistada sabe identificar a diferença entre Usina Nuclear e termelétrica, porém é grande o grau de desconhecimento o projeto de instalação da termelétrica na Baía de Sepetiba, mostrando-se contrários a instalação.

Figura 29 - Diferenciar usina termelétrica de usina nuclear, por parte dos entrevistados



Fonte: Autoria Própria.

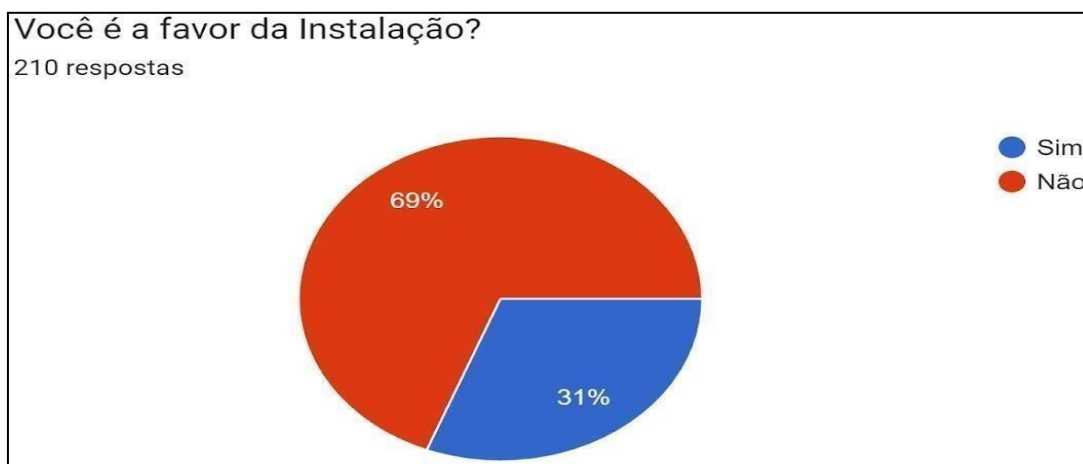
Figura 30 - Conhecimento da instalação de uma termelétrica na Baía de Sepetiba, por parte dos entrevistados



Fonte: Aatoria Própria.

Devido ao alto índice de desconhecimento da instalação da termelétrica, alguns entrevistados apresentaram certo embaraço em responder se era a favor do empreendimento. Pois como favorecer algo alheio? Observa-se que o percentual de respostas sobre o desconhecimento (67,1%) e a negativa da instalação (69%) é bem aproximado. Com o diferencial de apenas 1,9%. Aproximadamente 4 pessoas.

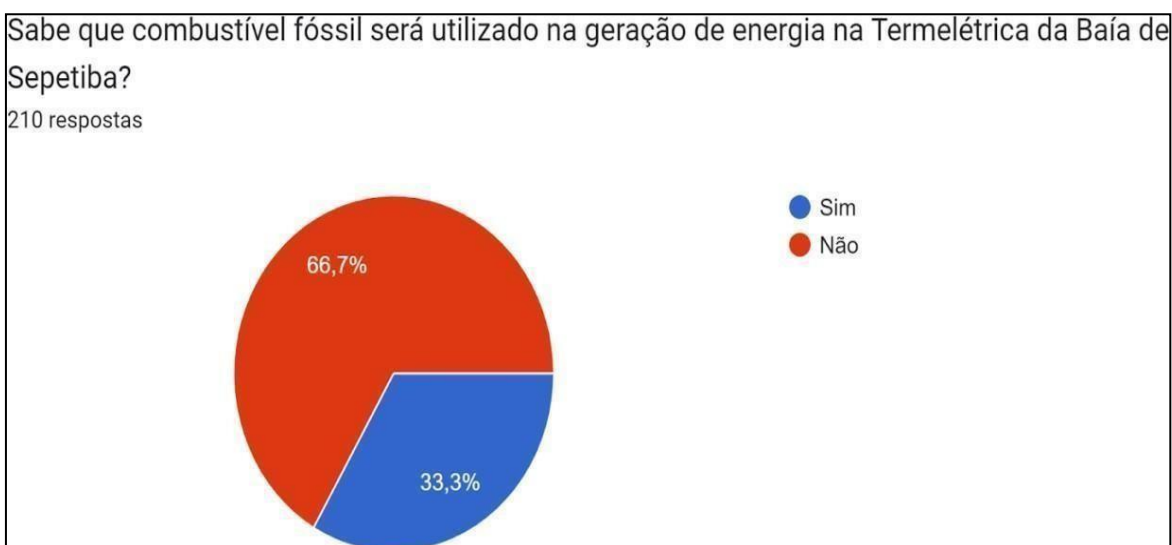
Figura 31 - Satisfação pela instalação de uma usina termelétrica na Baía de Sepetiba, por parte dos entrevistados.



Fonte: Aatoria Própria.

Apenas 33,3 % estão cientes do tipo de combustível fóssil que será empregado para geração de energias nas barcaças já instaladas na Baía de Sepetiba.

Figura 32: Conhecimento de combustível fóssil para operação da termelétrica na Baía de Sepetiba, por parte dos entrevistados.



Fonte: Autoria Própria.

Percebe-se que dos 210 entrevistados, 198 pessoas concordam com a importância de estudos prévios sobre os possíveis impactos ambientais na região.

Figura 33: Conhecimento dos estudos relacionados aos impactos ambientais devido à termelétrica na Baía de Sepetiba, por parte dos entrevistados.



Fonte: Autoria Própria.

Após a coleta de dados, foi possível perceber um alto grau de desconhecimento do projeto de instalação da termelétrica e do combustível fóssil a ser utilizado para geração da energia elétrica, o que acarretou na não aprovação pela população entrevistada.

Com base na pesquisa é possível afirmar que existe pouco conhecimento ou até mesmo o desconhecimento sobre a instalação da usina termelétrica a gás em barcaças flutuantes na Baía de Sepetiba.

A falta de informações e da participação da sociedade nas políticas públicas, nas tomadas de decisões, expõem de um lado caótico das falhas dos órgãos públicos na divulgação e propagação do conhecimento.

Observa-se um certo descrédito em relação ao caráter democrático em nosso país. O que de certa forma, prejudica a aplicabilidade de determinados projetos que acontecem sem a devida transparência pública em um curto espaço de tempo.

4.13 Marco regulatório

Constituição Federal: A Constituição Federal estabelece as competências da União, dos estados e dos municípios em relação à geração de energia elétrica. A União é responsável pela política nacional de energia, enquanto estados e municípios podem legislar sobre o assunto de acordo com suas competências. **Lei do Gás:** A Lei nº 11.909/2009, conhecida como Lei do Gás, estabelece o marco regulatório para o setor de gás natural no Brasil.

Ela define as regras para a exploração, produção, processamento, transporte, importação, exportação, estocagem, distribuição e comercialização de gás natural.

Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP): A ANP é a agência reguladora responsável pela regulação e fiscalização das atividades relacionadas ao gás natural no Brasil. Ela estabelece normas técnicas e regulamentares para garantir a segurança e eficiência das operações, incluindo a

instalação e operação de termelétricas flutuantes a gás. **Licenciamento Ambiental:** A instalação e operação de termelétricas flutuantes a gás estão sujeitas ao licenciamento ambiental, conforme estabelecido pela Lei nº 6.938/1981, que institui a Política Nacional do Meio Ambiente. O processo de licenciamento envolve a avaliação dos impactos ambientais e a adoção de medidas mitigatórias e compensatórias.

Leilões de Energia: O governo promove leilões de energia elétrica para contratação de capacidade de geração, incluindo termelétricas flutuantes a gás. As regras para participação nos leilões, os contratos de suprimento e as diretrizes para a inserção dessas usinas no sistema elétrico são definidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Regras Técnicas: Além das normas estabelecidas pela ANP, existem normas técnicas específicas para a construção e operação de termelétricas flutuantes a gás. Essas normas visam garantir a segurança, a eficiência e a qualidade da geração de energia, incluindo aspectos relacionados à instalação da usina, aos sistemas de segurança, à operação e à manutenção.

Integração com o Setor Elétrico: As termelétricas flutuantes a gás devem estar integradas ao setor elétrico nacional, seguindo as regras e os procedimentos estabelecidos pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE).

Contratos de Suprimento: A contratação da energia gerada pelas termelétricas flutuantes a gás é realizada por meio de contratos de suprimento de energia, estabelecendo as condições de fornecimento, os prazos, os preços e outras cláusulas pertinentes.

Incentivos e Subsídios: O governo brasileiro pode estabelecer incentivos e subsídios para promover a geração de energia por meio de termelétricas flutuantes a gás, como forma de estimular o uso de fontes mais limpas e diversificar a matriz energética do país.

CONCLUSÃO

Com o aquecimento global, o aumento pela demanda de energia por parte da crescente população mundial e dos meios de produção para atender a toda essa demanda de mercado, bem como a escassez de matrizes clássicas de geração de energia com hidrelétricas, tem proporcionado uma corrida para a descoberta de novas formas de geração de energia.

Dentro dessas tecnologias, as termelétricas flutuantes a gás natural têm se mostrado uma alternativa estratégica e viável devido a sua facilidade de instalação, rapidez, ocupação de pouco espaço e rápido deslocamento.

Entretanto, a despeito de países como Rússia, o Japão e a Indonésia, observa-se que em países como o Brasil, que possui uma vasta matriz energética alternativa às hidrelétricas a ser explorada, como a energia eólica e a solar, muito ainda tem que ser discutido para a instalação das termelétricas flutuantes em larga escala.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023: informação edocumentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2018. 68 p.

ABDALA V.- Repórter da Agência Brasil/
<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2023-02/termeletricas-flutuantes-no-rio-enfrentam-acoes-na-justica> (Acesso 30 de março 2023).

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). (2010). O Gás Natural Liquefeito no Brasil – Experiência da ANP na implantação dos projetos de importação de GNL. Superintendência de Comercialização e Movimentação de Petróleo, seus Derivados e Gás Natural. Rio de Janeiro. Recuperado de <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/livros-e-revistas/o-gas-natural-liquefeito-no-brasil-experiencia-da-anp-na-implantacao-dos-projetos-de-importacao-de-gnl>

<https://economia.ig.com.br/2022-03-09/brasil-aumenta-importacao-de-gas.html>
(AgênciaS *Petrobras* e O Globo 09/03/2022 10:00) Armbrust, B. Rivaldo Moreira, R.

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Superintendência de Comercialização e Movimentação de Petróleo, seus Derivados e Gás Natural. O Gás Natural Liquefeito no Brasil – Experiência da ANP na implantação dos projetos de importação de GNL. Rio de Janeiro: 2010.

BASTOS, Bernardo do Carmo; BASSANI, Christina. A questão da expansão portuária como solução para o desenvolvimento econômico: o caso das dragagens e os impactos ambientais na baía de Sepetiba. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, p. 17, 2012.

BERGALLO, H. G. Especialistas em meio ambiente da Uerj criticam instalação de termelétricas flutuantes na Baía de Sepetiba.
<https://www.uerj.br/noticia/especialistas-em-meio-ambiente-da-uerj-criticam-instalacao-de-termeletricas-flutuantes-na-baia-de-sepetiba/>. Acessado em 10.03.2023.

BNAMERICAS <https://www.bnamericas.com/pt/entrevistas/por-que-o-porto-do-acu-esta-abracando-a-transicao-energetica> (Acesso 10 de junho 2023)

BORGNAKKE, C., 2013. Fundamentos da termodinâmica. 8 ed. São Paulo, Brasil, Blucher, 2013.

Boletim de Recursos e Reservas de Petróleo e Gás Natural 2020 (https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-estatisticos/arquivos-reservas-nacionais-de-petroleo-e-gas-natural/boletim_reservas_2020.pdf)

CAMPOS, Filipe Rodrigues Nogueira. Diversificação da matriz energética baseada em recursos renováveis: impactos sobre a segurança elétrica brasileira. 2018. 128 f. Dissertação (Mestrado em Energia) - Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2018.

CAMPOS, André Marques de Mello. Introdução à geração distribuída no Brasil. Monografia (especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura - 2019. 35 f.

CARVALHAES, Renata de Souza et al. Entre laços e nós: narrativas de violências relações afetivo-sexuais de adolescentes de uma escola na região Costa Verde (RJ). 2019.

CASTRO, N. J. et. al. A Transição Energética na lógica da Descarbonização: do carvão para o gás natural. 2019. Disponível em: http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/04_castro226.pdf. (Acesso em: 02 de outubro de 2023).

DRESCH, A.; Lacerda, D. P.; Júnior, J. A. V. A. Design Science Research : Método de Pesquisa Para Avanço Da Ciência e Tecnologia. Porto Alegre: Bookman. 2015.

EPE-Empresa de Pesquisa Energética (<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2023>)

FILHO, E. T. T (Acesso 10.12.2023) (Revista do bndes, Rio de Janeiro, v. 9, n. 17, p. 99-116, jun. 2002)

FERRAZ Jr. (Acesso 08/08/2022). Jornal da USP. <https://jornal.usp.br/campus-ribeirao-preto/serie-energia-usinas-termelétricas-a-gas-natural-respondem-por-12-da-matriz-energetica/>

FERRAZ, V. C. (2018). Termelétricas – Uma visão geral: combustíveis, ciclos térmicos, arranjo e eficiência. Monografia de graduação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis

<https://www.gasnet.com.br/Pages/GasodutoGasBol>

FILÉ, V. Fios da nossa navalha, dos nossos romances, das nossas redes: a escola e os desafios da cultura digital. In: FILÉ, V. (Org.). Escola e tecnologia: máquinas, sujeitos e conexões culturais. Rio de Janeiro: Rovel, 2011a.

GAIO, R.; CARVALHO, R.B.; SIMÕES, R. Métodos e técnicas de pesquisa: a metodologia em questão. In: GAIO, R. (org.). Metodologia de pesquisa e produção de conhecimento. Petrópolis, Vozes, 2008.

GAVRONSKI, J. D. (2007). Carvão mineral e as energias renováveis no Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Minas, Metalúrgica e de Materiais/Tese de Doutorado

GOMES, Diego de Lima et al. Caracterização de cinzas leves e de revestimento para caldeiras de central termelétrica brasileira. 2018.

LÄMMLE, Luca; BULHÕES, Eduardo Manuel Rosa. Impactos de obras costeiras na linha de costa: O Caso do Porto do Açú, Município de São João da Barra, RJ. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, v. 13, n. 1, p. 131- 152, 2019.

LIMA M.T.S.L e SOUZA M.C- Artigo: Discorrendo Sobre o Uso das Termelétricas no Brasil/ Ciência e Natura, Santa Maria, v. 37 Ed. Especial UFVJM, 2014, p. 17– 23 Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas - UFSM ISSN impressa: 0100-8307 ISSN on-line: 2179-460X

LONGO, W. P. *Tecnologia e soberania nacional* São Paulo : Ed. Nobel, 1984

MARQUES, Eduardo Werneck Vieira. A aplicação das novas tecnologias para a produção de GNL no Brasil. São Paulo: Escola Politécnica de São Paulo/Dissertação (Curso de engenharia mecânica), 2007.

MELLO, João Carlos. “Benefícios em escala no novo mercado de Gás”. Valor Econômico. São Paulo, 23 de julho de 2019.

MELLO, A. C. Detecção de desbalanceamento de massa no rotor de turbinas eólicas utilizando algoritmos de aprendizado profundo. 2022. 79 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2022.

MORAIS, Luciano Cardoso de [UNESP]. Estudo Sobre O Panorama Da Energia Elétrica No Brasil E Tendências Futuras. 2015.

PAIVA, Pedro Mello. A inserção do Brasil no mercado internacional de GNL: antecedentes, perspectivas e realidades. 2010. Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia de Petróleo.

Plano Nacional de Energia – PNE 2030 <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-PNE-2030> (Acesso em 02 de junho 2023)

PIRRONG, C. (2014). Acesso em 02/11/2023, disponível em Fifty Years of Global LNG: <https://www.trafigura.com/news-and-insights/publications/white-papers/2014/fifty-years-of-global-lng-racing-to-an-inflection-point/>

PONTES, Nadia. ECONOMIABRASIL - Brasil tem recorde de geração de energia térmica/ 30 de setembro de 2021. <https://www.dw.com/pt-br/em-meio-%C3%A0-crise-h%C3%ADrica-brasil-tem-recorde-de-gera%C3%A7%C3%A3o-de-energia-t%C3%A9rmica/a-59354895> (Acesso 20 de Outubro 2023)

REPRESENTAÇÃO BRASILEIRA NO PARLAMENTO DO MERCOSUL –(Valor Econômico, caderno Internacional, 20/03/05 https://pt.wikipedia.org/wiki/Gasoduto_Brasil-Bol%C3%ADvia)

REZENDE, Bianca Xavier. Estudo da viabilidade da utilização de biomassa para geração de energia elétrica. 2018. 39 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2018.

SIEMENS, G. (2005). Acesso em 06 de 12 de 2023, disponível em Connectivism:A learning theory for the digital age, International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, 2. http://www.itdl.org/Journal/Jan_05/article01.htm

SILVÉRIO, Naidion Motta. Utilização de usinas solares flutuantes para operação coordenada com centrais hidrelétricas: estudo de caso das hidrelétricas da baciado rio São Francisco. Dissertação (Mestrado) –Universidade Federal de Itajubá.Instituto de Recursos Naturais Programa de pós-graduação em Engenharia de Energia, Itajubá, 2018.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. Energia Termelétrica: Gás Natural, Biomassa, Carvão, Nuclear. EPE: Rio de Janeiro, 2016.



Usinas termelétricas à gás do tipo flutuante: um panorama mundial

Gas floating power plants: a global overview

DOI: 10.55905/oelv21n12-244

Recebimento dos originais: 11/11/2023

Aceitação para publicação: 11/12/2023

Marta Deise de Freitas Araújo

Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental

Instituição: Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Endereço: Av. Manuel Caldeira de Alvarenga, 1203, Campo Grande, Rio de Janeiro,
RJ, CEP: 23070-200

E-mail: martadeisefara@yahoo.com.br

Edmilson Monteiro de Souza

Doutor em Engenharia Nuclear

Instituição: Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Endereço: Av. Manuel Caldeira de Alvarenga, 1203, Campo Grande, Rio de Janeiro,
RJ, CEP: 23070-200

E-mail: edmilson.souza@uerj.br

Marcelo Musci

Doutor em Engenharia Elétrica

Instituição: Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Endereço: Av. Manuel Caldeira de Alvarenga, 1203, Campo Grande, Rio de Janeiro,
RJ, CEP: 23070-200

E-mail: marcelo.musci@uerj.br

Dario Nepomuceno da Silva Neto

Doutor em Astronomia e Astrofísica

Instituição: Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Endereço: Av. Manuel Caldeira de Alvarenga, 1203, Campo Grande, Rio de Janeiro,
RJ, CEP: 23070-200

E-mail: dario.neto@uerj.br

Gilberto Jorge da Cruz Araujo

Doutor em Planejamento Estratégico de Transportes

Instituição: Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Endereço: Av. Manuel Caldeira de Alvarenga, 1203, Campo Grande, Rio de Janeiro,
RJ, CEP: 23070-200

E-mail: araujo.gilberto@uerj.br



Carlos Vitor de Alencar Carvalho

Doutor em Engenharia Civil

Instituição: Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Endereço: Av. Manuel Caldeira de Alvarenga, 1203, Campo Grande, Rio de Janeiro,
RJ, CEP: 23070-200

E-mail: carlos.vitor.carvalho@uerj.br

Alexander Machado Cardoso

Doutor em Bioquímica

Instituição: Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Endereço: Av. Manuel Caldeira de Alvarenga, 1203, Campo Grande, Rio de Janeiro,
RJ, CEP: 23070-200

E-mail: alexander.cardoso@uerj.br

RESUMO

Este trabalho tem como propósito abordar as usinas termelétricas flutuantes a gás para a geração de energia elétrica. Ao longo dos anos, o gás natural conquistou crescente popularidade e espaço na integração da matriz energética. O Brasil destaca-se como um dos poucos países no mundo dotado de diversas e abundantes fontes naturais de energia renovável. Contudo, apesar do vasto potencial para geração de energia limpa, foi autorizada a instalação de uma usina termelétrica flutuante a gás na Baía de Sepetiba, situada na região da Costa Verde, no Estado do Rio de Janeiro. A empresa Karpowership obteve autorização para atuar como produtor independente de energia e estabelecer e operar quatro usinas termelétricas no país. Para alcançar esse fim, é necessário que a empresa se ajuste às normas vigentes e respeite as regulamentações para garantir o pleno funcionamento das instalações. Assim, este trabalho tem como objetivo principal analisar o mercado global das usinas flutuantes movidas a gás natural liquefeito (GNL) e compará-lo com a termelétrica instalada na Baía de Sepetiba. Dessa forma, foi realizada uma análise para identificar os países que adotam essa tecnologia, juntamente com uma comparação com outras formas de geração de energia elétrica.

Palavras-chave: gás natural liquefeito, matriz energética, Sepetiba, termelétrica flutuante a gás.

ABSTRACT

This work aims to address floating gas power plants for the generation of electrical energy. Over the years, natural gas has gained increasing popularity and space in the integration of the energy matrix. Brazil stands out as one of the few countries in the world endowed with diverse and abundant natural sources of renewable energy. However, despite the vast potential for clean energy generation, the installation of a floating gas power plant in Sepetiba Bay, located in the Costa Verde region of the state of Rio de Janeiro, has been authorized. The company Karpowership has been granted permission to operate as an independent energy producer and to establish and operate four power plants in the country. To achieve this, it is necessary for the company to comply with current standards and adhere to regulations to ensure the smooth operation of the

facilities. Thus, this work aims to analyze the global market for floating liquefied natural gas (LNG) power plants and compare it with the power plant installed in Sepetiba Bay. In this way, an analysis was conducted to identify countries adopting this technology, along with a comparison with other forms of electrical energy generation.

Keywords: liquefied natural gas, energy matrix, Sepetiba, floating gas power plant.

1 INTRODUÇÃO

As usinas termelétricas flutuantes, que fazem uso do gás natural liquefeito (GNL), estão se tornando uma opção cada vez mais popular e viável para a produção de energia em vários países. Tal fato acontece pois, a cada ano, o gás natural vem ganhando espaço na inserção da matriz energética devido ao fato de ser viável economicamente e também por questões ambientais.

O gás natural possui uma queima mais limpa e mais completa fazendo assim com que menos poluentes sejam liberados à atmosfera, fato que reduz a emissão de gases que servem para contribuir com o efeito estufa. Sendo assim, é necessário um olhar mais atento em relação à segurança deste suprimento. No Brasil, a porção maior da produção encontra-se em território nacional. Outras partes são provenientes de consórcios e também por importação que provém do gasoduto Brasil - Bolívia (Glasbol) (Paiva, 2010).

O Brasil encontra-se inserido no mercado de GNL uma vez que o mesmo se mostra confiável e altamente rentável a cada dia mais. Conseqüentemente, a maior parte de gás natural consumido no Brasil deve-se à indústria. Entretanto, este percentual vem sendo reduzido com a implementação das termelétricas para geração de energia elétrica.

Nos últimos tempos, a indústria brasileira de gás natural passou por diversos obstáculos no que diz respeito ao ponto de vista econômico, infraestrutura de transportes e a crescente preocupação com a disponibilidade do gás boliviano no mercado nacional que limitou a oferta do produto. Tais fatores podem ser atribuídos a um período em que a demanda doméstica por gás natural estava em ascensão devido ao apoio do governo ao crescimento de tal consumo (ANP, 2010).



O aumento da participação do gás natural na matriz energética brasileira gerou uma maior demanda por melhorias nas regulamentações que existem. Desta maneira, novas revisões de portarias e resoluções da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) foram necessárias resultando na criação de novos regulamentos para acompanhar essa evolução (ANP, 2010).

O setor de geração de energia no país tem como percentual maior a utilização de usinas hidrelétricas. Contudo, Marques (2007) menciona que a demanda por gás natural teria um expressivo crescimento, ao longo dos anos, e faria com que o país reduzisse sua dependência das usinas hidrelétricas. Por esta razão, o presente trabalho surge com o intuito de verificar como está o cenário atual em relação à matriz energética e também realiza um estudo acerca das plantas de liquefação de gás natural existentes no país e ao redor do mundo, levando-se em consideração os aspectos ambientais relacionados a sua utilização.

As usinas termelétricas flutuantes a gás natural são de extrema importância para atender à crescente demanda de eletricidade. Trata-se de um novo modelo de negócio num mercado globalizado, limitado por uma variedade de fatores, entre eles a nova tecnologia.

Nesse sentido, as usinas termelétricas flutuantes a gás natural, possuem mobilidade e flexibilidade na sua localização, pois são projetadas para fornecer energia elétrica rápida e temporária, geralmente em regiões onde a infraestrutura elétrica é limitada ou em áreas propensas a desastres naturais. Elas são instaladas em barcaças ou plataformas flutuantes, utilizam gás natural como fonte de combustível para gerar eletricidade de forma eficiente e sustentável. Representando uma solução flexível e inovadora para atender à crescente demanda por energia em regiões onde a construção de usinas tradicionais pode ser limitada ou impraticável.

Essas usinas flutuantes possuem localização estratégica pois uma de suas principais vantagens é a capacidade de serem posicionadas em locais onde a água é facilmente acessível para resfriamento ou para transportar combustível, como GNL ou óleo. Além

disso, devido a mobilidade dessas usinas, torna-se possível que sejam reposicionadas conforme necessário, o que pode ser útil em situações de demanda variável ou eventos climáticos extremos (Ferraz, 2018).

2 USINAS TERMELÉTRICAS FLUTUANTES NO BRASIL E NO MUNDO

2.1 BRASIL

O fato de o Brasil ser banhado pelo oceano Atlântico, despertou o interesse das empresas de usinas termelétricas flutuantes e do próprio país em diversificar a matriz energética e garantir o abastecimento de eletricidade em áreas remotas ou em situações de emergência. O território brasileiro possui vastas reservas de gás natural e uma infraestrutura portuária significativa, o que torna as usinas flutuantes a gás uma alternativa viável para suprir a demanda energética (Silvério, 2018).

A Karpowership é uma empresa internacional especializada em fornecer energia elétrica móvel e flexível por meio de usinas termelétricas flutuantes, que são instaladas em navios. Sendo conhecida por suas unidades de geração de energia que podem ser ancoradas em portos ou águas costeiras para gerar eletricidade e atender às necessidades de eletricidade de várias regiões em todo o mundo.

A empresa foi fundada em 2007 e faz parte do Grupo Karadeniz, uma empresa turca que atua em diversas áreas, incluindo energia, construção naval e transporte marítimo. A empresa tem sua sede em Istambul, Turquia. A principal tecnologia da Karpowership envolve a conversão de navios em usinas termelétricas flutuantes. Isso permite que eles produzam eletricidade a partir de fontes de energia, como gás natural ou óleo diesel. Essas usinas flutuantes podem ser ancoradas em portos ou próximas à costa para fornecer eletricidade às redes elétricas locais.

Uma das vantagens das usinas termelétricas flutuantes da Karpowership é sua mobilidade e flexibilidade. Elas podem ser rapidamente movidas para diferentes locais, o que as torna valiosas em situações de emergência, quando há necessidade de fornecer eletricidade adicional ou substituir fontes de energia danificadas.

A Karpowership opera em diversos países ao redor do mundo, incluindo países na África, América do Sul, Ásia e Oriente Médio. Suas usinas flutuantes ajudam a suprir a



demanda de eletricidade em regiões onde a infraestrutura elétrica é limitada ou onde ocorrem picos de demanda.

A empresa tem feito esforços para tornar suas operações mais sustentáveis, adotando tecnologias mais limpas e eficientes. Ela também trabalha para cumprir regulamentações ambientais e sociais nos países em que opera. A presença desta empresa em muitas regiões tem um impacto significativo nas comunidades locais, proporcionando eletricidade confiável e auxiliando no desenvolvimento econômico. Entretanto, apesar dos benefícios que a Karpowership oferece em termos de fornecimento de eletricidade, ela também enfrentou algumas controvérsias em relação a questões como transparência, contratos de longo prazo e impactos ambientais em algumas áreas onde opera. Ou seja, é uma empresa que fornece soluções móveis de geração de energia por meio de usinas termelétricas flutuantes, contribuindo para atender às demandas de eletricidade em várias partes do mundo, especialmente em locais com infraestrutura elétrica limitada ou em situações de emergência. Seu modelo de negócios combina mobilidade, flexibilidade e produção de eletricidade a partir de fontes termelétricas. O grupo iniciou seus empreendimentos em energia em 1996 e é o primeiro exportador privado de eletricidade da Turquia. Atualmente, opera com mais de 6 GW de capacidade instalada globalmente. A empresa do grupo Karadeniz Energy Group, localizado em Istambul, é a única proprietária, operadora e construtora da primeira frota Powership (central elétrica flutuante) do mundo, com 35 Powerships, atualmente (Gomes, 2018).

A empresa está no Brasil desde outubro de 2021 e se estabeleceu na cidade do Rio de Janeiro após vencer o Leilão de Energia de Reserva promovido pelo Ministério de Minas e Energia. O empreendimento consiste na instalação de um conjunto de unidades flutuantes geradoras de energia (Powerships) interligadas com vistas a permitir a geração de energia elétrica utilizando gás natural (GN) como combustível principal. Os Powerships estão conectados à terra apenas pela linha de transmissão por onde escoam a energia por elas produzida (Gomes, 2018).

O projeto no Brasil localizado na Baía de Sepetiba e ilustrado na Figura 1 consiste em:

- Quatro Powerships que contém motogeradores de energia - que utilizam gás natural como combustível principal, caldeiras recuperadoras de calor e turbo-geradores a vapor (KPS61, KPS21, KPS8 e KPS2);
- Um Floating Storage and Regasification Unit (FSRU) - Unidade Flutuante de Armazenamento e Regaseificação - navio que armazena GNL e o regasifica para alimentar com gás natural os quatro Powerships;
- A linha de transmissão em 138 kV que conduz a energia gerada pelos Powerships até a subestação em terra.

O projeto de geração de energia tem baixo impacto ambiental pelo fato de não haver construção e montagem, como em térmicas tradicionais em terra, portanto não traz modificações permanentes ao meio ambiente (Gomes, 2018).

Figura 1 – Projeto de geração de energia da Karpowership localizado na Baía de Sepetiba.



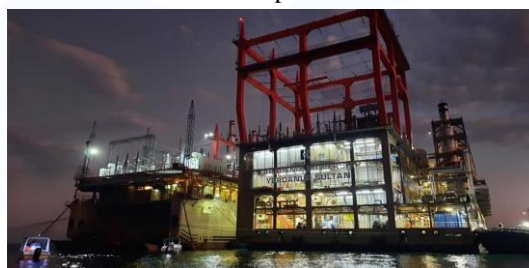
Powership KPS61



Powership KPS21



Powership KPS8



Powership KPS2



Unidade FRSU



Linha de Transmissão

Fonte: Karpowership (2023)

2.2 JAPÃO

O Japão é um dos países pioneiros na adoção de usinas termelétricas flutuantes a gás. As usinas termelétricas flutuantes a gás têm desempenhado um papel importante no setor energético do Japão. Em março de 2011, um tsunami gerado por um terremoto devastou grandes extensões da costa da região. O desastre causou um colapso na usina nuclear de Fukushima, como reação o Japão foi obrigado na época a determinar o fechamento de todos os seus reatores nucleares. Até então, a energia nuclear supria quase um terço da eletricidade do país, que teve que ser substituída pela geração de petróleo e gás para sustentar os baixos níveis de oferta. Ironicamente, a nação insular montanhosa tinha poucos locais para usinas de combustível fóssil seguras contra terremotos e tsunamis, então essa não era uma opção viável para o país (Lämmle e Bulhões, 2019).

Nesse contexto, as termelétricas flutuantes a gás foram sentidas como uma solução viável e flexível para atender à demanda energética japonesa de forma rápida e eficiente garantindo uma resposta mais imediata em relação à geração de energia tradicional utilizada naquele país.

2.3 TAILÂNDIA

As províncias situadas na parte sul da Tailândia demandam 2/3 de consumo energético do país. Para suprir essa demanda o governo da Tailândia recorreu a Central flutuante de GNL, trata-se de um novo conceito de geração de energia offshore, em que a geração de energia é produzida, contando com uma turbina a gás, turbina a vapor, gerador, um tanque de armazenamento de GNL, equipamento de vaporização, compressor BOG e etc. Estes equipamentos foram instalados em barcas atracadas no oceano, permitindo a descarga, armazenamento e vaporização de GNL, além de geração de energia em ciclo combinado no mar (Lammle e Bulhões, 2019).

O GNL recebido do navio de transporte é armazenado em tanque próprio e vaporizado, conforme necessário e fornecido à turbina a gás como combustível de geração de energia. Como não envolvendo a construção em terrenos pois possui a vantagem de ser instalado em locais onde a disponibilidade de terreno é limitada. Além disso, é possível

mover as instalações de geração de energia caso necessário e também pode ser usado num curto prazo de tempo como fonte de energia para suprir demandas transitórias.

O fornecimento de energia primária e o fornecimento de eletricidade da Tailândia dependem fortemente do gás natural. Em particular, o fornecimento de energia é excessivamente dependente do gás natural. Como pano de fundo desta política de redução da dependência do gás natural, assiste-se à diminuição da produção nacional. O crescimento da produção de gás natural diminuiu nos últimos anos e espera-se que a produção diminua no futuro próximo.

Supõe-se também o declínio da capacidade de exportação de Mianmar, que é um destino de importação de gás natural, e a dependência do GNL importado tende a aumentar. A Tailândia importa GNL de diversos países ao redor do mundo para atender sua crescente demanda por energia. Entre os principais fornecedores estão o Catar, Austrália, Malásia e Omã. O Catar é um dos principais parceiros comerciais, fornecendo GNL por meio de acordos de longo prazo. A Austrália, conhecida por seus projetos de GNL, também exporta para a Tailândia. Além disso, a Malásia, país vizinho, e Omã também são importantes fornecedores (Lammle e Bulhões, 2019).

2.4 RÚSSIA

A Rússia é um país com vastos recursos naturais e grandes extensões territoriais, que enfrentam desafios significativos para a implementação de infraestruturas energéticas tradicionais.

Com sua extensa infraestrutura fluvial e costeira, tem explorado o potencial das usinas termoeletricas flutuantes para fornecer eletricidade em áreas remotas, bem como para garantir a estabilidade do sistema elétrico em situações de emergência.

Uma das principais vantagens das usinas termoeletricas flutuantes a gás na Rússia é a capacidade de fornecer energia em áreas remotas e de difícil acesso, oferecendo solução flexível e móvel, permitindo a geração de energia em áreas remotas sem a necessidade de grandes investimentos em infraestrutura fixa.

De acordo com o site Mordor Intelligence (2023), com uma população crescente, a demanda de energia está aumentando tremendamente na Rússia. Somando-se a isso,



fatores como a rápida urbanização, avanços técnicos e industrialização estão aumentando a demanda por eletricidade. Por outro lado, o descomissionamento de várias usinas nucleares e de carvão em todo o país está restringindo o crescimento do mercado. Além disso, devido à pandemia do COVID-19, a demanda de energia reduziu significativamente na Rússia, restringindo ainda mais o crescimento.

Em 2019, o governo Russo aprovou a modernização de unidades de três gerações, cada uma com capacidade de 150 MW na usina de Krasnodar. As unidades estão programadas para serem comissionadas em 2022-2024.

O gás natural detinha uma parcela significativa da geração de eletricidade na Rússia. Com 519 TWh de eletricidade em 2019, a quota de gás natural deverá crescer nos próximos anos.

2.5 INDONÉSIA E MALÁSIA

Indonésia. Com suas vastas ilhas dispersas pelo arquipélago, o país enfrenta desafios logísticos e infraestruturais para o fornecimento de energia em áreas remotas. As flutuações a gás permitem que a Indonésia leve a eletricidade a essas regiões de forma eficiente, aproveitando suas reservas de gás natural e superando obstáculos geográficos.

A Malásia também adotou usinas termoelétricas flutuantes a gás para atender às necessidades energéticas de suas regiões costeiras e ilhas. Essas usinas fornecem eletricidade confiável e contam com a vantagem de serem móveis, permitindo que sejam deslocadas conforme a demanda. Existem vantagens e desvantagens que precisam ser analisadas e ponderadas para sua utilização. O critério sempre estará baseado nas normas e regulamentações do País. Alguns países importam e outros exportam Gás Natural.

Importação é o processo pelo qual um país adquire bens, serviços ou recursos de outro país para atender às suas necessidades internas. Envolve a compra de produtos estrangeiros e sua entrada legal no país importador, seja para consumo ou revenda. A importação pode ser vital para suprir a demanda interna de itens que não são produzidos localmente ou para diversificar o mercado com produtos especializados.



Já a exportação é o oposto, sendo o ato de vender bens, serviços ou recursos para outros países. Isso permite que empresas e nações ampliem suas oportunidades de mercado, gerando receita através da venda de produtos no cenário internacional. As exportações podem impulsionar a economia de um país e fortalecer sua posição no comércio global. O transporte de GNL é uma operação complexa e especializada devido à natureza do gás natural na forma líquida.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada para a realização deste trabalho foi feita através da abordagem de referenciais bibliográficos, nas bases de dados de publicações científicas como: SciELO, Portal de Periódicos da Capes, Google Acadêmico, dentre outros, acerca das usinas termelétricas do tipo flutuantes a gás natural liquefeito (GNL) no cenário nacional e mundial.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises realizadas permitiram identificar os desafios e oportunidades relacionadas à implantação das usinas termelétricas flutuantes a gás, em atendimento as especificidades de cada país. Tornando-se cruciais no entendimento dessa tecnologia. Observa-se por meio deste trabalho, a oportunidade de explorar os fatos relacionados ao projeto de implantação de uma usina termelétrica em barcaças flutuantes na zona oeste da cidade do Rio de Janeiro.

Neste trabalho foram realizadas pesquisas em cenários ainda não descobertos e exploradas possibilidades para se ter familiaridade contextualizada sobre o tema. As justificativas por parte de alguns países para a tomada de decisão por usinas flutuantes baseiam-se nas dificuldades em adquirir espaço adequado para plantas terrestres; curto prazo e rápido aumento na demanda de energia; curto prazo e rápida diminuição no fornecimento de energia; fonte de combustível segura, barata e de longo prazo.

4.1 PRINCIPAIS RESULTADOS

Após as pesquisas Bibliográficas e documentais foram realizados alguns comparativos entre o Brasil e os Países pesquisados. Segundo Fachin (2001) o método comparativo se consiste em investigar coisas ou fatos e explicá-los segundo suas semelhanças e suas diferenças. Permite a análise de dados concretos e a dedução de semelhanças e divergências de elementos constantes, abstratos e gerais, propiciando investigações de caráter indireto.

Todos os países retratam que a termelétrica flutuante utiliza gás natural como combustível para gerar eletricidade e em alguns casos em ciclos combinados. A usina é instalada em uma embarcação flutuante, geralmente ancorada em uma área próxima à costa, e é capaz de fornecer energia para abastecer uma determinada região. Embora as termelétricas flutuantes a gás sejam consideradas mais limpas em comparação com as usinas térmicas tradicionais, ainda apresentam desafios ambientais.

A principal questão está relacionada às emissões de gases de efeito estufa, principalmente de dióxido de carbono (CO₂), que contribuem para o aquecimento global. Além disso, o uso do gás natural como combustível pode estar associado a vazamentos e impactos na vida marinha, caso não sejam adotadas medidas adequadas de segurança e monitoramento. Elas podem ter impactos socioeconômicos positivos, como a criação de empregos diretos e indiretos durante a construção e operação das usinas. Além disso, podem contribuir para o fornecimento de energia estável, o que impulsiona o desenvolvimento econômico e industrial nas áreas atendidas. O abastecimento de gás para as usinas flutuantes pode ser realizado por meio de gasodutos submarinos ou navios transportadores de gás liquefeito.

Um dos principais benefícios das usinas termoelétricas flutuantes a gás é a sua mobilidade. Elas podem ser facilmente deslocadas para locais estratégicos, onde a demanda de energia é alta ou onde existem fontes de gás natural disponíveis. Essa flexibilidade permite que essas usinas sejam integradas em áreas remotas ou em regiões protegidas por desastres naturais, onde a infraestrutura de energia pode ser limitada ou danificada.



Além disso, as usinas termoelétricas flutuantes a gás oferecem um processo de instalação rápida e simplificado em comparação com usinas convencionais. Enquanto a construção de uma usina tradicional pode levar vários anos, as usinas flutuantes podem ser construídas em um período relativamente curto, cumprindo os prazos de implantação e permitindo uma resposta mais ágil à demanda energética.

Do ponto de vista ambiental, as usinas termoelétricas flutuantes a gás também apresentam vantagens significativas em comparação com usinas a carvão, por exemplo, elas emitem consideravelmente menos poluentes atmosféricos, como dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de dióxido de carbono (NO_x) e material particulado.

Essas usinas também podem ser equipadas com tecnologias avançadas de controle de emissões, como sistemas de dessulfurização e catalisadores, para reduzir ainda mais os impactos ambientais.

Dentre algumas desvantagens desse tipo de geração de energia pode-se citar:

- Fonte não renovável - dependência contínua de combustíveis fósseis, como o gás natural. Seus recursos são finitos;
- Manutenção e operação das usinas flutuantes requerem conhecimentos técnicos e especializados, o que pode representar um desafio em termos de treinamento e capacitação de profissionais;
- Consumo de água: As usinas termoelétricas flutuantes a gás consomem grandes quantidades de água para resfriamento dos equipamentos. Isso pode criar pressão adicional sobre os recursos hídricos locais, especialmente em áreas onde a disponibilidade de água é limitada;
- Custo inicial elevado: A construção de uma usina termoelétrica flutuante a gás envolve um investimento significativo;
- Risco de acidentes: Como qualquer instalação de energia, as usinas termoelétricas flutuantes a gás apresentam riscos associados à segurança. Vazamentos de gases, explosões e outros acidentes podem representar ameaças para o meio ambiente, para a saúde humana e para a segurança das operações e
- Liberação de gases poluentes na atmosfera.



4.2 BRASIL E TAILÂNDIA

Fazendo comparativo, a Tailândia e o Brasil têm diferenças geográficas e de infraestrutura que influenciam suas escolhas de energia. A Tailândia é um país com uma costa extensa, o que torna as usinas flutuantes uma opção atraente. O Brasil, por outro lado, possui vastos recursos de gás natural e uma infraestrutura de distribuição mais desenvolvida. Na Tailândia, as usinas termelétricas flutuantes são frequentemente implantadas para fornecer energia temporária em áreas remotas ou como soluções de emergência após desastres naturais. No Brasil, as termelétricas flutuantes são menos comuns devido à disponibilidade de outras fontes de energia, como hidrelétricas e térmicas clássicas. No Brasil o abastecimento será periodicamente por navios transportadores de GNL. A frequência do abastecimento é estimada de 20 a 60 dias, dependendo do despacho de energia. Já na Tailândia, serão de três formas:

- a) Na base o GNL será fornecido de Singapura por pequenas transportadoras dedicadas, aplicáveis apenas ao transporte de GNL relevante.
- b) No tanque - O GNL é fornecido por transportadoras regulares que se dirigem para o recebimento de Map Ta Phut LNG terminal do Catar que cai em Phuket para descarregar parte da carga de GNL.
- c) O GNL é fornecido por transportadoras regulares que se dirigem para o recebimento de Map Ta Phut LNG terminal de Bintulu na Malásia que cai em Phuket para descarregar parte da carga de GNL.

A Tabela 1 destaca pontos relevantes na instalação das Termelétricas flutuantes do Brasil (Baía de Sepetiba/RJ) e Tailândia.

De acordo com Abdala (2023), o “empreendimento de quatro termelétricas flutuantes na Baía de Sepetiba, no Rio de Janeiro, segue incerto e criticado por ambientalistas”. Com capacidade para gerar 560 Megawatts (MW) de energia elétrica a partir da queima de gás natural, as usinas administradas pela empresa turca Karpowership operam desde outubro de 2022.

O parque termelétrico é composto por quatro embarcações geradoras de energia e um terminal de regaseificação (que transforma gás líquido em um produto gasoso novamente), todos ancorados próximos ao Porto de Itaguaí. O empreendimento conta ainda

com uma linha de transmissão de 14 quilômetros, com 36 torres, que foram instaladas no mar e em área de mata.

Tabela 1 - Comparativo entre as usinas no Brasil e Tailândia.

	Brasil-RJ	Tailândia
Termelétrica flutuante a gás	Ativa	Ativa
Motivo da termelétrica	Escassez hídrica	Falta de infraestrutura
Localização geográfica	Costa verde	Phuket -Ilha
Localização das barcaças	Baía de Sepetiba	Golfo da Tailândia
Matriz energética predominante	Hidrelétrica	Combustível fóssil
Outras fontes de energia	Eólica/biomassa	Carvão
Fontes em evolução 2022/2023	GNL/ fotovoltaico	Gás/ solar

Fonte: Adaptado de IBP (2022).

O funcionamento das quatro usinas foi autorizado em um leilão de energia de reserva, ocorrido em 2021. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) delegou o processo de licenciamento ambiental ao Instituto Estadual do Ambiente do Rio (Inea), através de um acordo de cooperação técnica, em fevereiro de 2022.

O Inea, por sua vez, autorizou o funcionamento do empreendimento através de uma licença ambiental integrada, dispensando a apresentação de Estudo e Relatório de Impacto Ambiental (INEA, 2023).

4.2 BRASIL E RÚSSIA

A Rússia é um dos principais produtores de GNL do mundo, com um setor de exportação bem desenvolvido. Com gasodutos terrestres e sistemas de transporte marítimo. O país possui terminais de exportação de GNL, o que lhe confere uma vantagem em termos de infraestrutura para o comércio global. Sua matriz energética é dominada pelo gás natural, que é utilizada tanto para geração de eletricidade como para aquecimento



residencial e industrial. Possuem uma demanda crescente de energia, tanto interna quanto externa, o que impulsiona o desenvolvimento de novas usinas termoelétricas flutuantes e a expansão da capacidade de produção de GNL. A Rússia tem o objetivo aumentar sua participação no mercado global de GNL e fortalecer sua posição como fornecedor confiável para diferentes regiões do mundo. Por isso tem buscado parcerias internacionais para expandir sua capacidade de produção. Atualmente possui a maior reserva de gás natural do mundo. Mesmo possuindo reservas, no Brasil o GNL é importado para atender à demanda interna de gás natural. Assim possui terminais de importação de GNL para receber e armazenar o gás liquefeito, que é utilizado tanto na geração de energia elétrica quanto em outras indústrias energéticas.

As termoelétricas flutuantes são menos comuns devido à disponibilidade de outras fontes de energia, como hidrelétricas, energia eólica e solar, que são mais sustentáveis e economicamente viáveis. Contudo, o setor está passando por um processo de abertura e desenvolvimento, visando aumentar a participação desse combustível na matriz energética e diversificar as fontes de energia.

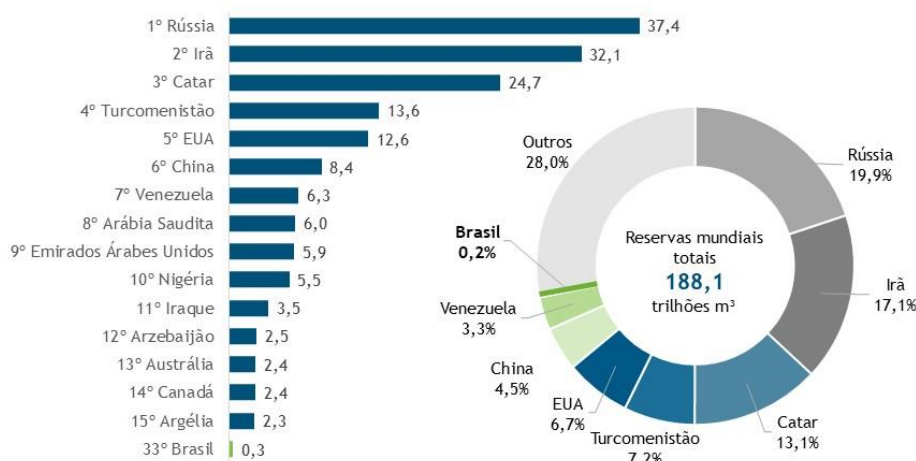
O transporte de GNL é realizado por meio de navios metanários, que transportam o gás liquefeito de terminais de importação para locais de consumo. Já que a infraestrutura de transporte ainda está em desenvolvimento, com investimentos em gasodutos e terminais para garantir uma distribuição eficiente do gás liquefeito.

Para melhor compreensão do posicionamento do Brasil em relação a Rússia, a Figura 2 apresenta as maiores reservas provadas de gás natural no ano de 2020.

Figura 2 - Reservas mundiais de gás natural.

Maiores reservas provadas de gás natural em 2020

Trilhão de m³



Atualização - Julho 2021
Fonte: Elaboração IBP com dados BP

Fonte: IBP (2021).

O Brasil foi o 33º colocado em reservas provadas de gás natural em 2020. Os maiores detentores de reservas de gás no mundo são a Rússia e o Irã, com pouco mais de 1/3 do total global.

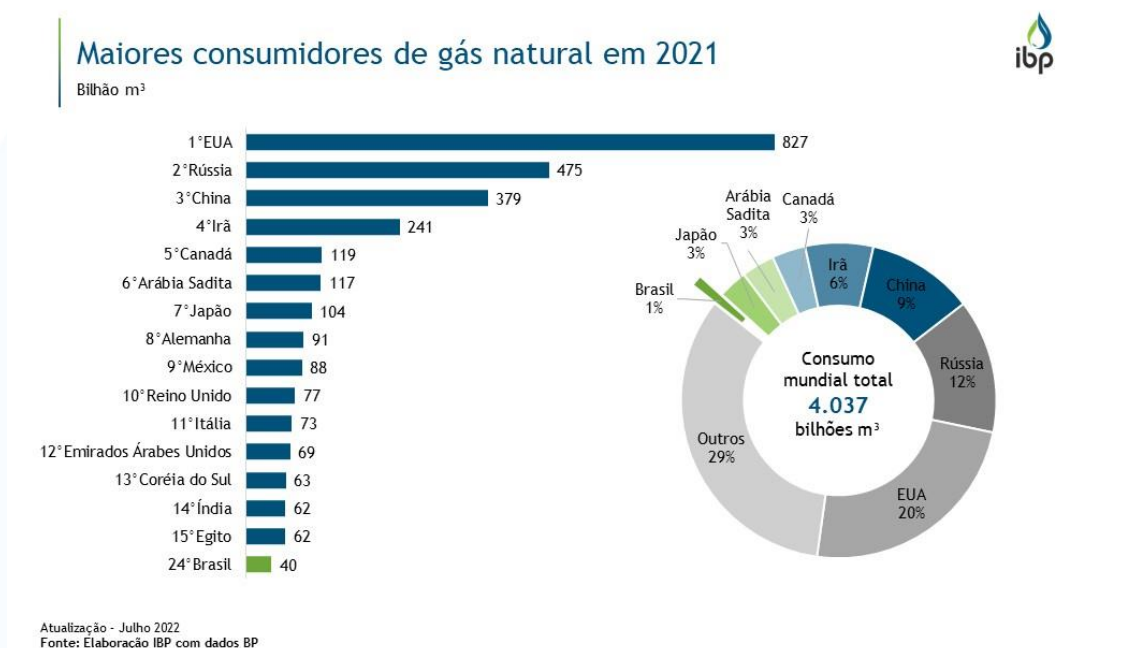
4.3 BRASIL E JAPÃO

Comparando-se o Brasil com o Japão, a tecnologia brasileira de termoeletricas flutuantes é menos avançada e menos utilizada, devido à disponibilidade de outras fontes de energia mais atraentes. O Japão possui uma das maiores frotas de usinas termoeletricas flutuantes do mundo, que são implantadas principalmente para garantir o fornecimento de energia em áreas remotas e ilhas onde a infraestrutura elétrica é limitada. O Japão enfrenta desafios em relação à segurança energética devido à sua dependência de outros países de combustíveis fósseis, incluindo GNL.

Em comum, ambos os países têm a necessidade de diversificar sua matriz energética e reduzir a dependência de fontes de energia não renováveis. Possuem uma demanda

crecente por eletricidade devido ao aumento da população e ao desenvolvimento econômico. Na Figura 3 pode ser visto o ranking de consumo de gás natural no cenário mundial (IBP, 2022).

Figura 3 - Ranking de consumo gás natural no mundo.



Fonte: IBP (2022).

São importadores de gás natural, o GNL é utilizado para complementar a oferta de energia em períodos de baixa produção de outras fontes, como hidrelétricas. Bem como também estão comprometidos com a redução das emissões de gases de efeito estufa e com a mitigação das mudanças climáticas.

A Rússia possui a maior reserva mundial de gás natural, porém não é o maior consumidor (Bilhão 475 m³), exportando parte do produto produzido a outros Países. O Brasil, nessa escala é o menor consumidor (40 m³) seguido pelo Japão (104 m³) (Lossan, 2020).



4.4 BRASIL E MALÁSIA

De acordo com a Wood Mackenzie, embarcações de 12,5 milhões de toneladas/ano estão atualmente em construção. Até 2026, novos projetos, de quase 25 milhões de toneladas/ano, estarão em operação. A consultoria destaca, em relatório recente sobre o assunto, que as primeiras experiências do mercado de gás natural liquefeito flutuante (FLNG) foram conturbadas, mas que o setor colheu lições aprendidas – sobretudo em relação a excessos de custos, atrasos em projetos e confiabilidade (Mordor Intelligence, 2023).

A matriz energética da Malásia é composta predominantemente por fontes não renováveis, como o gás natural e o carvão, que juntos representam mais de 70% do total de energia consumida no país, sendo o FLNG é uma opção de comercialização confiável (Mordor Intelligence, 2023).

De acordo com Carregosa (2023) a utilização das instalações de FLNG na Malásia foi significativa durante o ano de 2022, com as unidades produzindo perto ou acima de 100% da capacidade disponível. Por outro lado, quase metade da produção de gás natural no Brasil retornou aos poços no ano de 2022. São 22,2 bilhões de metros cúbicos, ou o equivalente a 45% do volume produzido no período. Esse é o maior valor da série histórica da ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis). A reinjeção de gás tem aumentado nos últimos anos, principalmente a partir de 2019, quando saltou 10 pontos percentuais em relação a 2021, de 35% para 45%.

Nos dois países a utilização de usinas termelétricas a gás natural em barcaças flutuantes ajudam na diversificação da matriz energética. Porém o setor de refino da Malásia está testemunhando um aumento significativo devido à crescente demanda por produtos refinados das indústrias química, petroquímica e de transporte. É considerada o segundo maior produtor de petróleo e gás natural do Sudeste Asiático e o quinto maior exportador de gás natural liquefeito (GNL) do mundo em 2021. Está estrategicamente localizado em rotas essenciais para o comércio marítimo de energia (Ferraz Jr, 2022).



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o aquecimento global, o aumento pela demanda de energia por parte da crescente população mundial e dos meios de produção para atender a toda essa demanda de mercado, bem como a escassez de matrizes clássicas de geração de energia com hidrelétricas, tem proporcionado uma corrida para a descoberta de novas formas de geração de energia. Dentro dessas tecnologias, as termelétricas flutuantes a gás natural têm se mostrado uma alternativa estratégica e viável devido a sua facilidade de instalação, rapidez, ocupação de pouco espaço e rápido deslocamento. Entretanto, a despeito de países como Rússia, o Japão e a Indonésia, observa-se que em países como o Brasil, que possui uma vasta matriz energética alternativa às hidrelétricas a ser explorada, como a energia eólica e a solar, muito ainda tem que ser discutido para a instalação das termelétricas flutuantes em larga escala.

REFERÊNCIAS

- Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). (2010). O Gás Natural Liquefeito no Brasil – Experiência da ANP na implantação dos projetos de importação de GNL. Superintendência de Comercialização e Movimentação de Petróleo, seus Derivados e Gás Natural. Rio de Janeiro. Recuperado de <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/livros-e-revistas/o-gas-natural-liquefeito-no-brasil-experiencia-da-anp-na-implantacao-dos-projetos-de-importacao-de-gnl>
- Carregosa, L. (2 de Fevereiro de 2022). Poder 360. <https://www.poder360.com.br/economia/brasil-reinjetou-45-da-producao-de-gas-natural-em-2021/>
- Ferraz Jr. (8 de Agosto de 2022). Jornal da USP. <https://jornal.usp.br/campus-ribeirao-preto/serie-energia-usinas-termeltricas-a-gas-natural-respodem-por-12-da-matriz-energetica/>
- Ferraz, V. C. (2018). Termelétricas – Uma visão geral: combustíveis, ciclos térmicos, arranjo e eficiência. Monografia de graduação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Gomes, D. L. (2018). Caracterização de cinzas leves e de revestimento para caldeiras de central termelétrica brasileira. Dissertação de mestrado em Engenharia Mecânica, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
- IBP – Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás. (2021). Maiores reservas provadas de gás natural em 2020 <https://www.ibp.org.br/observatorio-do-setor/snapshots/maiores-reservas-provadas-de-gas-natural-em-2020/>
- IBP – Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás. (2022) Maiores consumidores de gás natural em 2021. <https://www.ibp.org.br/observatorio-do-setor/snapshots/maiores-consumidores-de-gas-natural-em-2020/#:~:text=O%20Brasil%20foi%20o%2024%C2%BA,1%2F3%20do%20consumo%20mundial>
- Karpowership. (2023). Energia. Recuperado de <https://karpowershipbrasil.com.br/>
- Lämmle, L., & Bulhões, E. M. R. (2019). Impactos de obras costeiras na linha de costa: O Caso do Porto do Açú, Município de São João da Barra, RJ. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, 13(1), 131-152.
- Lossan, A. (6 de Novembro de 2020). Como a Rússia se tornou líder mundial na exportação de gás?. Russia Beyonde. <https://br.rbth.com/economia/84609-russia-maior-exportadora-de-gas>
- Marques, E. W. V. (2007). A aplicação das novas tecnologias para a produção de GNL no Brasil. Dissertação de mestrado, Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo.



Mordor Intelligence. (2023). <https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/malaysia-oil-and-gas-market>

Paiva, P. M. (2010). A inserção do Brasil no mercado internacional de GNL: antecedentes, perspectivas e realidades. Monografia de graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Silvério, N. M. (2018). Utilização de usinas solares flutuantes para operação coordenada com centrais hidrelétricas: estudo de caso das hidrelétricas da bacia do rio São Francisco. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Itajubá, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia, Itajubá.



INÍCIO / Política de Acesso Aberto

Política de Acesso Aberto

Este periódico de acesso aberto, o que significa que todo o conteúdo está disponível imediata e gratuitamente e sem custo para o usuário ou sua instituição. Os usuários estão autorizados a ler, baixar, copiar, distribuir, imprimir, pesquisar ou criar links para os textos completos dos artigos, ou usá-los para qualquer outro propósito legal, sem pedir permissão prévia do editor ou do autor. Isso está de acordo com a definição de acesso aberto da BOAI (*Budapest Open Access Initiative*):

“Acesso aberto” à literatura científica revisada por pares significa a disponibilidade livre na Internet, permitindo a qualquer usuário ler, fazer download, copiar, distribuir, imprimir, pesquisar ou referenciar os textos integrais desses artigos, recolhê-los para indexação, introduzi-los como dados em software, ou usá-los para qualquer outro fim legal, sem barreiras financeiras, legais ou técnicas que não sejam aquelas inseparáveis do próprio acesso à Internet. As únicas restrições de reprodução ou distribuição e o único papel para o direito autoral neste domínio são dar aos autores o controle sobre a integridade do seu trabalho e o direito de serem devidamente reconhecidos e citados.

Arquivamento

Esta revista utiliza o serviço PKP PN para criar um sistema de arquivo distribuído entre as bibliotecas participantes e permite criar arquivos permanentes da revista para a preservação e restauração.

ENVIAR SUBMISSÃO

IDIOMA

English

Português (Brasil)

Español (España)

EDIÇÃO ATUAL

ATOM 1.0

RSS 2.0

RSS 1.0

VISITANTES



PALAVRAS-CHAVE

Glycine max
agricultura familiar
sustentabilidade
irrigação
inovação
nutrição
currículo
tecnologia
educação
políticas públicas
Amazônia
ensino
turismo
agricultura
formação de professores

MAIS LIDOS DA SEMANA

Aprendizagem significativa e o uso de metodologias ativas na educação profissional e tecnológica

👁 62

Incubation period of axenic shiitake (*Lentinula edodes* L.) blocks

👁 58

Intervenção terapêutica ocupacional: estresse, rotinas e suas repercussões no cotidiano em indivíduos com cervicalgia

👁 56

Internações hospitalares por aborto espontâneo no estado do Piauí entre 2018 e 2022

👁 36

Uma análise da morte social no poema “NANÃ” de patativa do Assaré

👁 30

CONTATO

revista@observatoriolatinoamericano.com



Este trabalho está licenciado com uma Licença [Creative Commons Atribuição-NãoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).



Platform &
workflow by
OJS / PKP