

UNIVERSIDADE PAULISTA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

INTERIORIZAÇÃO E AMPLIAÇÃO DO TRANSPORTE
DE GÁS NATURAL NO BRASIL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP para a obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção.

WALLACE TERRA DE CARVALHO

SÃO PAULO

2022

UNIVERSIDADE PAULISTA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

INTERIORIZAÇÃO E AMPLIAÇÃO DO TRANSPORTE
DE GÁS NATURAL NO BRASIL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP para a obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Oduvaldo Vendrametto

WALLACE TERRA DE CARVALHO

SÃO PAULO

2022

Carvalho, Wallace Terra de.

Interiorização e ampliação do transporte de gás natural no Brasil / Wallace Terra de Carvalho. – 2022.

106 f. : il. color. + CD-ROM.

Tese de Doutorado Apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista, São Paulo, 2022.

Área de concentração: Redes de Empresas e Planejamento da Produção.

Orientador: Prof. Dr. Oduvaldo Vendrametto.

1. Gás natural. 2. Gasodutos de transporte. 3. Pré-sal.
4. Distribuição de gás natural. 5. Termelétrica. I. Vendrametto, Oduvaldo (orientador). II. Título.

WALLACE TERRA DE CARVALHO

**INTERIORIZAÇÃO E AMPLIAÇÃO DO TRANSPORTE
DE GÁS NATURAL NO BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP para a obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção.

Aprovada em: ___/___/___ (data da defesa)

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Oduvaldo Vendrametto (Orientador/a)
UNIP

Prof. Dr. Marcelo Tsuguio Okano
UNIP

Prof. Dr. Geraldo Cardoso Oliveira Neto
UNINOVE

Prof. Dr. Rogério Monteiro
CPS- FATEC

Prof.^a Dr.^a Márcia Terra da Silva
UNIP

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos aos professores, funcionários e colegas que ajudaram neste trabalho.

Agradecimento especial à minha família.

“O homem nasce livre, e por toda a parte encontra-se a ferros”.

(Jean-Jacques Rousseau)

RESUMO

Com o anúncio, em 2007, da descoberta do pré-sal, a Petrobras realizou estudos sobre o desenvolvimento e operação dos imensos reservatórios. A partir das mudanças nas leis para quebrar o monopólio da Petrobras, ocorreram entradas de novos agentes na exploração e desenvolvimento do mercado de gás natural no Brasil. A necessidade de ampliar a matriz de gasodutos de transporte entre os estados e gasodutos de escoamentos do gás natural da Bacia de Santos para o litoral, faz com que o Brasil tenha novos projetos de gasodutos, novos portos para gás, navios e novos projetos termelétricos. A lei 14.134 aprovada em 8 de abril de 2021 abre o caminho para essas mudanças. Prevê-se a partilha de novas operações nas unidades de tratamento e processamento de gás natural e a entrada de novos agentes em diversos ramos do mercado. Novas tecnologias estão chegando para criar capilaridade e interiorização de gás natural comprimido e gás natural liquefeito, somados a usos destes em termelétricas, combustível de caminhões e formação de Redes Locais de distribuição, fora dos City Gates. Avanços foram observados, mas há mais espaço de agregar biogás ao sistema de oferta em regiões do agronegócio. O gás natural é citado nos objetivos de desenvolvimento da ONU como um combustível de transição energética para formas mais limpas do que as fontes fósseis convencionais; e, possibilidade de transformações em novos compostos a partir do gás natural abrem caminho para que o biometano ao longo do tempo seja mais sustentável e passe a ter papel de destaque e economicidade.

Palavras-chave: Gás natural. Novo mercado de gás. Termelétrica.

ABSTRACT

With the announcement, in 2007, of the pre-salt discovery, Petrobras carried out studies on the development and operation of the immense reservoirs. As a result of changes in laws to break Petrobras' monopoly, new agents entered the exploration and development of the natural gas market in Brazil. The need to expand the matrix of gas pipelines for transport between the states and pipelines for the flow of natural gas from the Santos Basin to the coast, means that Brazil has new pipeline projects, new gas ports for ships and new thermoelectric projects. Law 14,134 passed on April 8, 2021 paves the way for these changes. The sharing of new operations in the natural gas treatment and processing units and the entry of new agents in various branches of the market are foreseen. New technologies are coming to create capillarity and internalization of compressed natural gas and liquefied natural gas, added to their use in thermoelectric plants, truck fuel and the formation of local distribution networks outside the City Gates. Advances were observed, but there is more space to add biogas to the supply system in agribusiness regions. Natural gas is cited in the UN's development goals as an energy transition fuel for cleaner forms than conventional fossil sources and the possibility of transformations into new compounds from natural gas pave the way for biomethane to be more efficient over time. sustainable and start to play a prominent role and economy.

Keywords: Natural Gas. New market natural gas. Thermoelectric.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Rota do GASBOL	22
Figura 2 – Traçado da derivação do GASBOL para Cuiabá/MT	22
Figura 3 – Metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável	34
Figura 4 – Dimensões de sustentabilidade para a Agenda 2030	34
Figura 5 – Reservas comprovadas de gás natural, segundo regiões geográficas, países e blocos econômicos - 2010-2019	38
Figura 6 – Navio gaseiro	38
Figura 7 – Total de gás natural consumido, em milhões de metros cúbicos.	39
Figura 8 – Matriz energética do Brasil	39
Figura 9 – Projeção de novos projetos termelétricos.....	40
Figura 10 – Proposta de nova matriz de transporte de gás natural	40
Figura 11 – Etapas internas de UPGN.....	41
Figura 12 – Rotas de gasoduto de escoamento.....	42
Figura 13 – Cadeia de valor do GNL	44
Figura 14 – Terminais de GNL no Brasil	46
Figura 15 – Plano esquemático de transporte de gás natural por navio gaseiro.....	47
Figura 16 – Arranjo típico de um FNLG	48
Figura 17 – Alternativas tecnológicas de transporte de gás natural	49
Figura 18 – Etapas sequenciais da pesquisa	59
Figura 19 – Balanço do gás natural no Brasil, em milhões de m ³	65
Figura 20 – Esquemático de rede local de suprimento de gás natural.....	66
Figura 21 – Unidade de pressurização hidráulica.....	68
Figura 22 – Unidade de controle de redução	68
Figura 23 – Semirreboque	69
Figura 24 – Reboque	69
Figura 25 – Modelo do ISO contêiner criogênico	70
Figura 26 – Caminhão com tanque criogênico	70
Figura 27 – Um tipo de vagão tanque de GNL.....	71
Figura 28 – Comparativo entre modal ferroviário e rodoviário para relação distância/peso de carga transportada.....	71
Figura 29 – Distribuição ferroviária brasileira	72
Figura 30 – <i>Offloading</i> de GNL entre unidades paralelas	74

Figura 31 – Projetos de gasodutos alternativos para escoamento	76
Figura 32 – Comparativo da emissão de CO ₂ , kg de CO ₂ /BTU.....	83
Figura 33 – Regiões mapeadas para corredores azuis	86
Figura 34 – Geração de energia em termelétricas (MW med) por tipo de combustível.....	87
Figura 35 – Comparação de emissões de combustíveis fósseis, emissões por BTU.....	88
Figura 36 – Comparação de emissões de combustíveis fósseis, emissões por BTU.....	89
Figura 37 – Tipos de extração do gás natural, adaptado de BAHIAGÁS	90

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características dos modelos de independência do transportador de gás natural ...	31
Quadro 2 – Volumes admissíveis nos gasodutos de escoamento	43
Quadro 3 – Exemplo de Unidade de Processamento de Gás Natural.....	44
Quadro 4 – Origem documental.	57
Quadro 5 – Comparativo energético entre combustíveis veiculares	63
Quadro 6 – Custo em R\$ do metro cúbico do GNV.....	64
Quadro 7 – Projeção de demanda de gás natural.....	64
Quadro 8 – Relação classificatória crescente de desempenho entre os modais	67
Quadro 9 – Gasodutos alternativos de escoamento	77

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Gasoduto de transporte de Ceará até o estado do Maranhão.....	27
Mapa 2 – Gasoduto de transporte do Espírito Santo até o estado do Pará	28
Mapa 3 – Gasoduto de transporte da cidade Presidente Kennedy até a capital Belo Horizonte/MG.....	28
Mapa 4 – Gasoduto de transporte desde o estado de São Paulo até o estado do Rio Grande do Sul.....	29
Mapa 5 – Portos mundiais que fazem o abastecimento de GNL.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fração da classificação de documentos.	53
Tabela 2 – Etapas básicas da análise documental por meio da análise de conteúdo.	56
Tabela 3 – Principais países fornecedores de GNL.	80
Tabela 4 – Importação de gás natural, segundo países de procedência entre 2015 e 2020.	82
Tabela 5 – Exportação de GNL entre 2011 e 2020.	83

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABEGAS	Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Gás Canalizado
ABIOGÁS	Associação Brasileira do Biogás
ABIQUIM	Associação das Indústrias Químicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ANP	Associação Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ARSESP	Agência Reguladora de Serviços Públicos do Estado de São Paulo.
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BTU	<i>British Thermal Unit</i>
CADE	Conselho Administrativo de Defesa Econômica
<i>CITY GATE</i>	Ponto de entrega e medição de gás natural
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CNT	Confederação Nacional do Transporte
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
COMGAS	Companhia de Gás de São Paulo
COMPERJ	Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro
DES	<i>Delivered Ex-Ship</i>
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FGR	<i>Flare Gas Recovery</i>
FIRJAN	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
<i>FLNG</i>	<i>Floating Liquefied Natural Gas</i>
FOB	<i>Free on Board</i>
FPSO	<i>Floating, Production, Storage and Offloading</i>
FSRU	<i>Floating Storage and Regasification Unit</i>
GASBOL	Gasoduto Brasil-Bolívia
GASENE	Gasoduto da Integração Sudeste-Nordeste
GASLUB	Unidade de Processamento de Gás Natural do Complexo Petroquímico Itaboraí/RJ
GEE	Gases do Efeito Estufa
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
GNA	Gás Natural Açú

GNC	Gás Natural Comprimido
GNL	Gás Natural Liquefeito
GNU	Gás Natural Úmido
GNV	Gás Natural Veicular
GTC	<i>Gas-to-Commodity</i>
GTL	<i>Gas-to-Liquid</i>
GTW	<i>Gas-to-Wire</i>
HGN	Hidrato de Gás Natural
HPU	Unidade de Pressurização Hidráulica
IOT	<i>Internet of Things</i>
Kw	Kilowatt
MEA	Monoetilamina
Mm ³	Milhão de metros cúbicos
MW	Mega Watt
NMG	Novo Mercado de Gás
NO _x	Óxidos de nitrogênio
O&G	Oil & Gas
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
<i>Offshore</i>	Fora da costa
<i>Onshore</i>	Na costa, terrena e/ou litorânea
ONU	Organização das Nações Unidas
PETROBRAS	Petróleo Brasileiro S.A.
PIS	Programa de Integração Social
RCU	Unidade de controle de redução
REVAP	Refinaria Henrique Lage, no Vale do Paraíba
SO _x	Óxidos de enxofre
TAG	Transportadora Associada de Gás S.A.
TCC	Termo de Compromisso de Cessação
TEPOR	Terminal Portuário de Macaé
UPGN	Unidade de Processamento de Gás Natural
UTE	Unidade Termelétrica
UTG	Unidade de Tratamento de Gás Natural
UTGCA	Unidade de Tratamento de Gás Monteiro Lobato, Caraguatatuba/SP
VTMIS	Vessel Traffic Management Information System

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Objetivo	18
1.1.1	Principal.....	18
1.1.2	Objetivos específicos.....	18
1.2	Justificativa	19
1.3	Estrutura da tese	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1	O Novo Mercado de Gás	23
2.1.1	A prestação de serviço local de gás canalizado.....	25
2.1.2	Exploração de prestação de serviço público concessionário de gás natural canalizado.....	26
2.2	Descrição das regiões estudadas pela EPE.....	27
2.3	Códigos de Rede de Distribuição de gás natural	30
2.4	Atendimento aos objetivos de desenvolvimento sustentável.....	31
2.4.1	A Agenda 2030 e Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.....	32
2.4.2	Papel do gás natural na transição para energias renováveis.....	35
2.5	Panorama do gás natural antes de 2020.....	37
2.6	Panorama do gás natural a partir da nova regulamentação de 2021.....	39
2.7	Tratamento, escoamento e transporte do gás natural.....	41
2.7.1	Tratamento e escoamento.....	41
2.7.2	Portos de recebimento do navio gaseiro.....	44
2.7.3	Terminais marítimos e portos para GNL.....	45
2.7.3.1	Transporte por navio gaseiro de GNL.....	45
2.7.3.2	Navios de liquefação de gás natural.....	46
2.8	Restrições pela falta de gás	48
2.9	Problematização referente à reinjeção de gás natural.....	49
2.10	Tecnologias para transporte de gás natural.....	49
3	MÉTODOS E PROCEDIMENTOS	52
3.1	Caracterização da pesquisa	52
3.2	Métodos de análise.....	54
3.2.1	Método de Análise Textual Discursiva	55
3.2.2	Método de Análise de Conteúdo	55

3.3	Conceituação de pesquisa documental	56
3.4	Limitações do método	57
3.5	Métodos da aplicação da metodologia para esta pesquisa.....	58
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	62
4.1	Consideração referente aos projetos.....	62
4.1.1	Viabilidade e usabilidade do projeto do gasoduto.....	62
4.1.2	Estimativa de consumo e formação de mercado consumidor	63
4.1.3	Formato de distribuição local de gás natural.....	66
4.1.3.1	Transporte de gás natural por modal rodoviário	68
4.1.3.2	Transporte de gás natural por modal ferroviário	69
4.1.3.3	Transporte de gás natural por modal aquaviário	72
4.1.3.4	Transporte de gás natural por navios gaseiros.....	73
4.2	Custo da implementação de gasodutos.....	74
4.3	Alternativas de escoamento de gás natural <i>offshore</i>	75
4.4	Acompanhamento da demanda recente de gás natural.....	78
4.5	Aspectos do mercado de GNL	79
4.5.1	Balanço de comercio de GNL	82
4.6	Impacto nas reduções de poluentes.....	83
4.7	Corredores azuis.....	85
4.8	Impactos da Termelétricidade	86
4.8.1	Emissões de CO2 em termelétricas	87
4.8.2	As emissões de outros agentes poluidores	88
4.8.3	Consumo de água da termelétrica	89
4.9	Reinjeção de gás natural em reservatórios	90
5	CONCLUSÃO	92
	REFERÊNCIAS	97

1 INTRODUÇÃO

Um dos desafios do Brasil na próxima década será a retomada econômica e crescimento econômico através dos setores de infraestrutura e energia. O aproveitamento e aumento do escoamento e transporte do gás natural pode possibilitar tal oportunidade deste avanço econômico, ampliando os setores de energia termoelétrica e cogeração, fabricação de fertilizantes nitrogenados, indústria petroquímica são alguns dos exemplos (CNI, 2016).

Fernandes, Fonseca e Alonso (2005) previam que a demanda de gás natural iria crescer dependente da importação de grandes volumes de gás da Bolívia e da Argentina para o sudeste e o nordeste brasileiro, por meio de navio gaseiro para gás natural liquefeito (GNL) e a região norte atendida com gasoduto de Urucu e que deste último poderia chegar ao nordeste. A expectativa projetada do Brasil possuir 15,5 % de sua capacidade energética a partir do gás natural em 2030 (VASCONCELOS *et al.*, 2013).

Com o desenvolvimento na década de 2010 até 2020 houve início da exploração e escoamento do gás natural oriundo do Pré-Sal até o continente. Gás este produzido em plataformas continentais com até 2.000 metros de lâmina d'água; porém, em torno de 65% da quantidade produzida em 2020 foi injetada de volta ao reservatório de produção devido a limitação de gasodutos de escoamento existentes e pela carência de novos projetos. Este gás natural é então escoado por gasoduto de escoamento até as Unidades de Processamento de Gás Natural (UPGN's) para comercialização - deve ser enquadrado dentro dos parâmetros comerciais governamentais de qualidade (necessários) e ao meio ambiente, segundo parâmetros da Agência Nacional de Petróleo e Gás Natural (ANP), que como fiscalizadora regulamenta quantidades de gás natural a ser produzido, distribuído em gasodutos de transporte terrestres e quantidades aceitáveis aos requisitos ambientais, para que uma quantidade pequena possa ser queimada em instalações de produção e processamento para manter a salvaguarda das instalações através das chamadas tochas de segurança (BRASIL, 2021a).

Uma das facilidades de trabalhar com petróleo e seus derivados é a possibilidade de transporte de forma multimodal e facilidade de necessidade de bombeio a baixa pressão. No caso de o gás natural possuir características e necessidades de transporte diferentes, ele necessita passar por processos de compressão e descompressão que requerem equipamentos específicos, além de contentores específicos para transporte rodoviário, ferroviário ou marítimo (BRASIL, 2021b).

Dentro do Plano Decenal de Energia (EPE, 2020c), o governo brasileiro apresenta

através da Empresa Brasileira de Energia (EPE) o planejamento com intuito de ampliação de oferta de energia de forma competitiva, aumento da segurança energética para as regiões brasileiras e garantia do atendimento aos planos na área ambiental. Segundo a EPE (EPE, 2020c), serão necessários R\$ 2,3 trilhões em investimentos na próxima década, divididos em R\$1,9 trilhões no setor de insumos (petróleo, gás natural e biocombustíveis) e R\$ 456 bilhões aplicados em geração e transmissão de energia elétrica.

Visando a necessidade de investimentos, o Ministério das Minas e Energia está em desenvolvimento governamental através do plano de Modernização do Setor Elétrico e do plano do Novo Mercado de Gás (NMG) (BRASIL, 2020b). No plano de Modernização busca-se ampliação de fontes energéticas, geração e distribuição no país a partir das fontes renováveis e não renováveis de energia. No plano do Novo Mercado de Gás, a ampliação do atendimento do fornecimento de gás natural, mudanças nas tarifações regionais e ampliação dos agentes demandantes de gás natural, criando condições de competitividade para o gás natural, sua viabilidade de preço de acordo com cada necessidade para que novos projetos sejam possíveis (ABIQUIM, 2021).

A partir dos estudos do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) é apresentada a necessidade de construção de gasodutos compartilhados por empresas do setor de petróleo e gás. Tal esforço de compartilhamento de gasodutos de escoamento da plataforma continental e unidades de processamento de gás natural (UPGN's) fez com que, por via do BNDES, o governo brasileiro criasse linhas de crédito para agentes que possuem interesse de ampliar a malha de escoamento de gás natural, fazendo com que ocorresse redução de reinjeção de gás em poços produtores, sendo este lado da oferta, cabendo investimentos no lado da demanda (BNDES, 2020).

Como proposta de estudo a ampliação do escoamento da malha de gás, a ampliação e interiorização do gás natural, formas diferenciadas de monetização do gás natural, ampliação da produção nacional de fertilizantes nitrogenados e ampliação de monômeros para plásticos. A interligação dos gasodutos de transporte das regiões sul, sudeste e nordeste já tem surtido crescimento nestas regiões e a ampliação de demandantes tem sido objeto de investimentos nos setores industriais de energia, químicos, além de consumidores residenciais e veiculares.

A mudança na matriz de distribuição do gás natural com a interiorização possibilitará ganhos em termos de desenvolvimento regional com instalações de indústrias que se utilizam da matéria-prima na produção de fertilizantes próximas aos locais de consumo, fabricação de polímeros, facilitando o atendimento do uso doméstico, automotivo e uso industrial. Além da troca de carvão, madeira e óleo diesel como fontes combustíveis emissores de gases poluentes

tais óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio e monóxido de carbono. A nova matriz da distribuição de gás demandará força de trabalho qualificada, permitirá oferta de emprego e renda nos locais onde vier a ocorrer a distribuição do gás natural da nova matriz de gasodutos.

Esta proposta de pesquisa vem ao encontro dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), apresentado por meio da Agenda 2030, que contempla a criação de um novo e necessário modelo global de desenvolvimento visando promover a prosperidade e o bem-estar das pessoas. O objetivo 7 trata da “energia limpa e acessível”, que neste caso melhora a acessibilidade dos consumidores, e embora seja oriundo de material fóssil reduz drasticamente a utilização de outros combustíveis gerados com muito mais emissão de poluentes. O objetivo 8 refere-se ao “trabalho decente e crescimento econômico”. A disponibilidade de gás em regiões do interior promoverá o desenvolvimento industrial e econômico, com a criação de novas empresas e substituição pelo gás de empresas que se utilizam de outras fontes energéticas mais caras e poluentes, fazendo com que cresça a oferta de emprego e a distribuição de renda. Quanto ao objetivo 13 “ação da mudança global do clima” revela-se ao se comparar o resíduo poluente produzido pelo gás com outros combustíveis convencionalmente utilizados. O óleo diesel ao ser queimado para geração de energia térmica, entre outros, os poluentes nitrogenados e sulfurados.

1.1 Objetivo

1.1.1 Principal

Apresentar nova bases de transporte de gás natural para disponibilização em termelétricas, sistemas produtivos e domésticos, com redução dos agentes poluentes.

1.1.2 Objetivos específicos

- Mostrar a aplicabilidade da malha de transporte de gás natural nos estados para setores termelétricos, industriais, serviços, agronegócio, residências e comércio.
- Avaliar a reinjeção de gás natural e situação de escoamento do gás do Pré-sal da Bacia de Santos e da Bacia de Campos até o continente.
- Apresentar a utilização do gás natural como interface aos objetivos de desenvolvimento sustentável.

1.2 Justificativa

A motivação para o estudo surge com a observação das necessidades e dificuldades de ampliação da rede de gasodutos para a utilização do gás natural na matriz energética brasileira. Com a descoberta do Pré-sal a necessidade de gasodutos de escoamento, criação de unidades de processamento de gás e rede de gasoduto de transporte demonstra competitividade da demanda de gás natural e a necessidade desenvolvimento de canais de escoamento e transporte para os agentes de consumo industriais, residenciais e automobilísticos. O desenvolvimento da utilização de gás natural a partir de uma demanda estável, com patamares que alicercem os investimentos no setor, tende a criar a monetização do gás natural, proporcionando oportunidades de emprego, geração de renda, arrecadação dos tributos oriundos das atividades relacionadas à utilização do gás natural.

1.3 Estrutura da tese

Este trabalho está estruturado em quatro capítulos. Este primeiro capítulo introdutório apresenta como o estudo de aproveitamento e aumento do escoamento do gás natural pode possibilitar tal oportunidade deste aumento econômico, ampliando os setores de energia termoelétrica e cogeração, fabricação de fertilizantes nitrogenados, indústria petroquímica, e as motivações para implementação do novo mercado de gás para o Brasil.

O Capítulo 2 caracteriza o referencial teórico abordando o panorama do gás natural antes de 2020, apresentando desde a construção até a expansão em 2010, vislumbrando o foco dos objetivos e a lei do novo mercado do gás e os códigos de transporte para a tarifação do gás natural. Inclui-se também neste capítulo a matriz elétrica nacional de acordo com os aspectos técnicos e as necessidades que moveram a expansão brasileira da geração de energia termelétrica baseada em gás natural, as vantagens da utilização do gás natural como combustível e as características de infraestrutura para suprimento das térmicas. E uma breve descrição das demais fontes renováveis e suas características, limitações, vantagens e desvantagens. Esta proposta de pesquisa vem ao encontro dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU apresentados por meio da Agenda 2030, que contempla a criação de um novo e necessário modelo global de desenvolvimento visando promover a prosperidade e o bem-estar das pessoas. O objetivo 7 da ODS trata da “energia limpa e acessível”, que neste caso melhora a acessibilidade dos consumidores, e embora seja oriundo de material fóssil reduz drasticamente a utilização de outros combustíveis gerados com muito mais

emissão de poluentes. O objetivo 8 da ODS refere-se ao “trabalho decente e crescimento econômico”. A disponibilidade de gás em regiões do interior promoverá o desenvolvimento industrial e econômico, com a criação de novas empresas e substituição pelo gás de empresas que se utilizam de outras fontes energéticas mais caras e poluentes, fazendo com que cresça a oferta de emprego e a distribuição de renda. Quanto ao objetivo 13 da ODS “ação da mudança global do clima” revela-se ao se comparar o resíduo poluente produzido pelo gás com outros combustíveis convencionalmente utilizados. O óleo diesel ao ser queimado para geração de energia térmica, entre outros, os poluentes nitrogenados e sulfurados.

No Capítulo 3 são delineados os procedimentos metodológicos da pesquisa em referência ao estudo de caráter documental.

O capítulo 4 está apresentando a longevidade do sistema de gasoduto e sua usabilidade, nos aspectos de demandas atuais mundiais e nacionais de gás natural. No caso brasileiro as estimativas de consumo e formação de mercado demandante, com apresentação do formato de “Rede Local” para sistemas não conectados e novas fronteiras de clientes. Reunião dos últimos dez anos de produção, importação e reinjeção do gás natural nos reservatórios de produção, com o gás natural liquefeito sendo alternativa tanto para transporte internacional, quanto para distribuições a centros afastados. Uma breve comparação energética do gás com outros combustíveis automobilísticos acompanha este capítulo. Apresenta os resultados observados e análise do cenário nacional do gás natural no Brasil e o impacto da política de construção de gasodutos de transporte interligados às unidades de processamento de gás natural, e estas unidades aguardando novas interligações com a Bacia de Santos e Bacia de Campos para movimentações do gás offshore para o continente.

Finalizando com o Capítulo 5, que traz um breve resumo da análise realizada no trabalho, buscando apresentar as limitações e fatores que possam ter causado imprecisão no estudo, propondo aperfeiçoamento para trabalhos futuros. Novas formas de monetização do gás excedente são propostas a serem acompanhadas e apresentam oportunidades para o gás natural.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Em momentos de escassez energética, outras fontes além da energia hidroelétrica fazem com que seja necessária discussão e pesquisa de fontes complementares e outras fontes alternativas de energia. O uso do gás natural é uma fonte energética de origem fóssil que apresenta menores taxas de emissões de gases do efeito estufa se comparado ao petróleo, carvão mineral e óleo diesel. A ampliação desde 1990 de termelétricas, que utilizem o gás natural em substituição ao óleo diesel e carvão, tem sido buscada para a segurança energética e reduções de custo de transporte de combustível para as unidades de termogeração elétrica.

Num breve histórico do setor petróleo e seus derivados, em 1938 foi criada a Lei nº 395/1938 de incorporação ao patrimônio da nação, instituindo-o como utilidade pública. A criação da empresa Petróleo Brasileiro S. A. (Petrobras) ocorreu em 1953, através da Lei nº 2004/1953, como um monopólio de exploração e produção de petróleo e seus derivados, exceto na área de distribuição. A construção no Brasil do primeiro gasoduto, Atalaia-Santiago /Catu no Nordeste, ocorreu em 1974, com 230 quilômetros de extensão (SANTOS; PEYERL; NETO, 2020).

Com a crise do petróleo em 1975 buscou-se o aumento de exploração e produção através de atração de investimentos internos e de capital estrangeiro, porém a baixa qualidade de petróleo nacional e desconhecimento da geologia das Bacias sedimentares fizeram com que não houvesse sucesso e alocados investimentos em pesquisa (PETROBRAS, 2022). Com a nova constituição de 1988, os estados passaram a ser responsáveis pela oferta de gás localmente e neste momento somente os estados de São Paulo e Rio de Janeiro possuíam empresas para esta distribuição local, fazendo com que a Petrobras criasse estratégias e políticas de expansão do gás natural, podendo comercializar e explorar reservas de petróleo, gás natural e demais hidrocarbonetos de qualquer origem, além do transporte marítimo, dutos de fluidos líquidos e gasodutos. As mudanças ocorridas em 1995 com as duas emendas: A 9ª Emenda Constitucional trouxe a possibilidade de terceirização diretamente com empresas privadas e governos estaduais, nisso a eliminação da exclusividade da Petrobras. A outra emenda foi a 5ª Emenda Constitucional, que permitiu aos governos estaduais criassem concessões para empresas privadas de distribuição de gás. Logo após, em 1997 a aprovação da Lei 9.478/97, conhecida como “Lei do Petróleo”. Criou o Conselho Nacional de Energia (CNPE) para propiciar estratégias de energia, assim como a criação da Agência Nacional de Petróleo (ANP), que instituiu a separação do transporte das demais atividades na cadeia de gás natural (FGV, 2020a). Com a finalização da construção do Gasoduto Brasil-Bolívia

(GASBOL) visto na Figura 1 e uma derivação, ainda em solo boliviano, ligando o GASBOL à cidade de Cuiabá/MT conforme Figura 2.

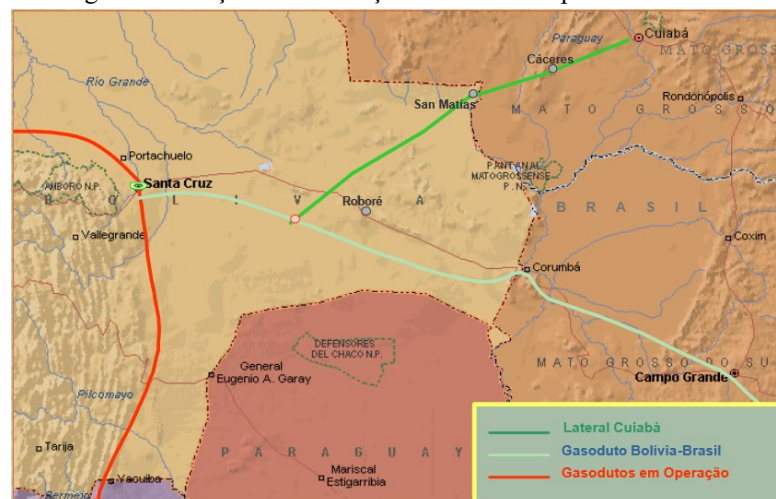
Figura 1 – Rota do GASBOL



Fonte: Adaptado de Petrobras (2022) e ANP (2002).

A derivação, Lateral-Cuiabá, constitui um dos trechos considerados como isolados da malha litorânea, devido ao sentido único de fluxo oriundo da Bolívia e sem permitir ligação a outro ponto nacional da malha de interligação. Com o contrato de compra e venda de gás em 17/02/1993 a importação de 8 milhões de metros cúbicos diários inicialmente, passando para 16 milhões de metros cúbicos diários de gás natural. Consolidando o início do mercado de gás natural para o Brasil e Bolívia, e parte da integração da região sul-americana em relação a estratégias de energia, com uma capacidade prevista de 30 milhões de metros cúbicos/dia.

Figura 2 – Traçado da derivação do GASBOL para Cuiabá/MT



Fonte: Adaptado de Petrobras (2022) e ANP (2002).

A construção do gasoduto da integração Sudeste-Nordeste (GASENE) permitiu a interligação do terminal de Cabiúnas em Macaé/RJ até Vitória/ES, outro trecho de Vitória/ES até Cacimbas/ES e por fim de Cacimbas/ES até Catu/BA, permitindo a movimentação de 80 milhões de metros cúbicos/dia aproximadamente (SANTOS; PEYERL; NETO, 2020).

Em 2003, a criação da Empresa de Pesquisa Energética para tomadas de decisões de planejamento fez com que a Petrobras estabelecesse empresa para realizar transporte de gás natural, a Transportadora Associada de Gás (TAG) (MATHIAS; SZKLO, 2007).

Em 2006 a Bolívia decreta nacionalização das suas reservas de petróleo e gás natural, ameaçando a então integração da região sul-americana. Como a Petrobras investiu US\$ 1,5 bilhão na Bolívia e US\$ 2 bilhões para o transporte do gás até o Brasil, tal investimento com uma interrupção de fornecimento acarretaria perdas desastrosas para ambos os lados, visto que não havia acúmulo de gás natural (GOMES, 2006).

Campos *et al.* (2017) argumentam a necessidade da utilização do gás natural na geração termelétrica, como sendo fonte energética complementar à geração de hidroeletricidade para atendimento de demandas de pico, graças à possibilidade de fluxo de gás por gasodutos e à geração de fontes renováveis não convencionais e intermitentes, tais como a energia solar e a energia eólica. Ainda afirma que, para que o gás natural seja um substituto competitivo em relação ao uso de carvão e óleo diesel que possuem poder poluidor responsáveis pelas emissões de gases que ampliam o efeito estufa climático.

A interconexão do sistema elétrico brasileiro é pouco mais que 85 % dominante no sistema de distribuição de energia elétrica (REGO, 2013).

Nas últimas décadas houve expressivo crescimento da utilização do gás natural na matriz energética, passando de 3,1% em 1990, para 7,7% em 2003 como mostrou Kaminura (KAMIMURA; GUERRA; SAUER, 2006). E em 2020 está em 12% a utilização do gás natural na composição da matriz energética (EPE, 2020b).

2.1 O Novo Mercado de Gás

Desde 1900 o setor energético possui importante papel de impulsionar investimento em infraestrutura, principalmente após a revolução industrial. Anos de 1800 até início de 1900 havia legislação de gerenciamento de energia do uso de carvão e petróleo, discussões em 1960 e graças ao não consenso sobre efeito da regulamentação dos investimentos em infraestrutura (LEAL; REGO; RIBEIRO, 2019).

Dependendo da quantidade de despacho de energia o gás natural varia substancialmente no mercado de energia, visto que as usinas termoelétricas, quando despacham o total da energia gerada, a demanda de gás absorve metade da demanda do gás do país. Porém, a geração elétrica das termoelétricas não são totalmente despachadas e a variação do consumo de gás é altamente elevada, visto que no Brasil a energia termelétrica tem um papel complementar na matriz energética em relação à energia hidroelétrica e à energia eólica (ALMEIDA *et al.*, 2018).

Economides e Wood (2009) apresentam o rápido crescimento da indústria do gás ter entrado como fase importante na relação do abastecimento em rede de gasodutos e das perspectivas tecnológicas. O gás natural passa a ter grande importância mundial no desenvolvimento de energia global futura, como energia sustentável menos poluente que o óleo diesel e carvão para uso de geração elétrica. Este progresso demandará a ampliação de gasodutos e navios de transporte de gás liquefeitos de gás natural, mostrando que diversos estudos surgem como os problemas de rede de gasodutos, dentre os de outras áreas nas empresas tais como finanças, produção, rede de distribuição e criação de soluções eficientes e procedimentos regulatórios dos países e da indústria de energia.

O Ministério de Minas e Energia, em conjunto com a Casa Civil da Presidência da República em 2019, acelerou com o Conselho Administrativo de Defesa Econômica (CADE), ANP e EPE o lançamento do programa “Novo Mercado de Gás”, para estimular o mercado de Energia e O&G. Com o objetivo de integrar e desenvolver o setor do gás natural com os setores elétrico e industrial, eliminando barreiras tarifárias e desenvolvendo a concorrência, com parâmetros que afetam todos os elos da cadeia de O&G, escoamento da produção, transporte, distribuição e comercialização (BRASIL, 2021c).

Marco regulatório do setor de gás natural para a transição da figura da Petrobras como concentradora da cadeia do gás, o projeto de lei busca reduzir as barreiras comerciais em um contexto de expressivos volumes de gás previstos para a exploração e desenvolvimento do Pré-sal, Bacias de Sergipe e Alagoas. Soma-se a necessidade de aumentar a competitividade em setores industriais como petroquímicos e fertilizantes, também para fomentar a competitividade na geração termelétrica com redução nos custos de energia.

As diretrizes foram estabelecidas pela Resolução nº16 / 2019 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) com delegações de responsabilidades e prazos que conferiam robustez e estabilidade jurídica e previam o processo de abertura do mercado de gás natural no longo prazo. Apresentar prazos e marcos de transição, como a ANP incumbida de estabelecer critérios de independência das transportadoras de gás natural, a divulgação da

padronização nos contratos de escoamento de gás e o cronograma de liberação de gás natural em cooperação com o CADE, a partir do Termo de Compromisso de Cessação (TCC) firmado com a Petrobras para que ela deixasse os setores de transporte e distribuição de gás por completo até o ano de 2021. Como nova proposta, a empresa apresentará sua demanda nos pontos de entrada e saída do sistema de transporte, aos contratos firmados com distribuidores (CADE, 2019).

Com o TCC outras empresas além da Petrobras puderam entrar no mercado de gás natural e expandir a malha de transporte. A outorga de concessão para criação e ampliação de gasodutos segue uma breve instrução com a ANP. Com a identificação dos potenciais carregadores, ocorrem as análises das propostas garantidas com assinatura do Termo de Compromisso de compra de quantidade solicitada coma ANP. A ANP faz elaboração do edital licitatório, minutando as condições no contrato da construção ou ampliação dos gasodutos de transporte. E após fixação da tarifa recalculada, o contrato de concessão passa para então ser celebrado com o Ministério de Minas e Energia (ANP, 2021a; BRASIL, 2021a).

2.1.1 A prestação de serviço local de gás canalizado

Com a lei 8.987 de 1995, sobre o regime de concessão e permissão de prestação de serviços com objetivos de concessões e permissões, foi passada a competência aos estados federativos sobre a disposições de exploração direta ou por meio de concessões para serviços locais de gás natural canalizado e sua distribuição aos consumidores. Visto que esta lei passa a regulamentar o artigo 175 da constituição federal de 1988 que dispunha:

Art. 175. Incumbe ao poder público, na forma da lei, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, sempre através de licitação, a prestação de serviços públicos.

Parágrafo único. A lei disporá sobre:

I –O regime das empresas concessionárias e permissionárias de serviços públicos, o caráter especial de seu contrato e de sua prorrogação, bem como as condições de caducidade, fiscalização e rescisão da concessão ou permissão;

II – Os direitos dos usuários;

III – Política tarifária.

Já que no inciso II do Artigo 2º da referida lei 8.987/1995 estabeleceu-se a aplicabilidade de ajuste ao conteúdo para prestação de serviço por empresa estatal, ampliando para empresa privada tal prestação de serviço:

II – Concessão de serviço público: a delegação de sua prestação, feita pelo poder concedente, mediante licitação, na modalidade de concorrência, à pessoa jurídica ou consórcio de empresas que demonstre capacidade para seu desempenho, por sua conta e risco e por prazo determinado.

2.1.2 Exploração de prestação de serviço público concessionário de gás natural canalizado

A redação que retira a prestação de serviço por empresa estatal permitindo a entrada de empresa privada advém da 5º emenda constitucional que manteve o controle no poder dos governos estaduais.

Art. 25. Os Estados organizam-se e regem-se pelas Constituições e leis que adotarem, observados os princípios desta Constituição.

§2º Cabe aos Estados explorar diretamente, ou mediante concessão, os serviços locais de gás canalizado, na forma da lei, vedada a edição de medida provisória para a sua regulamentação.

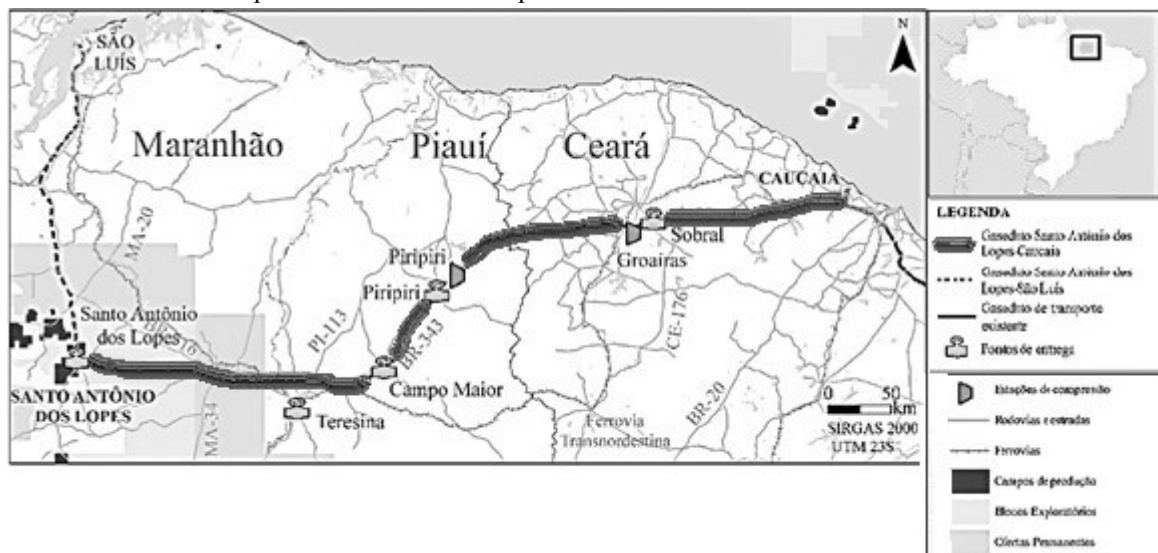
Com isso caberia aos estados estabelecerem leis abrangendo o regime de concessões de prestação de serviços públicos, permitindo a partir de contratos com empresas privadas tal prestação de serviço. Assim, por meio de editais licitatórios, normas de prestação de serviço e contratos firmados, a exploração da atividade a ser desenvolvida por empresas de distribuição de gás natural canalizado fica estabelecido. Cabendo ao estado em casos imprescindíveis de segurança nacional ou a relevância do interesse coletivo a exploração direta conforme o artigo 173 da constituição federal de 1988.

O termo de cessação de prática assinado entre a Petrobras e o CADE foi a forma que o CADE teve para atuar diante do que considerou como prática anticompetitiva e com foco governamental de abertura do mercado de gás natural, fazendo com que ocorresse a retirada da estatal no setor de transporte de gás natural e redução dos ativos essenciais da Petrobras, além da transferência de capacidade de transporte, e em contrapartida a remoção da barreiras de comércio seria o ajuizamento relativo aos processos investigados por possíveis práticas anticoncorrenciais da Petrobras no setor de óleo e gás natural. Para que outras empresas possam acessar a rede de transporte de gás natural, os excedentes de volumes de gás natural contratados permitem a ANP seguir na fiscalização da taxa de utilização da malha de gás natural.

2.2 Descrição das regiões estudadas pela EPE

Estudos realizados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) com base nas definições da nova lei do mercado do gás, mostram o principal interesse na interiorização da rede de gás natural no Brasil, com a expansão e integração da indústria de gás natural para ampliar a disponibilidade de energia para novos mercados consumidores, com ênfase nas capitais para a malha de transporte de gás. Por exemplo, o gasoduto de origem em Santo Antônio dos Lopes / MA possui três vertentes, o primeiro sentido Caucaia / CE, passando por Teresina.

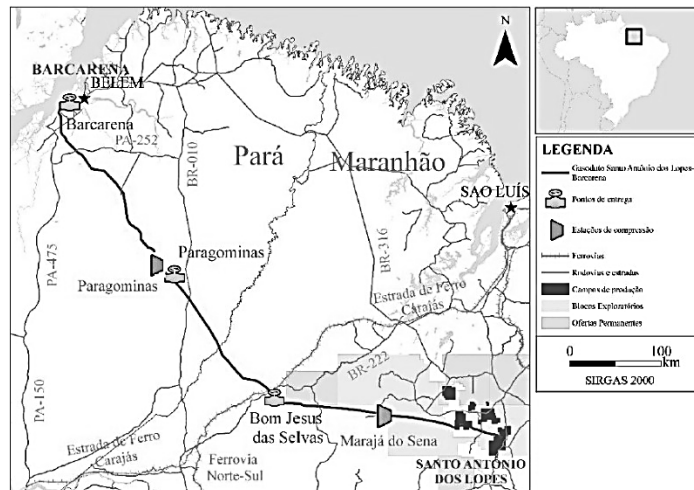
Mapa 1 – Gasoduto de transporte de Ceará até o estado do Maranhão



Fonte: Adaptado de EPE (2019).

O Mapa 1 apresenta a distribuição de gasoduto de transporte tendo como opção a origem na cidade de Santo Antônio dos Lopes / MA em direção à cidade de São Luís / MA. E a terceira opção da cidade de Santo Antônio dos Lopes / MA até a cidade de Barcarena / PA localizada próxima à região metropolitana da capital Belém do Pará. O Mapa 2, mostra a escolha do gasoduto de transporte de gás natural da cidade de Santo Antônio dos Lopes / MA levando em consideração a infraestrutura de gás natural existente associada ao Complexo Termelétrico do Parnaíba e o potencial exploratório da Bacia do Parnaíba. Soma-se à proposta energética nacional a implantação de um terminal de GNL em desenvolvimento, das cidades de Barcarena / PA até a cidade de São Luís / MA em seu estudo de viabilidade, podendo ser de escolha exclusiva do outro projeto.

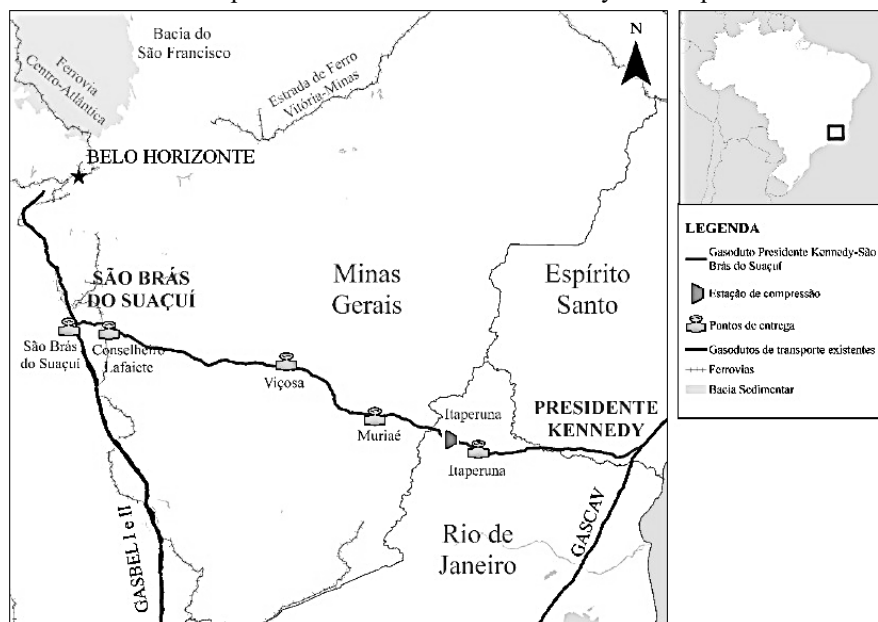
Mapa 2 – Gasoduto de transporte do Espírito Santo até o estado do Pará



Fonte: Adaptado de EPE (2019).

Outro ponto do gasoduto de transporte tem origem na cidade de Presidente Kennedy / ES até a cidade de São Brás do Suaçuí / MG, como alternativa para se interiorizar na região leste do estado de Minas Gerais, até a região sudeste do Brasil, conforme Mapa 3.

Mapa 3 – Gasoduto de transporte da cidade Presidente Kennedy até a capital Belo Horizonte/MG



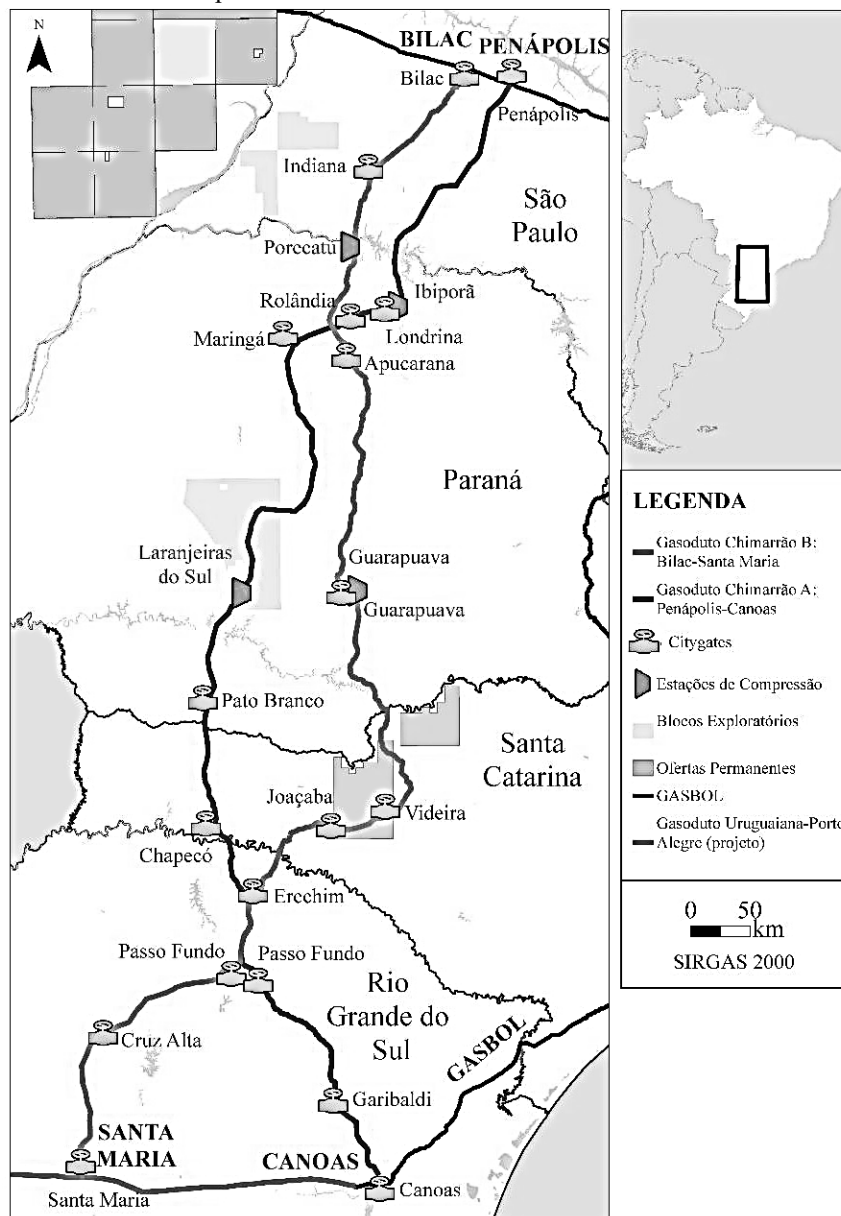
Fonte: Adaptado de EPE (2019).

O Mapa 4 apresenta o projeto de gasoduto entre a cidade de Penápolis / SP até a cidade de Uruguaiana / RS, que atenderia à região Sul do Brasil. A interligação do gasoduto autorizado para construção entre as cidades de Uruguaiana / RS à Porto Alegre / RS, como sendo o trecho 2 do projeto, permitindo a absorção de gás argentino para abastecimento pelo sul do Brasil e integração ao Gasoduto Brasil-Bolívia (GASBOL). Saindo da cidade de

Penápolis / SP, está o projeto do gasoduto Chimarrão A, que termina na cidade de Canoas / RS, passando por 9 pontos de entrega de gás natural nas cidades de Londrina / PR, Maringá / PR, Pato Branco / PR, Chapecó / SC, Erechim / SC, Passo Fundo / RS, Garibaldi / RS e Canoas / RS.

Também existindo o projeto do outro gasoduto de transporte para região sul do Brasil, chamado de gasoduto Chimarrão B, começando na cidade de Bilac / SP e terminando na cidade de Santa Maria / RS, passando pelas cidades de Indiana / SP, Rolândia / PR, Apucarana / PR, Guarapuava / PR, Videira / SC, Joaçaba / SC, Passo Fundo / RS, Cruz Alto / RS, conforme Mapa 4.

Mapa 4 – Gasoduto de transporte desde o estado de São Paulo até o estado do Rio Grande do Sul



Fonte: Adaptado de EPE (2019).

A integração com a Argentina é uma possibilidade da ampliação da malha sul (FGV, 2019a).

2.3 Códigos de Rede de Distribuição de gás natural

Os objetivos do novo mercado de gás natural são promover a competitividade do mercado, baixar os preços do gás e aumentar o consumo (BNDES, 2020).

Com base nos modelos de separação de atividades de transporte (“*Unbundling*”) adotados na Europa (BRASIL, 2020a). A ANP promoveu um estudo para regulamentar o modelo de código de rede mais adequado à realidade do desejado mercado brasileiro de gás natural, permitindo um sistema integrado de transporte não discriminatório para a rede de dutos de transporte existente e os novos dutos. Os códigos de rede seguem orientação internacional referente à tributação e forma fiscal do negócio de gás natural. Os três modelos de código de rede são:

- Total propriedade desagregada (OU);
- Operador de sistema independente (ISO);
- Operador de transmissão independente (ITO).

Em suma, o modelo “OU” constitui uma empresa totalmente separada e independente verticalmente integrada; o modelo “ITO” mantém ativos com a empresa verticalmente integrados e isso deve garantir a independência da transportadora, semelhante a uma organização autônoma, como a Petrobras praticava até os últimos anos; o modelo “ISO” aparece como alternativa no projeto de lei submetido à aprovação da presidência da república. No modelo “ISO”, a empresa integrada, que reluta em vender seus ativos de transporte, repassa a operação para operadoras totalmente distintas, de forma a evitar conflitos de interesses em relação à operação da rede de transporte. O Quadro 1 apresenta uma explicação do modelo “ISO” segundo a ANP.

Quadro 1 – Características dos modelos de independência do transportador de gás natural

Características	Vantagens Teóricas	Desvantagens Teóricas
<p>Os ativos de transporte podem permanecer integrados verticalmente na empresa, mas em uma entidade organizacional juridicamente distinta, ou com um proprietário independente do operador do sistema.</p> <p>O sistema de transporte é gerido e controlado por uma empresa independente, a “ISO”.</p> <p>Além dos custos de certificação da independência deste agente, são necessários custos de supervisão regulatória mais elevados (aprovação de contratos entre o proprietário dos ativos e o “ISO”, acompanhamento das comunicações e relações entre os dois, resolução de conflitos, etc.).</p>	<p>Menor custo de desagregação.</p> <p>Pode facilitar a participação de agentes privados na indústria de gás natural nos casos em que a empresa verticalmente integrada é controlada pelo Estado.</p> <p>Aborda a questão do acesso não discriminatório ao transporte (mas não a questão da adequação do investimento para permitir esse acesso).</p>	<p>Problema de interface e incentivo. O “ISO” possui poucos ativos, o que reduz sua capacidade financeira para suportar penalidades.</p> <p>Dificuldade em definir responsabilidades e funções em caso de emergências.</p> <p>O processo de tomada de decisão sobre como manter a rede e fazer novos investimentos torna-se mais complexo.</p> <p>Pode haver um foco excessivo no curto prazo em detrimento do desenvolvimento de longo prazo da infraestrutura.</p> <p>Maior esforço de supervisão regulatória para garantir a independência do "ISO" em comparação com a alternativa "OU".</p> <p>Pouca experiência relativa na operação de grandes sistemas de transporte.</p>

Fonte: Adaptado do Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2020a) e Serra (2018).

2.4 Atendimento aos objetivos de desenvolvimento sustentável

Diversas conferências da Organização das Nações Unidas (ONU) dedicadas ao combate ao aquecimento global e seus efeitos estabeleceram metas e objetivos, em seus relatórios anuais apresentando cenários desafiadores em termos econômicos e tecnológicos.

Durante a 21ª Conferência das Partes (COP 21) na Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, em Paris (ONU, 2015). O cenário de desenvolvimento sustentável da Agenda 2030 mostra as metas a serem atingidas para a limitação do incremento no aquecimento global até o final deste século, de, no máximo, 2° C (BNDES, 2021).

2.4.1 A Agenda 2030 e Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Foram concluídas em agosto de 2015 as negociações pelas Nações Unidas, que culminaram no documento “Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”, assim como na adoção dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), participante do novo plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade (ONU, 2015).

Na Cúpula das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável, reuniram-se os representantes de 193 países membros da ONU. Além de outros atores sociais e personalidades globais empenhadas no desenvolvimento sustentável e impactos no meio ambiente (SILVA, 2021).

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável aparecem de forma central na Agenda 2030, sucedendo e atualizando Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM BRASIL, 2011). Os conjuntos coordenados das ações e das políticas universais, vêm, de longo alcance, transformar a missão de orientação das políticas nacionais e das tarefas cooperativas internacionais até o ano de 2030 (ONUBR, 2015).

A evolução dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio analisou os maiores problemas mundiais, decidindo enumerar as ações tais como acabar com a fome e a miséria, oferecer educação básica de qualidade para todos, promover a igualdade entre os sexos e a autonomia das mulheres, reduzir a mortalidade infantil, melhorar a saúde das gestantes, combate à AIDS, à malária e outras doenças, garantir a qualidade de vida e respeito ao meio ambiente. Com o estabelecimento de parcerias para desenvolvimento (ONUBR, 2015).

A associação entre governos, as organizações da sociedade civil e de empresas passam a ter prioridades no combate às condutas danosas ao meio ambiente, passando a destinar atenção maior aos recursos e aos modelos para a mitigação dos impactos negativos no meio ambiente. Os ODS estão reunidos em 17 princípios, apresentando suas respectivas metas (SILVA, 2021):

1. Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares;
2. Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável;
3. Garantir saúde e promoção do bem-estar para todas e todos, para todas as idades;
4. Garantir a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todas e todos, com resultados relevantes e eficazes;
5. Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas;
6. Garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos;
7. Garantir acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável para todos;
8. Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo, e trabalho decente para todos;
9. Construir infraestrutura resiliente, promover a industrialização inclusiva e sustentável, e fomentar a inovação;
10. Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles;
11. Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis;
12. Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis;
13. Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos (reconhecendo que a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima [UNFCCC] é o fórum internacional intergovernamental primário para negociar a resposta global à mudança do clima);
14. Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável;
15. Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade;
16. Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis;
17. Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.

A Figura 3 apresenta de forma ilustrativa os ODS, na tentativa de familiaridade a cada tema do desenvolvimento sustentável.

Figura 3 – Metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável



Fonte: ONU (2015).

O entendimento que os ODS ressaltam nas metas não estão separadas e há a associação e complementariedade entre as ações. Associado a cada objetivo, existem 169 metas atreladas e desdobradas, com um alcance estratégico amplo e desafiador (IBGE, 2020; SILVA, 2021).

Ademais, de forma similar, a literatura já apresenta dimensões no âmbito de sustentabilidade e desenvolvimento social, com atuação de políticas voltadas ao meio ambiente (FROEHLICH, 2014). Sendo a Agenda 2030, a representação das cinco áreas de importância fundamental aos ODS, são elas as pessoas, o planeta, a prosperidade, a paz e as parcerias, conforme a Figura 4. Estando pautados nos eixos de economia, das necessidades sociais e do pilar ambiental. As dimensões da sustentabilidade da Agenda 2030 (ONU, 2015).

Figura 4 – Dimensões de sustentabilidade para a Agenda 2030



Fonte: ONU (2015).

A complementaridade dos aspectos globais dos ODS podem ser entendidos com transversalidade e interdependência com um exemplo referente ao uso de gás natural na transição para uma mudança da matriz energética e como um combustível chave para uma economia de baixo carbono (ODS 7 e 13), permitindo a geração elétrica mais próxima possível dos centros demandantes (ODS 3 e 11). Vantagens, com comprometimento menor de volume de água em seus processos se comparado à hidroelétrica, da quantidade de solo alagado para reservatórios e da insegurança de chuvas (ODS 7). Com possibilidade de menor demanda de água para seus processos, as termelétricas encontram possibilidades de tecnologias inovativas em seus processos e estabilidade para a produção industrial (ODS 9). Com a disseminação de novas tecnologias para termelétricas há necessidade da promoção de educação de qualidade (ODS 4), com abertura de vagas de trabalho mais dignas e qualificadas (ODS 8), somando-se à redução da pobreza e de desigualdades sociais (ODS 1 e 10). Articulando todas essas ações entre sociedade, empresas e meio ambiente, como preconizado na ODS 17.

Outrossim, a Organização das Nações Unidas estabeleceu 231 indicadores, os quais o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) traduziu e parametrizou como Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS Brasil (ONUBR, 2015).

A implementação da Agenda 2030 tem variabilidade com a importância para cada país dos ODS e seus atores econômicos participantes, que podem ter prioridades distintas de outros países e necessidades sociais de infraestrutura se comparados a países desenvolvidos (HUACCHO HUATUCO; BALL, 2019). Porém, apesar dos entendimentos e atendimentos às suas necessidades, as demais ações da Agenda 2030 não devem ser ignoradas pelos países membros.

A crítica realizada aos ODS é a sua face dispersiva, com metas heterogêneas e sem precisão, datas determinadas e parâmetros de estatísticos. Em que as metas inseridas apresentam desejos e carecem de internalizações num específico contexto com sentido e clareza, impactando de forma positiva na sociedade e no meio ambiente, necessitando que cada país crie um arcabouço de medidas buscando alcançar os 17 ODS (VEIGA, 2015).

2.4.2 Papel do gás natural na transição para energias renováveis

De forma efetivamente econômica quais meios a serem empregados para alcançar os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS), que em sua grande maioria estão

relacionadas às questões energéticas desde a energia limpa e acessível para todos (ODS 7) até as mudanças a serem realizadas para o combate das mudanças climáticas e os impactos (ODS 13). A ODS7 está estruturada em metas com compromisso ético, social, político e ambiental, com geração de energia hidráulica, gás natural e fontes não convencionais como eólica e a solar (RODRÍGUEZ VITAL *et al.*, 2021).

Na transição para uma economia de baixo carbono o gás natural possui papel de importância econômico-ambiental e seu uso foi massificado durante a COP 21, sendo considerado fonte energética fundamental para que países consigam honrar seus compromissos assumidos sem que seja colocada a questão de confiabilidade de energia. Seu uso de forma intermitente ou com instabilidade na geração, em conjunto com as energias renováveis e redução de fontes mais poluidoras. O gás natural poderá contribuir assim com a redução significativa das emissões de CO₂ e no atendimento à crescente demanda de energia (BNDES, 2021).

Nos cenários estudados pela IEA haverá aumento da demanda energética mundial com a evolução dos carros elétricos. As energias renováveis terão grande crescimento segundo projeções em substituição à parte do mercado de petróleo e do carvão, na matriz energética global. Já o gás natural manterá a participação crescente. O crescimento sustentável no uso de energia renovável e combustíveis limpos fazem parte de esforços internacionais (ETOKAKPAN *et al.*, 2020).

A promoção do crescimento econômico sustentável de forma inclusiva com trabalho e renda em diferentes setores da economia com o ODS 8. O Plano Plurianual do governo brasileiro 2016-2019, compunha programas, metas e iniciativas consolidadas com a Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável. Particularmente, para a área de petróleo e gás, como incentivador do desenvolvimento sustentável de ações voltadas para geração de empregos, à qualificação profissional, à pesquisa e inovação e desenvolvimento de conteúdo local. Para metas qualitativas tem-se o indicativo de aumento da participação de empresas de pequeno e médio porte, além de aplicação de recursos advindos da clausura de pesquisa e desenvolvimento, assinados nos contratos de concessão de exploração do setor (BRASIL, 2021a).

O plano decenal de expansão de energia da EPE, visa apresentar as perspectivas da expansão futura do setor de energia, estando alinhado com a implementação da política nacional sobre mudanças climáticas, referida no ODS 13 (BRASIL, 2021b). A utilização do gás natural é acompanhada de menores emissões de CO₂ na geração de energia e calor (AKSYUTIN *et al.*, 2020).

A utilização de gás natural para mobilidade urbana, seja carro como caminhões, contribui para reduzir o volume das emissões gasosas de poluentes, o que ajuda a mitigar as mudanças do clima, atendendo o ODS 13 (CNM, 2017).

2.5 Panorama do gás natural antes de 2020

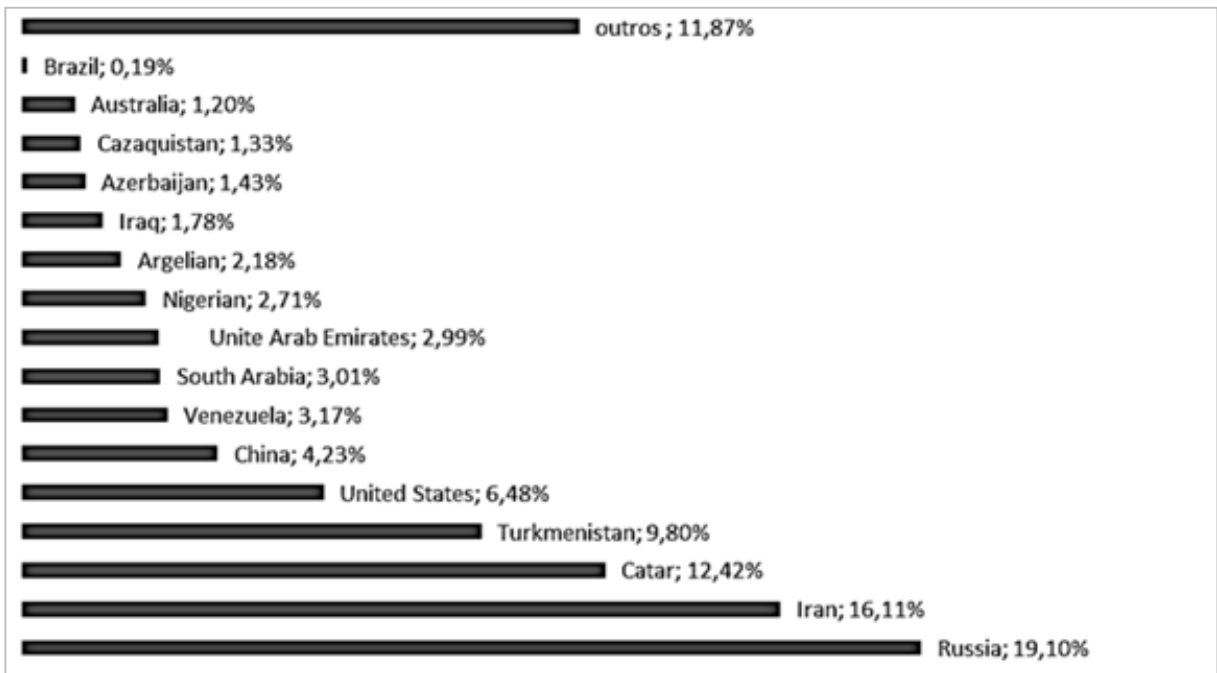
O setor de gás natural no Brasil foi desenvolvido e operado principalmente pela Petrobras. Com as mudanças no setor desde 1997, com a lei 9.478/1997, ocorreram mudanças nos setores de petróleo e gás natural, habilitando empresas a entrar na indústria de O&G.

A Lei nº 9.478/1997, ficou conhecida como Lei do Petróleo, seu texto discute os parâmetros da política energética brasileira, representando um marco para o fim do monopólio da Petrobras que atuava nas atividades de pesquisa, exploração, produção e refino de reservatórios de petróleo e gás natural, tanto na plataforma continental quanto nos campos de produção em terra (ANP, 2002).

Por meio dessa mesma lei, foi criado o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), com a missão de propor diretrizes para as políticas e atividades energéticas nacionais relacionadas à cadeia de exploração de petróleo e gás natural. Foi criada, também, a Agência Nacional do Petróleo (ANP), que passou a ser um órgão regulador com a função de fiscalizar e disciplinar as normas do setor e, em 2005, passou a se chamar Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. As três principais diretrizes da ANP são: regulação das atividades do setor (exceto para a distribuição que continuou a ser regulada no âmbito dos estados federados); a autorização e contratação de empresas para atividades de produção e exploração; e, por fim, a fiscalização efetiva da implementação das normas regulamentadas. Porém, mesmo com os avanços obtidos com esta lei, o setor de gás natural manteve-se vertical e com a ausência de um marco regulatório conciso e específico (CNI, 2020).

Desde o anúncio, em 2007, da descoberta do Pré-sal, a Petrobras realiza estudos para o desenvolvimento e operação técnica dos imensos reservatórios (PPSA, 2017). Do lado político do Brasil, a mobilização ocorreu na Câmara dos Deputados e no Senado para estabelecer um novo marco regulatório para a cadeia produtiva do gás natural do Pré-sal, conforme Lei nº 11.909 / 2009, “Lei do Gás”, como é conhecida, criando um quadro para as atividades na cadeia do gás natural, desde a exploração, escoamento, transporte, distribuição e comercialização localizada.

Figura 5 – Reservas comprovadas de gás natural, segundo regiões geográficas, países e blocos econômicos - 2010-2019



Fonte: Adaptado de EPE (2020c).

As principais reservas mundiais de gás natural são apresentadas na Figura 5, que atualmente favorece a distribuição de gás pelos graneleiros entre os diversos consumidores no mundo. Não devem ser planejados apenas gasodutos, mas também portos para gaseiros tais como o da Figura 6, que apresenta um modelo de navio gaseiro. Nota-se que seu calado e risco em operações demandam portos preparados para seu recebimento e sistemas de monitoramento.

Figura 6 – Navio gaseiro

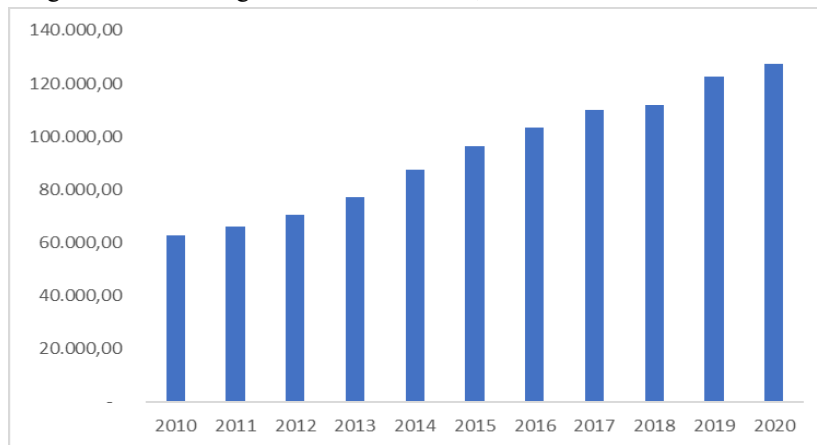


Fonte: Marine-Traffic (2021).

2.6 Panorama do gás natural a partir da nova regulamentação de 2021

A Figura 7 apresenta a evolução do consumo de gás natural nos últimos dez anos no Brasil. Observou-se que grande parte dessa demanda de gás natural se deve à necessidade de energia, principalmente como geração termelétrica. O Brasil possui uma grande geração hidrelétrica, mas com a diminuição do volume de chuvas na última década, teve a necessidade de aumentar a geração termelétrica a gás natural, que é menos poluente e mais barata que o diesel.

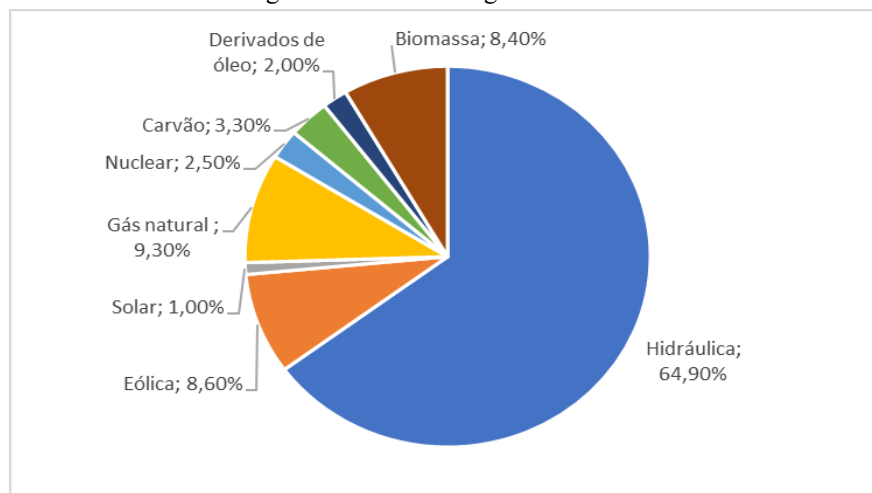
Figura 7 – Total de gás natural consumido, em milhões de metros cúbicos



Fonte: Adaptado de EPE (2020c).

O gás natural foi responsável por 9,3% da matriz energética nacional, demonstrada na Figura 8. Com a previsão de fortalecimento da malha de transporte de gás natural com a aprovação da lei, permitirá a expansão de fornecedores para novas termelétricas.

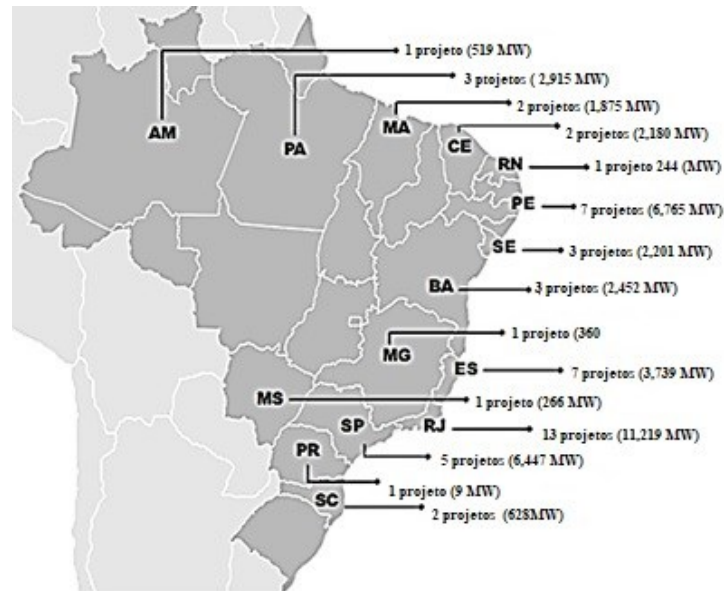
Figura 8 – Matriz energética do Brasil



Fonte: Adaptado EPE (2020a).

As propostas já estudadas e processos fortemente avançados de liberação ambiental para novos projetos de instalações termelétricas são apresentados na Figura 9.

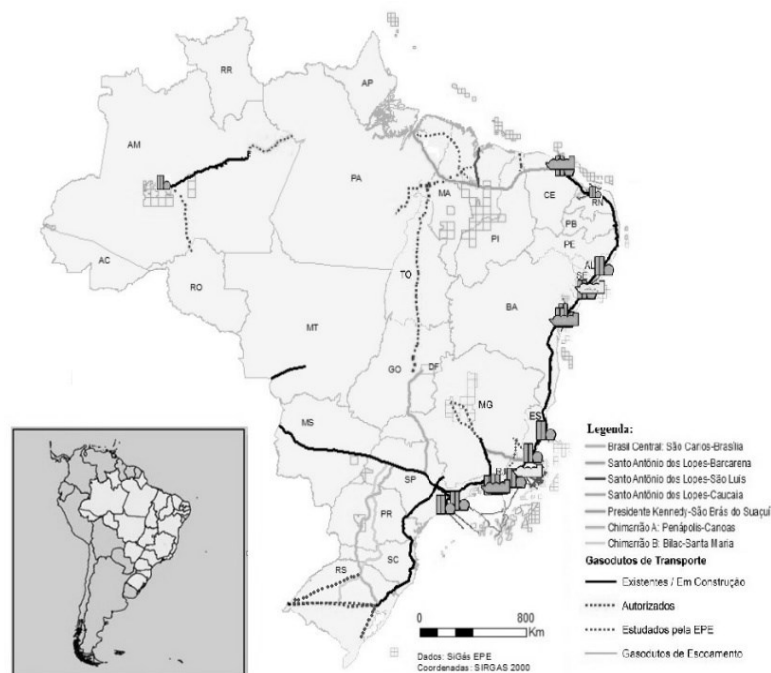
Figura 9 – Projeção de novos projetos termelétricos



Fonte: Adaptado EPE (2020a).

A Figura 10 mostra a proposta de expansão da rede de gás que traz os portos de gás, rede de transporte já existente e novas propostas de expansão do duto de transporte e das Unidades de Processamento de Gás Natural (UPGN).

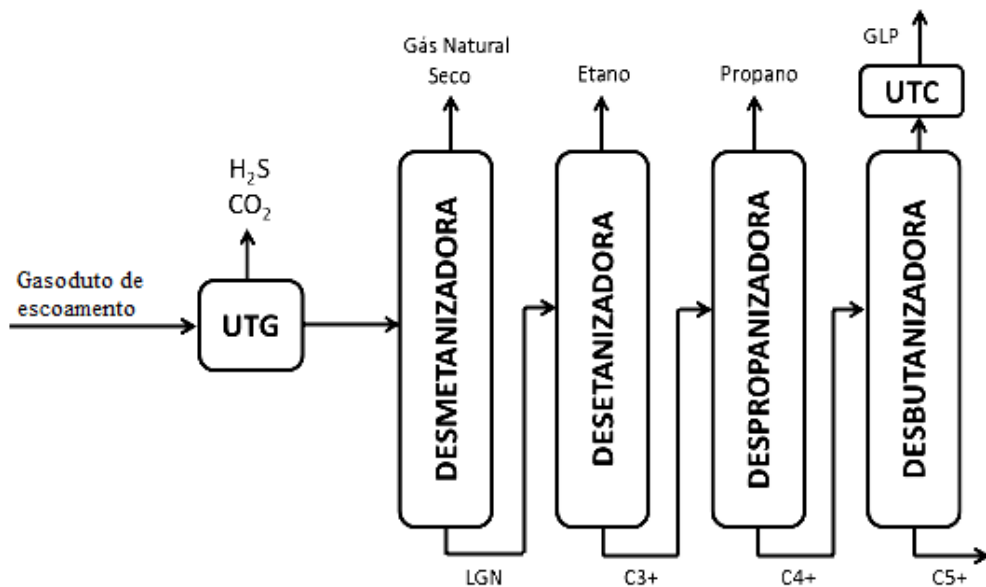
Figura 10 – Proposta de nova matriz de transporte de gás natural



Fonte: Adaptado de EPE (2020a).

No momento de chegada do gás natural na UPGN uma série de processos são realizados para purificação e condicionamento para comercialização. O gás natural rico é introduzido na unidade de tratamento de gás natural (UTG) com o tratamento primário e retirada de ácidos contaminantes presentes no gás natural. O gás ainda úmido (GNU) passa por processos de condensações para liberação do gás natural seco, rico em metano, além da retirada das frações de hidrocarbonetos como etano (C2), propano (C3), butano (C4), pentano (C5+) e tratamento cáustico do gás liquefeito de petróleo residual (GLP), como representado na Figura 11. Todos estes subprodutos são comercializados e utilizados em processos petroquímicos.

Figura 11 – Etapas internas de UPGN



Fonte: Pessoa (2016).

2.7 Tratamento, escoamento e transporte do gás natural

2.7.1 Tratamento e escoamento

As etapas na exploração de petróleo e gás natural compreendem: etapa de depuração, adoçamento, desidratação, compressão, tratamento químico e exportação para gasoduto de escoamento até a UPGN (ANP, 2021b).

Já existem duas rotas de gasoduto de escoamento em operação no litoral sudeste e um terceiro gasoduto de escoamento em construção conforme mostra a Figura 12. Os volumes de escoamento de cada um dos três gasodutos estão apresentados no Quadro 2. O gasoduto da

chamada “Rota 1” liga os campos Tupi, Búzios, Sapinhoá e Mexilhão, que produzem o gás natural do Pré-sal e escoam até a unidade de tratamento de gás natural Monteiro Lobato (UTGCA) em Caraguatatuba/SP. O trecho de gasoduto com diâmetro de 18” liga o campo de Sapinhoá ao campo de Tupi, possuindo 51 km de extensão e junto ao trecho de gasoduto de 18” de diâmetro com comprimento de 22 km do lado nordeste do campo de Tupi se interligam ao gasoduto de 216 km de extensão ligado até a plataforma de Mexilhão. O gás escoado até a plataforma de Mexilhão, por sua vez, é direcionado para o continente, chegando a (UTGCA), que trata o gás enviando-o por um gasoduto, de 34” de diâmetro, para o escoamento nos 146 km de extensão até a refinaria Henrique Lage (REVAP) na cidade de São José dos Campos/SP. A chamada “Rota 2” liga o FPSO Cidade de Mangaratiba, por um gasoduto de escoamento de 18” com 19 km de extensão, e a partir do FPSO Cidade de Mangaratiba o gasoduto de 20” passa a se ligar nos 382 km à unidade de processamento Cabiúnas na cidade de Macaé/RJ. O trecho em construção chamado de “Rota 3”, liga o FPSO Cidade de Mangaratiba até o Polo GasLub, anteriormente denominado COMPERJ, na cidade de Itaboraí/RJ com um gasoduto de diâmetro variável 18” - 24” nos seus 355 km de extensão (FIRJAN, 2017).

Figura 12 – Rotas de gasoduto de escoamento



Fonte: Adaptado de ANP (2002).

Quadro 2 – Volumes admissíveis nos gasodutos de escoamento

Rota	1	2	3
Capacidade de escoamento	10 M m ³ /dia	16 M m ³ /dia	18 M m ³ /dia

Fonte: Adaptado de ANP (2002).

A depuração tem a capacidade de recolher as gotículas mais leves de composto líquido que se encontram dispersos nos vapores de gases existentes no gás natural; estas gotículas têm a propriedade de composição de compostos que possuem diâmetro menor ou igual a 10 microns, imersas em corrente gasosa.

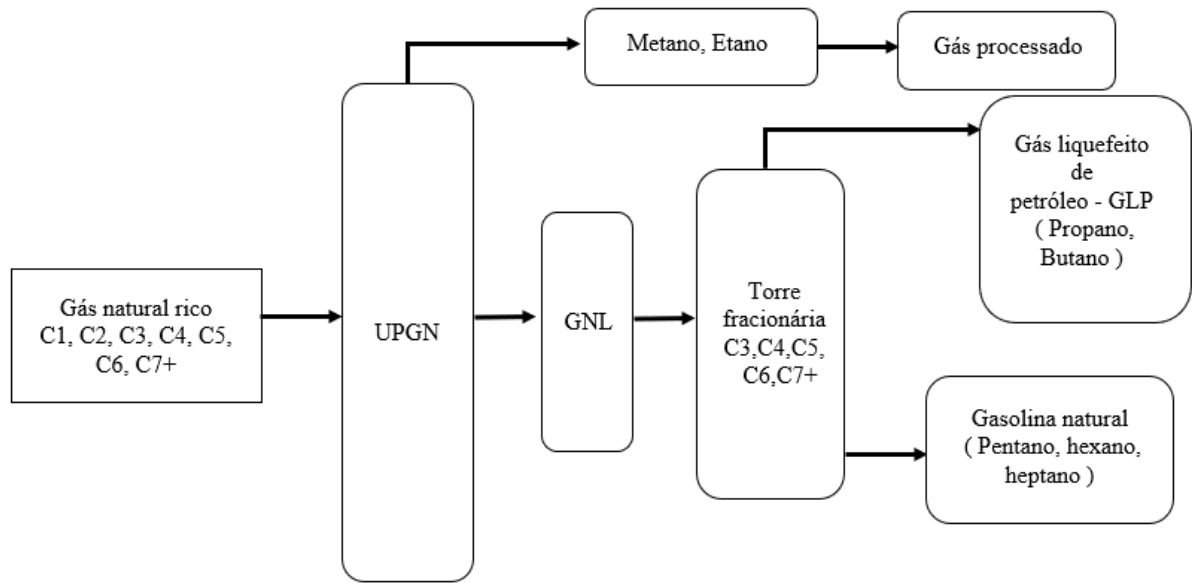
O adoçamento do gás natural consiste na remoção de dióxido de carbono e gás sulfídrico, pois o excesso de acidez gera corrosão nos equipamentos e tubulações, redução da vida útil dos gasodutos e problemas de qualidade na venda do gás natural. Além do fato da insegurança operacional pela toxicidade do gás sulfídrico, que em certas concentrações pode levar a morte humana em caso de vazamentos de tubulações. Normalmente este tratamento requer utilização de Adsorção química com monoetanolamina (MEA) e dietanolamina (DEA), que são recuperados nas instalações através de separação física do gás. O gás resultante é denominado gás natural doce.

A etapa de desidratação tende a retirar, ao máximo, partículas de água residual no gás doce, permitindo a compressão e envio por gasodutos de escoamento para as UPGN's, sem a formação de cristais de hidrato, que são formados pela presença de água no gás natural em alta pressão e baixas temperaturas, tais como existentes no leito marinho.

As etapas de tratamento do gás natural após o tratamento primário na unidade de produção de gás natural desassociado e de gás natural associado ao petróleo, são operacionalizadas nas Unidades de Processamento de Gás Natural (UPGN's). Nestas instalações ocorrem as separações das frações leves de metano (98 % v/v) e etano, que são direcionadas aos gasodutos de transportes para comercialização.

As frações de gases que possuem mais que 3 carbonos são encaminhadas às instalações de gás natural liquefeito (GNL) e torre de fracionamento para separações de propano e butano (transportáveis atualmente por caminhões) da gasolina natural, como pode ser observado no Quadro 3 esquemático abaixo.

Quadro 3 – Exemplo de Unidade de Processamento de Gás Natural

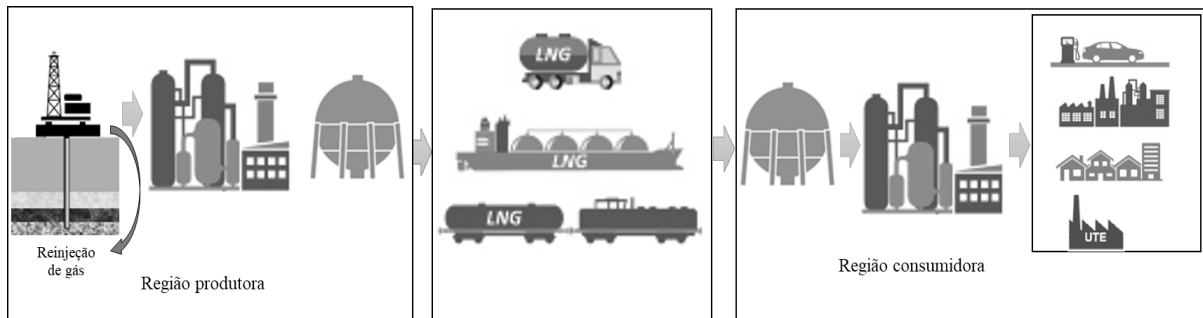


Fonte: Adaptado de Praça (2003).

2.7.2 Portos de recebimento do navio gaseiro

Uma visão geral da cadeia de valor do GNL é vista na Figura 13, esquematizando regiões produtoras, meio de transporte por navio gaseiro e regiões de consumo.

Figura 13 – Cadeia de valor do GNL



Fonte: Adaptação de Caldas (2014).

As etapas iniciais após o recebimento de gás natural obtido nos campos de produção podem ser compreendidas como liquefação e armazenamento do GNL em tanques criogênicos.

Nesta etapa, o gás natural passa por processos de compressões até que esteja no estado líquido e resfriado à $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$. A redução de volume ocorre em torno de 600 vezes, o que permite armazenamento por longos períodos e transporte por contentores criogênicos para regiões importadoras.

Seguindo a estrutura de transporte, após a liquefação, o GNL é bombeado para os navios gaseiros, para ser transportado até portos e terminais marítimos que possuam infraestrutura. Nestes locais ocorre a movimentação para gasodutos, que são direcionados para armazenagem em tanques criogênicos ou para regaseificação e envio para os consumidores através de gasodutos, caminhões com contentores criogênicos e tanques criogênicos em trens, de acordo com cada estrutura de atendimento ao mercado consumidor.

2.7.3 Terminais marítimos e portos para GNL

Como portos são instalações localizadas ao redor de oceanos, rios e lagos são construídos e equipados, para facilitar docagem de navios e barcos para transferência de cargas e pessoas (COELHO, 2019; GUBA; LINCOLN, 1981).

A capacidade de calado no canal ou no cais de atracação tem a propriedade de estabelecer quais tipos de embarcações conseguem ter abrigo de ventos, marés e ondas, além de sistemas de gestão para mitigar possíveis riscos associados a cada tipo de carga. Sistemas de gestão de risco e de operacionalização são cada vez mais demandados para segurança portuária, frente ao aumento de movimentação de cargas e aumento da diversificação de produtos movimentados por portos.

Os fluxos de cargas e de modais rodoviários, ferroviários e sistemas de transporte mecanizados interligados ao transporte aquaviário criam uma estrutura propícia para riscos potenciais de segurança, seja por danos materiais, seja por perdas humanas decorrentes de acidentes.

A estrutura envolvida na movimentação de GNL pode integrar as etapas de liquefação e regaseificação, a construção de braços de carregamento e sistemas de tubulação necessários para as instalações de armazenamento no porto ou em locais definidos para armazenamento nas proximidades do porto.

2.7.3.1 Transporte por navio gaseiro de GNL

O transporte de GNL ocorre a partir de contratos firmados de compra e venda; os compromissos e taxa de seguro estão também compreendidos nestes contratos. Geralmente os contratos são do formato FOB (*Free on Board*), em que a responsabilidade pelo transporte é por parte do comprador. Outro formato usual é a entrega no navio, *Delivered Ex-Ship* (DES), neste caso o vendedor passa a ser responsável pelo envio até o comprador (FGV, 2020b).

Figura 14 – Terminais de GNL no Brasil



Fonte: Adaptado de EPE (2020b).

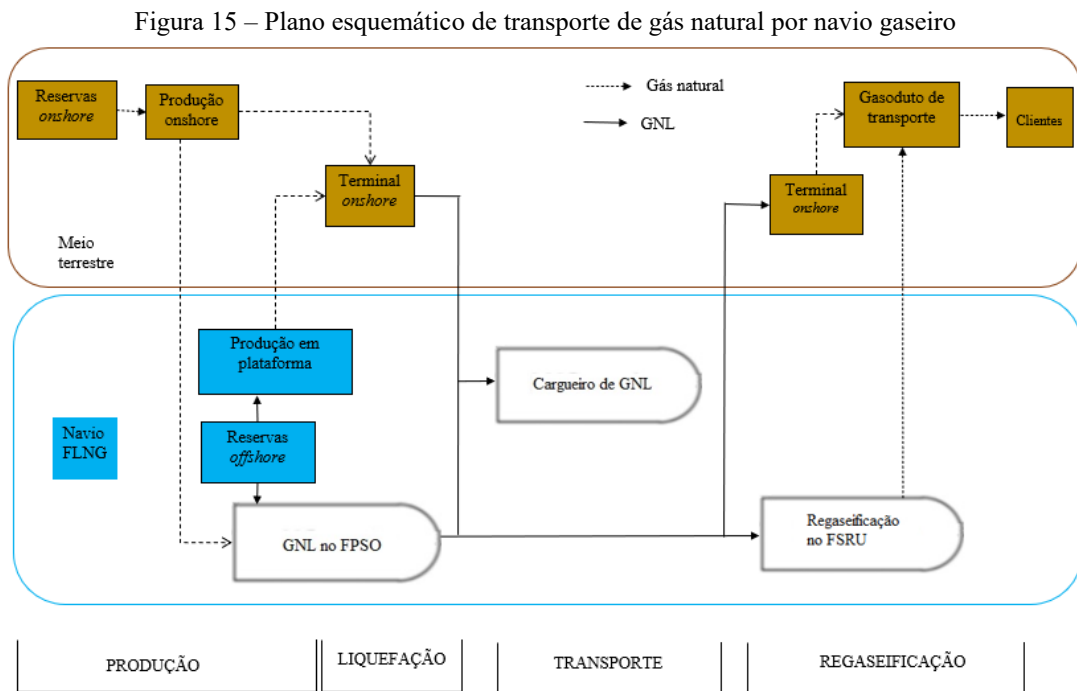
A Figura 14 apresenta os portos de GNL no Brasil. O porto do Açú teve a fase de testes realizada, aguardando liberação para recebimento de cargas completas de GNL.

2.7.3.2 Navios de liquefação de gás natural

A tecnologia criogênica tem sido aplicada em diversos setores industriais, tais como transporte de oxigênio, nitrogênio e gás carbônico nas indústrias químicas e alimentícia. O uso desta tecnologia em condições offshore é relativamente novo, desde 1990, para empresas do setor de petróleo e gás natural nos projetos de embarcações com adequações para recebimento, armazenamento e transporte de GNL. A criação então, do navio de liquefação de gás natural (FLNG) permitiu o comércio pelo modal aquaviário entre países longínquos

(FGV, 2018a). Um exemplo do avanço tecnológico é o navio PREDULE, considerado o maior FLNG com seus 488 metros de comprimento, operando no mercado asiático. Os avanços tecnológicos permitiram alavancagem da cadeia do GNL e a criação de unidades flutuantes de armazenagem e regaseificação (FSRU).

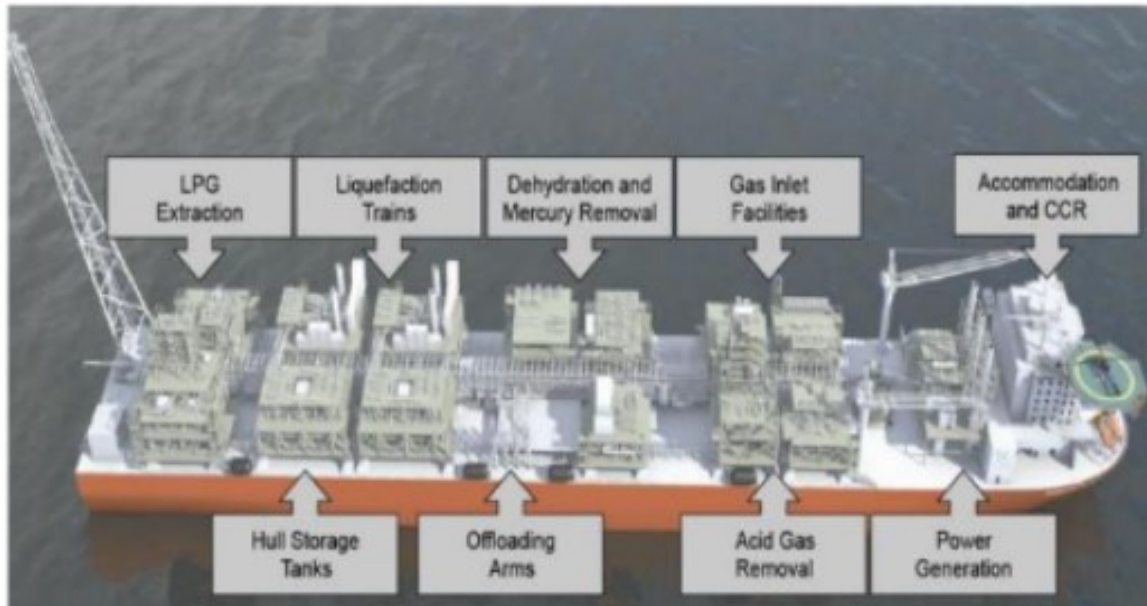
Um breve resumo é apresentado na Figura 15, entre a cadeia de GNL *onshore* e *offshore*, desde a etapa de produção, passando pela liquefação, armazenamento e transporte, para posterior regaseificação. As vantagens de liquefação e regaseificação offshore reside na redução em até 40% de espaço necessário para os processos e insumos para resfriamento. Entre as desvantagens são enumerados os movimentos de oscilação, inclinação e rotação da embarcação, acarretando maiores custos operacionais e de manutenção (IGU, 2018).



Fonte: Adaptado de IGU (2018) e Silva (2021).

A forma do projeto e construção do FLNG se assemelha a um outro navio FPSO, com o diferencial de substituição dos tanques de carga de petróleo por construções criogênicas. A Figura 16 apresenta as etapas de tratamento e liquefação a partir de diversos processos alinhados aos setores de desidratação e remoção de mercúrio do gás em processo, além da extração dos condensados ricos em propano e butano, que serão acomodados em compartimentos reservados no navio para posterior comercialização. A remoção de gases ácidos, gás carbônico majoritariamente, é retido a partir da percolagem em plantas de aminas regeneradoras. Estando o gás rico em metano propício para a liquefação e armazenamento. O FLNG possui habitabilidade com acomodações e geração de energia.

Figura 16 – Arranjo típico de um FNLG



Fonte: IGU (2018).

2.8 Restrições pela falta de gás

Limitações econômicas (energéticas, industriais) que sofrem as cidades do interior que poderiam estar tendo implantação de mais empresas instaladas e que perdem a oportunidades pela carência do transporte e distribuição de gás natural.

Acordos bilaterais entre o governo brasileiro e o governo boliviano, geraram o gasoduto GASBOL, na década de 1990, trazendo para o Brasil uma distribuição caminhante para o litoral e frente para grandes consumidores. Além da criação de três portos de importação de gás natural também no litoral Atlântico, como política de menor esforço visto que diversas empresas inseridas nos diversos estados ainda carecem de malha de distribuição de gasodutos de transporte.

Devido à demora pela ampliação de redes de transmissões de energia elétrica, construções de gasodutos de transportes em áreas remotas e dificuldades para criação de novas usinas hidroelétricas, as energias renováveis passaram a ter crescimento. Seja pelo grande amparo ambiental, seja pela oportunidade de instalações de unidades de energia solar que ainda apresentam custos de instalação elevados, há projetos de atendimento dentro de alguns setores industriais, como entre os consumidores residenciais. Além da geração do biogás oriundo de biomassa nas regiões agrícolas e fazendas de criações de animais (EPBR, 2022).

2.9 Problematização referente à reinjeção de gás natural

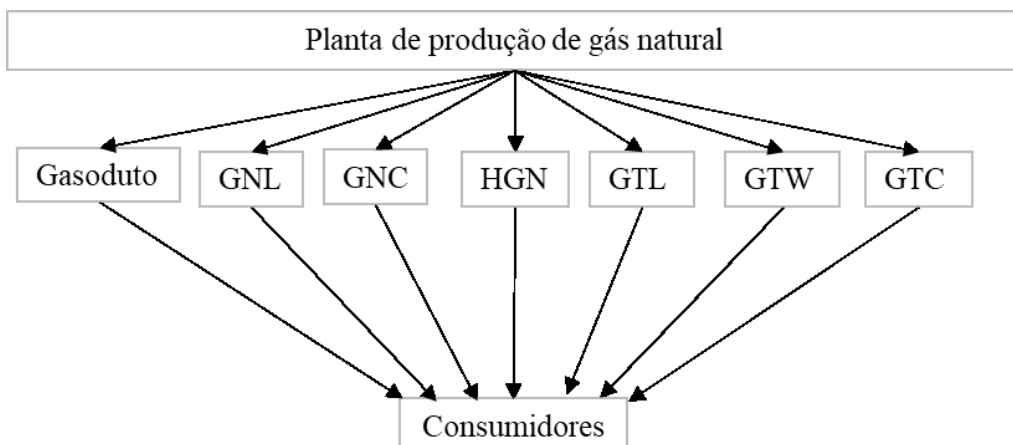
Devido à carência de gasoduto de escoamento visto que os volumes de produção de gás natural oriundo dos campos de exploração do Pré-sal, para metade de 2021 foram produzidos 139 milhões de metros cúbicos diários de gás natural. Foram disponibilizados para comercialização 56,1 milhões de metros cúbicos diários, ficando a queima de gás mensal em 3,5 milhões de metros cúbicos diários, um aumento de 12,4% se comparada ao ano anterior e uma redução de 12,1% se comparada ao mesmo mês em 2020, reinjetando 79,4 milhões de metros cúbicos diários (ANP, 2022). E importando da Bolívia para atender às necessidades em torno de 30 milhões de metros cúbicos diários.

Grande parte do gás natural produzido é reinjetado e tem se mostrado viável como opção para armazenamento nos reservatórios de produção, por falta de gasoduto de escoamento entre a plataforma de exploração e a terra nas UPGN's. A falta de gasodutos deixa desafios de caráter técnico, econômico e logístico devido à grande distância entre os gasodutos de terra e a áreas produtoras ou também chamadas áreas de concessões de exploração, que ficam acima de 230 km no oceano Atlântico e com lâmina d'água acima de 1.400 metros de profundidade (COSTA JÚNIOR, 2018).

2.10 Tecnologias para transporte de gás natural

Esquemáticamente estas alternativas tecnológicas estabelecem viabilidade de acordo com as necessidades do produtor de gás natural e do mercado consumidor dentre suas necessidades energéticas ou térmicas como apresentadas na Figura 17.

Figura 17 – Alternativas tecnológicas de transporte de gás natural



Fonte: Adaptação de Bendezú (2009).

Diversas formas de transformação podem ser aplicadas ao gás natural para que seja estabelecida energia de forma mais eficiente e em alguns casos com hibridização com fontes renováveis, permitindo a redução e evitando, em alguns casos, a queima do gás associado, oriundo da produção do petróleo em campos de produção, contribuindo para a segurança energética e redução das emissões de gases do efeito estufa. As possibilidades de tecnologias que convertam, transportem e armazenem o gás natural, com ou sem a aplicação de tecnologias de transformação podem incluir (BENDEZÚ, 2009; JOKAR *et al.*, 2021):

- Dutos (também chamados de gasodutos): na forma gasosa sob pressão;
- Gás natural comprimido veicular (GNV);
- Transporte com redução de volume: gás natural comprimido (GNC, com taxa compressão em volume de 200:1), gás natural liquefeito (GNL, com taxa de compressão em volume de 600:1 e transformação física criogênica) e hidrato de gás natural (HGN, sólido a 15°C e 1 atm.);
- Conversão em combustíveis líquidos, exemplo *Gas-to-Liquid* (GTL): transformação química em combustíveis C5 + líquidos (THOMAS; DAWE, 2003);
- Transporte do gás como commodities ou *Gas-to-Commodity* (GTC);
- Geração de gás liquefeito de petróleo (GLP): A partir da condensação é possível obter frações desde etano, propano e butano;
- Gás metano utilizado como matéria-prima na indústria petroquímica: Geração de polímeros tais como polietileno, polipropileno, etc;
- Gás natural utilizado na geração elétrica, ou gás para linha de transmissão, *Gas-to-wire* (GTW): Localizado o mais próximo do local de utilização, usando turbinas nos processos combinados de calor e energia (THOMAS; DAWE, 2003);
- Gás natural formando hidrato sólido (HGN): Permite a formação de sólido de gás natural, tecnicamente viável, mas de difícil comercialização;

Porém, poucos estudos foram feitos na comparação das viabilidades econômicas e técnicas entre si. Para o transporte do GNL existem diversos estudos e, atualmente, tem sido aplicada para longas distâncias, a técnica GNC que possui o potencial menos caro do que o GNL no atendimento para pequenos volumes e entre distâncias menores do que 1.000 km.

Outra técnica que está na vanguarda de monetização e redução de emissões é a recuperação de gases de combustão, *flare gas recovery*, (FGR) com uso do gás natural em

plantas de processamento, com um método de geração de eletricidade com os gases das turbinas e outro método de compressão e injeção nos dutos da refinaria.

A escolha de transporte que complementa a falta de construção de gasodutos em situações que tornam difíceis a construção de gasodutos e para transporte de pequenas quantidades de gás natural e nos casos de localidades geográficas afastadas da malha de gasoduto onde não há viabilidade econômica que justifique o alto investimento de instalação de gasoduto.

Algumas características básicas do GNC são compressibilidade aproximada de até 220 bar para ser acondicionado em cilindros e transportados em temperatura ambiente. O abastecimento dos cilindros é realizado em ponto coletor nas áreas de entrega dos gasodutos. Dentre os três possíveis pontos de tomada de abastecimento tem-se gasodutos, rede de distribuições estaduais e redes secundárias. A rede secundária (polipropileno) possui pressão muito baixa de operação, em torno de 4 bar e com custos unitários encarecedores, como a taxa da distribuidora estadual de gás. Sendo usual as conexões nas saídas do “*city gate*”, além da não cobrança pelos distribuidores. As instalações fixas e os “*skids*” compactos de compressão permitem carregar os cilindros transportadores de GNC; de acordo com cada característica técnica do equipamento de compressão é possível ter maior eficiência de carregamento com maior diferencial de pressão entre a entrada e a saída do compressor e proporcional consumo de energia para este fim.

Nos pontos de consumo, os cilindros são descarregados em plataformas, construídas para reduzir tempo de carga e descarga. O gás é encaminhado para estação de retomada de volume e o gás natural encaminhado para os consumidores domésticos e industriais. Os sistemas de descompressão diminuem a pressão do gás, além da realização de medição, odorização e controle de pressão para o consumo.

3 MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

3.1 Caracterização da pesquisa

Devido às características do trabalho proposto, avaliou-se diversas metodologias, na busca daquela mais aderente à pesquisa a ser realizada. Observou-se tratar de pesquisa qualitativa fortemente fundamentada em documentação. A pesquisa exploratória desenvolvida, inicialmente, ofereceu uma rota que possibilitou encontrar estudos, documentos, projetos e relatórios, que nortearam o trabalho.

Os estudos de pesquisa qualitativa têm como característica a compreensão num fenômeno no ambiente natural, a partir das situações locais que o cercam e da sua participação na fenomenologia do assunto, fazendo com que o observador possa explorar seus dados (KRIPKA; SCHELLER; BONOTTO, 2015).

A análise qualitativa tende a ser apresentada como técnica de forma complementar a outras técnicas, somando informações obtidas por meio de outras técnicas ou mostrando aspectos diversos sobre um dado assunto. A conceituação de pesquisa documental visa a caracterização de estudos realizados oriundos de documentos, podendo estes serem contemporâneos ou históricos, possuindo caráter científico (MOZZATO; GRZYBOVSKI, 2011).

A pesquisa documental tem a definição de analisar uma variedade imensa de documentos oficiais, sejam documentos de governo, dos relatórios, projetos, imagens e vídeos, na busca de informações existentes nas fontes de pesquisa documental. No intuito de que possibilitem uma pesquisa qualitativa do referido objeto de estudo. Podendo ser destacadas leis, relatórios, editais, projetos e outros documentos os quais permitam acesso aos dados suficientes para o estudo envolvido (MAY, 2004).

Além disso, a pesquisa documental corresponde a uma intensa e vasta investigação dos diversos materiais que não foram usados por nenhum trabalho de análise, ou que conseguem ser reexaminados, almejando outras interpretações ou conhecimentos (GUBA; LINCOLN, 1981).

A decisão de utilizar alguns dos tipos de documentos tende a definição amostral como representatividade de um dos tipos de documentos dos quais se pretende investigar, considerando que alguns documentos irão fazer referências a outros documentos, levando a uma intertextualidade de documentos. Levando-se em consideração essas conexões de análise no âmbito de construção da realidade da pesquisa. Alguns tipos de fontes de documentação estão na Tabela 1.

Registros estatísticos: a natureza dos dados depende dos objetivos da entidade que procede a coleta e organização. Neste caso a coleta de dados é muito mais simples que qualquer método direto, mas que requer clareza ao realizar a busca pela natureza dos dados, em fontes adequadas aos propósitos da pesquisa. Indica duas limitações: a primeira refere-se ao fato de que, frequentemente, a definição de categorias empregadas no material estatístico não coincide com a empregada na pesquisa social, e a segunda, que se deve prestar a devida atenção às metodologias utilizadas na coleta de dados, pois podem gerar documentos que não tenham credibilidade.

Registros institucionais escritos: são aqueles fornecidos por instituições governamentais, como projeto de lei, relatórios de órgãos governamentais, entre outros. Podem também ser de fontes não governamentais, tais como atas de sindicatos, relatórios de associações comerciais e industriais, deliberações em igrejas, entre outros.

Documentos pessoais: cartas, diários, memórias, autobiografias são alguns exemplos.

Comunicação em massa: jornais, revistas, fitas de cinema, programas de rádio e televisão.

Autoria: pode ser pessoal ou oficial (privada ou pública).

Acesso aos documentos: que pode ser fechado (não acessíveis a terceiros); restrito (acessíveis apenas por um grupo); arquivo aberto (todos têm acesso em apenas um arquivo) e público aberto (publicado e acessível a qualquer parte interessada).

Tabela 1 – Fração da classificação de documentos

Registros estatísticos: a natureza dos dados depende dos objetivos da entidade que procede a coleta e organização. Neste caso a coleta de dados é muito mais simples que qualquer método direto, mas que requer clareza ao realizar a busca pela natureza dos dados, em fontes adequadas aos propósitos da pesquisa. Indica duas limitações: a primeira refere-se ao fato de que, frequentemente, a definição de categorias empregadas no material estatístico não coincide com a empregada na pesquisa social, e a segunda, que se deve prestar a devida atenção às metodologias utilizadas na coleta de dados, pois podem gerar documentos que não tenham credibilidade.
Registros institucionais escritos: são aqueles fornecidos por instituições governamentais, como projeto de lei, relatórios de órgãos governamentais, entre outros. Podem também ser de fontes não governamentais, tais como atas de sindicatos, relatórios de associações comerciais e industriais, deliberações em igrejas, entre outros.
Documentos pessoais: cartas, diários, memórias, autobiografias são alguns exemplos.
Comunicação em massa: jornais, revistas, fitas de cinema, programas de rádio e televisão.
Autoria: pode ser pessoal ou oficial (privada ou pública).
Acesso aos documentos: que pode ser fechado (não acessíveis a terceiros); restrito (acessíveis apenas por um grupo); arquivo aberto (todos têm acesso em apenas um arquivo) e público aberto (publicado e acessível a qualquer parte interessada).

Fonte: Adaptação de Kripka, Scheller e Bonotto (2015).

O conceito de pesquisa documental torna-se importante para o entendimento, principalmente das áreas de ciências sociais e humanas. Tendo como atributos o tratamento de fontes, ainda que, iniciais ou dados crus, que às vezes não passaram por nenhum processo analítico (CELLARD, 2012).

Uma sintética definição de documento é de qualquer suporte que possa conter informação de forma registrada e unitária, acessível para consulta e estudo, incluindo neste universo materiais impressos, manuscritos, material audiovisual e imagens (APPOLINÁRIO, 2011).

Analiticamente, a pesquisa documental possui o objeto de estudo como fonte, e a investigação dos documentos é meio de questionar e extrair informações desta fonte. Até o século XIX, conceitualmente, os documentos eram restritos aos escritos e documentos oficiais, porém a partir da evolução da história e da disciplina de pesquisa, o conceito de documento superou a ideia de textos escritos e/ou impressos, indo até a abordagens de outras origens de dados tais como filmes, vídeos, fotografias, entre outros, configurando então numa vasta fonte para todo pesquisador (EVANGELISTA, 2012).

Em face à abundante variedade de documentos, faz-se necessária diversas formas de agrupar e, reconhecimento dos documentos. Possibilitando auferir propósito, ideias ou hipóteses da seleção guiada e não de forma aleatória (LÜDKE; ANDRÉ, 1986).

3.2 Métodos de análise

A análise documental é concebida a partir de uma sequência de operações, visando estudar e analisar os documentos no propósito de identificar, descobrir relações e aderência com o objeto de estudo (LÜDKE; ANDRÉ, 1986).

Numa análise preliminar em fase inicial, a garimpagem e exame inicial dos documentos permitem definir quais documentos possuem melhores características visando analisar o problema projetado. A criação de hipóteses e a tipificação do campo de foco do estudo será fixado. Dentre os métodos de análise documental podem ser expostos dois ou mais pertinentes (KRIPKA; SCHELLER; BONOTTO, 2015).

A partir dos métodos de análise, há destaque para a Análise Textual Discursiva (MORAES; GALIAZZI, 2006) e a Análise de Conteúdo (BARDIN, 2004) como usuais dentre as técnicas de pesquisa documental.

3.2.1 Método de Análise Textual Discursiva

O método da análise textual discursiva descreve o processo iniciado com a unitarização, em que textos são separados em unidades significativas, podendo gerar outros conjuntos de unidades da interlocução teórica e interpretações do analisador. Passando para a próxima etapa de articulação das semelhanças e categorização. Criando a produção de significados por meio de processos recursivos. Havendo, então, o deslocamento do empírico para a abstração teórica, resultante do movimento intenso de interpretação e produção de argumentos por parte do pesquisador (MORAES; GALIAZZI, 2006).

O processo de desconstrução de análise propriamente dita e a reconstrução como movimento de síntese são os processos auto organizados para a produção das novas interpretações aos fenômenos examinados pela técnica de análise textual discursiva. A categorização como parte deste processo analítico, busca reunir aqueles elementos que possuam algo em comum e possibilitem a criação, ordenação e síntese (KRIPKA; SCHELLER; BONOTTO, 2015).

3.2.2 Método de Análise de Conteúdo

Em 1927, Harold Laswell iniciou trabalhos com o método de análise de conteúdo, analisando a propaganda na Primeira Guerra Mundial. Entre 1940 e 1950, a análise de conteúdo lançou interesse, levando a seu amplo desenvolvimento (RICHARDSON, 1999).

Com o lançamento do *L'analyse de contenu*, Bardin em 1977, delimitou detalhes ao método utilizado de forma orientativa para a técnica (MOZZATO; GRZYBOVSKI, 2011).

A análise de conteúdo busca a reunião de um conjunto de técnicas analíticas que, por procedimentos sistemáticos e objetivos descritos dos conteúdos dos documentos, permitam a inferência de informações relativas às condições de produção dos referidos documentos. De forma sequencial de identificação, numeração e categorização, criando arcabouço de documentos para as três fases desta técnica: 1) pré-análise (organização do material), 2) exploração do material e 3) tratamento dos resultados, inferência e interpretação (BARDIN, 2004).

1. Pré análise

Como primeira etapa, a pré-análise dos dados e materiais reunidos, iniciando-se com a seleção dos documentos e matérias a serem analisados. Devendo estes serem classificados de acordo com critérios claros e definidos (BARDIN, 2004).

2. Formulação de hipóteses

A seguir, deverão ser elaboradas hipóteses que serão confirmadas ou refutadas, de acordo com as análises dos documentos.

3. Análise documental

Nesta etapa os materiais e documentos coletados devem ser separados, preparados e ordenados para a análise. De forma a permitir interpretações e análises comparativas, avaliação de resultados e as conclusões.

Sendo reunidas na Tabela 2 a visão das três etapas sequenciais para elaboração da prática da pesquisa dos documentos a serem analisados. Numa orientação científica do método.

Tabela 2 – Etapas básicas da análise documental por meio da análise de conteúdo

Pré-análise	- Organização do material: escolha e seleção dos documentos (corpus de análise), formulação de hipóteses e/ou objetivos e elaboração de indicadores que fundamentem a interpretação final.
Exploração do material	- Estudo aprofundado, orientado pelas hipóteses e referenciais teóricos. - Elaboração de indicadores que orientarão a interpretação dos resultados: escolha das unidades de contagem (codificação), seleção das regras de contagem (classificação) e a escolha de categorias (categorização).
Tratamento dos resultados	- Interpretação referencial - Reflexão e intuição, com base nos documentos, estabelecendo relações. Manifestação o conteúdo latente que os documentos possuem.

Fonte: Adaptado de Kripka, Scheller e Bonotto (2015).

Ao utilizar o método de análise de conteúdos, possibilita-se a aplicação de diferentes estratégias de análise no desenvolvimento metodológico. A busca por critérios de validade e confiabilidade abarca um roteiro de superação das limitações, inerentes ou não, à própria técnica.

3.3 Conceituação de pesquisa documental

A pesquisa documental permite a classificação e disposição temporal aos fenômenos observados, relacionados às fontes primárias e secundárias analisadas, trazendo consigo informação que deve ser verificada, ordenada, analisada e oportunamente dar resultados (SIMÕES; SILVA, 2016).

A análise documental permite que o pesquisador expresse os resultados obtidos. Uma breve apresentação destas etapas de classificação e ordenamento é observada no Quadro 4 (LAKATOS; MARCONI, 2003).

Quadro 4 – Origem documental

	ESCRITOS		OUTROS	
	PRIMÁRIOS	SECUNDÁRIOS	PRIMÁRIOS	SECUNDÁRIOS
CONTEMPORÂNEOS	Compilados na ocasião pelo autor	Transcritos de fontes primárias contemporâneas	Feitos pelo autor	Feitos por outros
	Exemplos Documentos de arquivos públicos Publicações parlamentares e administrativas Estatísticas (censos) Documentos de arquivos privados Cartas Contratos	Exemplos Relatórios de pesquisa baseados em trabalho de campo de auxiliares Estudo histórico recorrendo aos documentos originais Pesquisa estatística baseada em dados do recenseamento Pesquisa usando a correspondência de outras pessoas	Exemplos Fotografias Gravações em fita magnética Filmes Gráficos Mapas Outras ilustrações	Exemplos Material cartográfico Filmes comerciais Rádio Cinema Televisão
RETROSPECTIVOS	Compilados após o acontecimento pelo autor	Transcritos de fontes primárias retrospectivas	Analisados pelo autor	Feitos por outros
	Exemplos Diários Autobiografias Relatos de visitas a instituições Relatos de viagens	Exemplos Pesquisa recorrendo a diários ou autobiografias	Exemplos Objetos Gravuras Pinturas Desenhos Fotografias Canções Folclóricas Vestuário Folclore	Exemplos Filmes comerciais Rádio Cinema Televisão

Fonte: Lakatos e Marconi (2003).

Na análise documental, a importância de identificação do autor, da avaliação, da credibilidade do material ou documento, da autenticidade e da veracidade, são elementos chave neste método. Segundo Cellard (2012), o pesquisador desconstrói seu objeto de estudo, e, posteriormente o reconstrói com vistas a responder ao seu questionamento.

3.4 Limitações do método

As técnicas analíticas possuem limitações inerentes à obtenção de dados, tratamento e observação dos resultados obtidos. Podendo haver, por vezes, falta de aprofundamento e neutralidade do observador. Visto que as formas simbólicas passam a ser pré-interpretadas pelo sujeito, não sendo a interferência do pesquisador totalmente neutra. Mas este deve procurar interferir minimamente de maneira pessoal (MOZZATO; GRZYBOVSKI, 2011).

Quanto aos documentos, este conceito ultrapassa a ideia de textos escritos e/ou impressos e estes se constituem em uma fonte preciosa para todo pesquisador, podendo ser classificados como documentos públicos, documentos privados, documentos pessoais, primários e secundários, escritos e dentre outros. Possibilitando outras formas de classificação, de acordo com o interesse do pesquisador e o objetivo da pesquisa (ALVES *et al.*, 2021).

Uma das constatações que podem surgir da pesquisa documental é a construção da realidade obtida não somente do que os documentos contêm, mas também das coisas e informações que os mesmos deixaram de fora (MAY, 2004).

Fatores limitantes envolvendo os documentos, a objetividade e a validade, estão como os mais impactantes. Devido aos documentos, por vezes, possuírem amostras não representativas dos fenômenos em estudo, podendo trazer informações que não foram elaboradas para o propósito de traduzir resultados, ou para investigação posposta, ou insuficiência de documentos que permitam criar inferências. Quanto à validade e objetividade pode ser questionada a produção humana envolvida e a fidedignidade dos dados. Além disto, a pesquisa representa a reunião de escolha arbitrária, com aspectos e temas inferidos (GUBA; LINCOLN, 1981).

3.5 Métodos da aplicação da metodologia para esta pesquisa

A pesquisa exploratória pode ser entendida como a forma de buscar a viabilidade e relevância de um tema, descrevendo o caminho de investigação; esclarecer os rumos do estudo e comunicar os propósitos à comunidade científica. Devendo ser tratado um problema original, com o interesse adequado e capacidades da realização do estudo como resumidamente Rúdio (RÚDIO, 1985) salientava. Gil (2017) complementa que a pesquisa exploratória objetiva a observação e compreensão dos mais variados aspectos relativos ao fenômeno em estudo.

Para Cervo, Bervian e Silva (2007), a pesquisa exploratória tem a função de gerar conhecimento para aplicação prática e dirigida à solução de problemas específicos; neste caso, buscar entender os condicionantes da ampliação de fornecimento de gás natural e interiorização no Brasil.

A construção de um alinhamento entre as ideias desejadas para pesquisa e adequação ao método de pesquisa documental foi norteadada pela esquematização apresentada na Figura 18.

Figura 18 – Etapas sequenciais da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Motta (2015) e Silva (2021).

A reunião de informações sobre mercado de transporte de gás natural e distribuição dentro do território brasileiro permitiu questionar se a quantidade de gás natural obtido nacionalmente seria suficiente para atendimento ao mercado nacional e à forma atual de distribuição.

Os relatórios sobre o tema selecionados da ANP e do Ministério de Minas e Energia, com a aplicação da pesquisa exploratória de produção, dos volumes de gás natural importado e exportado nos últimos dez anos. Em paralelo, pesquisou-se os destinos dos volumes transportados.

A partir da pesquisa documental permitiu-se levantar a hipótese de ampliação da malha de transporte de gás natural, com levantamento de possíveis cenários de consumo.

No momento em que o país passa por problemas de segurança energética, especialmente na matriz de geração elétrica e sendo este setor um dos maiores demandantes de gás natural.

Na análise dos documentos do Ministério de Minas e Energia no Plano Decenal 2029, dos boletins periódicos de produção de gás natural e petróleo da ANP, e informações públicas da exploração e produção de gás natural da PETROBRAS, identificou-se que volumes de gás, extraídos junto com o petróleo têm um reduzido aproveitamento, sendo o gás obtido reinjetado, das áreas de produção na Bacia de Santos/SP e Bacia de Campos/RJ.

A mudança da matriz de distribuição de gás natural usando pesquisa exploratória dos documentos de diversas fontes, principalmente governamentais, da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Agência Nacional de Energia Elétrica, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, empresas no setor de energia e gás natural associadas à Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Gás Canalizado (ABEGÁS), somando-se as pesquisas bibliográficas relacionadas, acompanhadas de relatórios de atualização emitidos pelas diversas entidades e instituições envolvidas com o assunto.

A pesquisa envolve a observação de dados e informações disponibilizados pelo Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética e Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, referentes ao mercado de gás natural no Brasil. Propostas de investimentos em áreas e dutos para escoamento de gás natural, estações de beneficiamento e portos para gasodutos.

Documentos governamentais apontam que a partir de 2007, com o anúncio do Pré-sal, iniciaram as discussões sobre maior utilização do gás natural na matriz de combustíveis e segurança energética. Já em 2010 surge o Plano Decenal (EPE, 2010) que propõe a expansão da rede de gasodutos de transporte do gás natural tratado. Em 2020 houve a revisão do Plano Decenal, indicando parte já em operação e outras que tiveram obras inacabadas e estudos sobre proposta de ampliação para as novas fronteiras.

A partir de evidências observadas, da pesquisa, firmou-se a convicção que o não uso do gás obtido compulsoriamente na exploração do petróleo e reinjetado se constitui em sensível perda de oportunidade e desperdício. As campanhas cada vez mais intensas pelo não uso de combustíveis fósseis como um dos principais causadores do efeito estufa, em favor do meio ambiente, prevêm uma redução drástica desses combustíveis. Dependendo da velocidade com que fontes limpas passam a ter maior participação na matriz energética o uso

dos combustíveis fósseis vai sendo menos importantes. Os veículos elétricos, a geração foto-voltaica, eólica, térmica de origem solar, entre outras, trazem vaticínios sobre a desativação das geradoras nucleares e daquelas que utilizam carvão, óleo e gás.

Por outro lado, as mudanças climáticas vêm mostrando uma redução expressiva no regime de chuvas, “combustível” fundamental para as hidrelétricas que vêm, cada vez mais, diminuindo a geração por esse processo. O complemento necessário de energia, provocado pelo déficit da geração das hidrelétricas, em função da urgência e da quantidade de energia necessária ao suprimento, vem sendo fornecido pelas termoelétricas.

Os combustíveis de acionamento das termoelétricas são os fósseis. E entre eles as vantagens do gás sobre os outros são inquestionáveis (GASMIG, 2021). É menos agressivo ao ambiente; o país poderia suprir por meio de suas reservas, substituindo as importações; o custo de reinjeção do gás e sua provável inutilidade, também, em um prazo mais longo. Nesta tese defende-se o uso premente do gás e elencam-se fatores que mostram vantagens irrefutáveis no uso do gás natural das bacias petrolíferas brasileiras para consumo, prioritariamente, nas termoelétricas, seguidado por maior uso nas indústrias e no doméstico.

Portanto, utilizou-se neste trabalho a pesquisa bibliográfica e documental.

Procedeu-se à análise profunda da situação proposta, daquela já realizada, a repercussão para estabelecer correlação entre o que foi proposto e as alterações e acontecimentos antes e após a oferta do gás natural pelos meios descritos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados dados encontrados, as informações obtidas, tabelas e quadros que mostram a evolução do projeto de implementação de transporte de gás natural, as formas de transporte e usos dos consumidores deste recurso energético.

4.1 Consideração referente aos projetos

Na elaboração do projeto adotou-se designações como tempo do projeto, estimativa de consumo e distribuição de gás natural para os consumidores.

4.1.1 Viabilidade e usabilidade do projeto do gasoduto

A malha de transporte de gás natural que atende a costa leste brasileira permitiu que a região litorânea do país e em especial a região sudeste que é a mais desenvolvida industrialmente ter viés de utilização do gás natural para usuários industriais, em comércio, domicílios e automobilísticos de veículos de passeio. Estudos apontam aplicações em outros setores tais como ônibus, caminhões e navios, além das condições em uso domiciliar e predial de energia elétrica distribuída por concessionária de energia em substituição de equipamentos residenciais capazes de geração elétrica a partir de gás natural, de forma autossuficiente, podendo disponibilizar o excedente na rede elétrica regional.

Outra oportunidade é a geração de etano por utilização de gás natural na fabricação de monômero de plásticos na indústria química. Além da possibilidade de conversão sintética de gás natural para metanol e amônia, observada nas refinarias que tratam o gás natural. Como vocação regional, as refinarias tendem a ter indústria petroquímica em seu entorno que absorve os derivados de petróleo para uso em reações de síntese e transformação de resíduos oriundos do tratamento dos gases de petróleo e das frações do processamento do gás natural, criando polímeros e olefinas.

O gás natural tem se mantido como importante fonte energética mundial que no ano de 2000 representava 22 % da matriz mundial de energia, para o ano de 2019 este percentual esteve em 24% da matriz mundial.

Diante do aumento da necessidade de estabilidade energética e redução anuais dos reservatórios de águas para hidroelétricas das regiões sul e sudeste, o governo brasileiro a partir da década de 1990 passou a estudar e ampliar a utilização de gás natural para a geração

de energia elétrica, já por algumas vantagens do uso de gás natural em termelétricas como menor tempo de construção em relação a usinas hidroelétricas com porte similar. Outra vantagem é a possibilidade de localização da usina termoelétrica nas proximidades das centrais de distribuições e dos grandes consumidores, além da substituição do óleo diesel e carvão que são combustíveis fósseis com maiores teores de substâncias poluidoras. As termelétricas podem operar na sua grande maioria com óleo diesel e gás natural, sendo este último menos poluente. Esta mudança do uso do gás natural participou do programa de implantação de termoelétricas a gás natural no Brasil na virada do século (SANTOS; PEYERL; NETO, 2020).

Os custos de construção de gasoduto no Brasil variam entre US\$ 50 a US\$ 150 por metropol (extensão em metros x diâmetro em polegadas), levando em consideração projetos delineados, liberação de terreno, dutos, válvulas, compressores de recalque, serviços de construção e montagem (CIANCIARULLO, 2020).

4.1.2 Estimativa de consumo e formação de mercado consumidor

Em análise comparativa entre capacidade energética e rendimento de veículos que utilizam gasolina, etanol e GNV, segundo parâmetros de um modelo que já sai de fábrica com sistema flex instalado para tal finalidade e segundo dados de consumo médio e preços da ANP o Quadro 5 traz e eficiência por quilometro rodado como fato de economicidade entre os combustíveis, obtidos nos relatórios da ANP e relatórios da EPE.

Quadro 5 – Comparativo energético entre combustíveis veiculares

Combustível veicular	Volume	Potencial energético (cal/kg) *	Preço médio com impostos (R\$)	Custo por mega joule (R\$/cal)	Rendimento na cidade (km)	Eficiência do motor (km/cal)	Custo por km rodado (R\$)
Gasolina A	1 litro	10,40	6,75	0,65	10	0,96	0,68
Gasolina C	1 litro	9,40	7,52	0,80	10	1,06	0,75
Etanol	1 litro	6,75	5,4	0,80	7	1,04	0,77
GNV	1 m ³	8,8	4,31	0,1	14	1,59	0,31

* À temperatura de 20 °C e 1 atm. para os derivados de petróleo e de gás natural.

Fonte: Elaboração a partir dos dados da ANP (2021a) e Bermann (2003).

Para uma melhor compreensão das variações que podem ocorrer, como incisão a taxas de frete e impostos entre os estados da federação, o Quadro 6 mostra os preços médios das

principais capitais onde a ANP coletou dados para tomada de preços, obtidos nos relatórios da ANP.

Quadro 6 – Custo em R\$ do metro cúbico do GNV

Capitais	Preço médio
Porto Alegre/RS	4,911
Fortaleza/CE	4,890
Natal / RN	4,820
Maceió/AL	4,693
João Pessoa/PB	4,645
Florianópolis/SC	4,632
Belo Horizonte/MG	4,587
Campo Grande/MS	4,499
Aracaju/SE	4,498
Vitória/ES	4,492
Curitiba/PR	4,299
Manaus/AM	4,190
Rio de Janeiro/RJ	4,175
Salvador/BA	3,970
Recife/PE	3,959
São Paulo/SP	3,737
Cuiabá/MT	3,189

Fonte: ANP (2021a).

Na busca de compreender a evolução da participação do consumo automobilístico foi buscada a taxa de consumo dentre os demais consumidores no Brasil como apresenta o Quadro 7. Assim, buscou-se observar que dentro do atual cenário de baixa capilaridade de distribuição em diversos estados devido à falta de gasoduto de transportes, e necessidade de criação de formas distintas para levar gás natural em forma de GNC ou GNL para regiões afastadas dos *City Gates*.

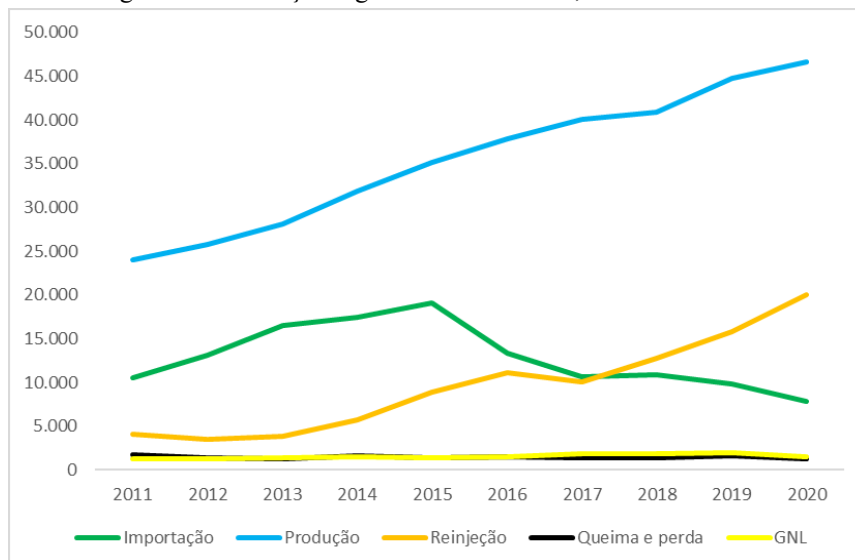
Quadro 7 – Projeção de demanda de gás natural

Projeção	2019	2024	2029
Residencial e comercial	2,1	2,7	3,5
Automobilístico	5,3	5,8	6,4
Industrial	41,4	49,9	58,6
Geração elétrica	34,0	32,5	35,4
Total	82,8	90,9	103,9

Fonte: EPE (2021).

O cenário de consumo projetado pela EPE 2050 (EPE, 2020c) reflete a necessidade de crescimento energético nas regiões do interior do Brasil, principalmente nas regiões Norte e Centro-Oeste devido à expansão da agropecuária nestas regiões, e a visível falta de alternativas de implantação de termelétricas ou outro agente gerador energético afastado da malha de gás que atualmente se concentra no litoral por toda costa leste brasileira. A Figura 19 mostra o balanço do gás natural e a quantidade de gás natural que tem sido reinjetada enquanto áreas afastadas demandam gás natural, obtidos nos relatórios da ANP e relatórios da EPE. Sendo estudadas formas de transporte de gás natural para regiões interioranas por implementação de gasodutos, distribuição por modal ferroviário e rodoviário, pulverizando as arquiteturas dos modais logísticos para fronteiras inexploradas de consumo de gás natural. Visto que para longas distâncias o gasoduto proporciona continuidade de fornecimento, menor impacto ambiental de operação (frente ao carvão e óleo combustível), é mais adequado à movimentação de grandes volumes para longas distâncias e redução de custos frente aos demais modais de transporte de gás natural. Em contrapartida, possui grande demanda de investimentos na implantação, o que pode inviabilizar sua realização para pequenas distâncias e aos pequenos volumes a serem transportados de gás natural (SANTOS; PEYERL; NETO, 2020).

Figura 19 – Balanço do gás natural no Brasil, em milhões de m³



Fonte: Elaborado pelo autor com dados da ANP (2022).

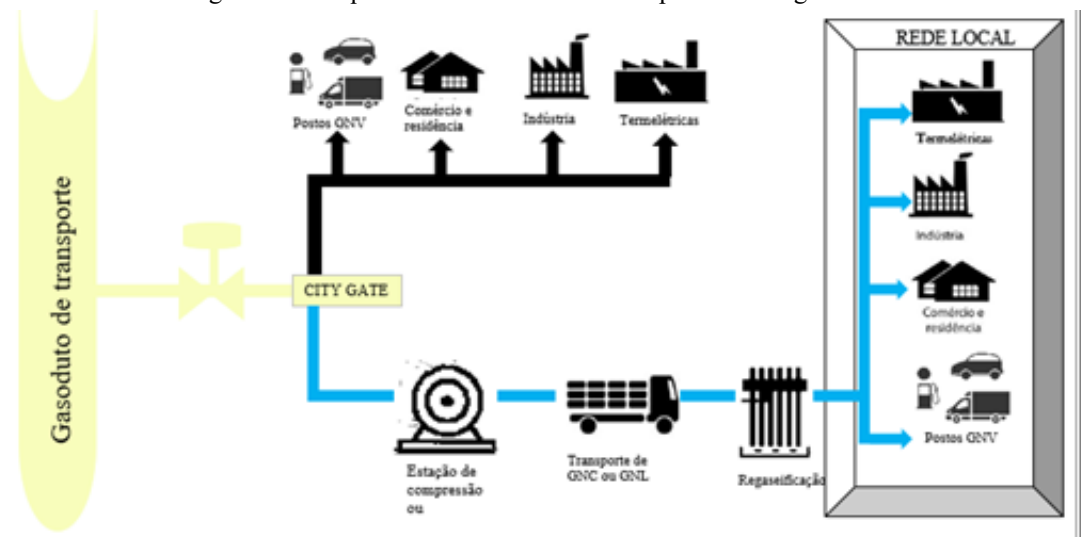
Uma outra utilização do gás natural é possível na indústria química para geração de eteno, sendo atraente e servindo de parâmetro de preços para negociação do gás com setores industriais, que sugerem preços superiores se comparada ao uso do gás como combustível,

tornando o gás natural para o produtor químico mais competitivo na produção de eteno em relação à nafta (BNDES, 2000).

4.1.3 Formato de distribuição local de gás natural

O Projeto de “Rede Local” vem estabelecer condições necessárias às empresas distribuidoras na expansão das suas redes de gás canalizado que estejam distantes do sistema principal de distribuição do gasoduto de transporte e do *city gate*. Em determinado ponto da rede de transporte, onde está o *city gate*, ocorre a retirada do gás natural; este é comprimido e transportado para o ponto de recebimento da empresa concessionária, onde o gás é descomprimido e distribuído na “Rede Local”, para atender aqueles consumidores isolados da rede principal. Os projetos para implantação são apresentados para as agências estaduais de regulação para análise criteriosa de demanda e efetividade de prestação do serviço de distribuição de gás natural transportado de forma comprimida ou liquefeita até o ponto de regaseificação e atendimento aos consumidores, como representado na Figura 20.

Figura 20 – Esquemático de rede local de suprimento de gás natural



Fonte: Adaptado de Sima (2021) e Bendezú (2009).

A escolha de um modal de transporte depende de uma variedade de características do serviço, dentre todas temos seis que são fundamentais na escolha: tarifa do frete, confiabilidade, tempo em trânsito, rastreabilidade, considerações de mercado e considerações relativas ao transportador

A tarifa do frete inclui impostos da mercadoria circulada e serviços (ICMS), além das taxas de coleta e entrega que variam de acordo com os pesos e dimensões do objeto a ser

transportado e reenvio em decorrência de extravio ou por não entrega na primeira tentativa.

A confiabilidade de entrega dentro do prazo estabelecido, na forma de embalagem correta e ausência de danos decorrentes pelo transporte.

A rastreabilidade permite o acompanhamento das etapas da movimentação do objeto de transporte, diversas tecnologias de comunicação aplicadas para ganho na convergência de tecnologias aliadas à evolução da internet; como próximo passo, apresenta-se a internet das coisas, *Internet of Things*, (IoT).

A melhor forma de reunir os formatos de transporte é apresentada como modais:

- a) Ferroviário é considerado um transportador de longo curso e baixa velocidade, o modelo mais comum é o de carga completa que diz respeito a um tamanho de carga predeterminado;
- b) Rodoviário é um transporte de menor porte em relação ao ferroviário, mas com maior velocidade e comodidade por se tratar de um serviço porta a porta;
- c) Aéreo, embora seu custo seja elevado. Seu grande atrativo é a velocidade na entrega principalmente em grandes distâncias, mas sua capacidade é restrita;
- d) Aquaviário utilizado normalmente em transportes internacionais com grande volume de carga, mas tem uma baixa velocidade;
- e) Dutoviário é um serviço extremamente limitado, por ter um custo alto de implementação e transportar somente produtos líquidos ou gasosos, a vantagem é que não tem paradas, sendo um serviço 24 horas por dia, 7 dias por semana.

De acordo com os modais citados acima, segue o Quadro 8 com as características de cada modal estando elencadas de 1 a 5; sendo que, quanto menor o número melhor é o aspecto de desempenho.

Quadro 8 – Relação classificatória crescente de desempenho entre os modais

Características operacionais	Aéreo	Aquaviário	Dutoviário	Ferrovário	Rodoviário
Velocidade	1	4	5	3	2
Disponibilidade	3	4	5	2	1
Confiabilidade	5	4	1	3	2
Capacidade	4	1	5	2	3
Frequência	3	5	1	4	2

Fonte: Adaptado de Velozo, Oliveira e Damasceno (2012), Zampirelli (2017) e Pessoa (2016).

4.1.3.1 Transporte de gás natural por modal rodoviário

Com o desenvolvimento de tecnologias relacionadas à entrega de gás natural comprimido para uso veicular e industrial, em regiões que não tenham gasoduto as operações de distribuição de gás natural para uso industrial, veicular, comercial e residencial tendem a maximizar atendimento de acordo com condições de acesso aos novos mercados não atendidos por gasodutos.

- a) Unidade de pressurização hidráulica (HPU): é utilizada nas operações de projetos veiculares para transferir o gás natural da carreta para o veículo, mantendo a pressão constante, a Figura 21 mostra a imagem do equipamento.

Figura 21 – Unidade de pressurização hidráulica



Fonte: Benzedú (2009).

- b) Unidade de controle de redução (RCU): utilizada em projetos industriais, tem como objetivo reduzir a pressão da carreta de 250 bar para em torno de 10 bar, pressão de consumo dos clientes. A Figura 22 mostra um modelo do equipamento.

Figura 22 – Unidade de controle de redução



Fonte: Benzedú (2009).

- c) Carretas de transporte do gás natural: têm capacidades diferentes, dependendo do consumo e distância do cliente a que atende. As Figuras 23 e 24 apresentam respectivamente um semirreboque e um reboque de transporte de GNC.

Figura 23 – Semirreboque



Fonte: Benezú (2009).

Figura 24 – Reboque



Fonte: Benezú (2009).

4.1.3.2 Transporte de gás natural por modal ferroviário

O transporte ferroviário de gás natural mostra-se como mais uma opção alternativa devido à falta de distribuição por gasodutos, mas com pouca difusão global, se comparado à distribuição por rodovias. Uma das primeiras premissas é a necessidade de liquefação do gás natural e acomodação do mesmo em tanques criogênicos ou ISO contêineres, mantendo o gás liquefeito em baixas temperaturas. Uma outra utilização do transporte por vagões tanque e por ISO contêiner se faz necessária nas situações de travessias de oceanos, regiões montanhosas e com dificuldades dos traçados de gasodutos e em associação, em muitos destes casos, a

grandes distâncias entre o centro produtor/processamento e centros consumidores. O condicionamento do gás natural liquefeito fica em temperatura de -162°C na pressão atmosférica, sendo seu volume diminuto em 600 vezes menor do que a molécula de gás natural em estado gasoso (LIAW, 2018).

Tal como o modal ferroviário para movimentação de petróleo tem amplo uso para grandes distâncias, também ocorre o mesmo no transporte de GNL por modal ferroviário, além de ser alternativa nos casos onde o transporte aquaviário seja inviável (RIBEIRO; CAMPOS, 2014).

O transporte por ISO contêiner permite transporte de pequenos volumes, podendo ser levados por trens ou por caminhões. Por outro lado, sua capacidade de impacto ambiental é menor se comparado ao vagão tanque, pois influencia num número maior de viagens em caminhões frente ao trem. A Figura 25 mostra um exemplo de ISO contêiner.

Figura 25 – Modelo do ISO contêiner criogênico



Fonte: Benzedú (2009).

Enquanto a Figura 26 mostra um exemplo de caminhão criogênico.

Figura 26 – Caminhão com tanque criogênico



Fonte: Benzedú (2009).

Os vagões tanques para transporte de gás natural liquefeito têm a propriedade de transporte de grandes volumes; e, necessitam de conexão de planta de liquefação próxima à via férrea. Um tanque é suficiente para substituição de 2,5 a 3 caminhões, permitindo redução de impacto ambiental. A Figura 27 apresenta um vagão tanque de GNL.

Figura 27 – Um tipo de vagão tanque de GNL

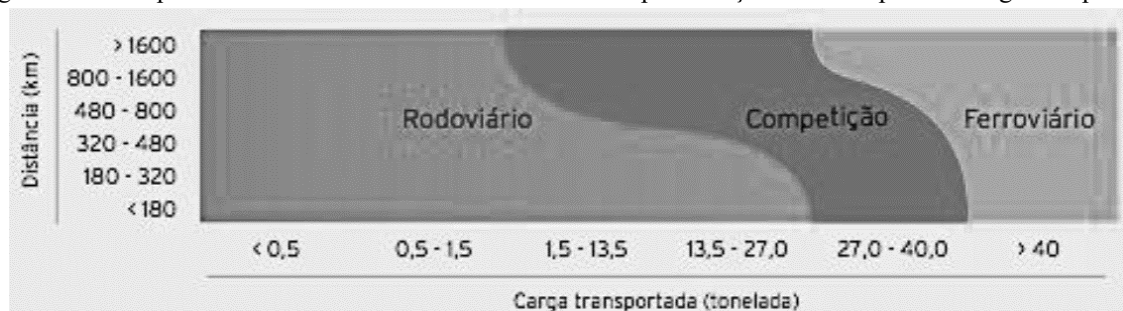


Fonte: Benzedú (2009).

O modal rodoviário no Brasil tem pouca utilização no transporte de petróleo, este modal grande tem relevância na distribuição de refinados de petróleo e alguns casos do transporte de GNL. Não há evidências encontradas do modal aéreo para transporte de petróleo e GNL (RIBEIRO; CAMPOS, 2014).

Uma breve discussão apresentada para análise comparativa na busca de um relacionamento entre os modais ferroviário e o rodoviário é apresentada pela Confederação Nacional de Transporte (CNT). Para cargas de baixo peso e longas distâncias apresenta-se na Figura 28 o modal rodoviário mais viável se comparado ao modal ferroviário.

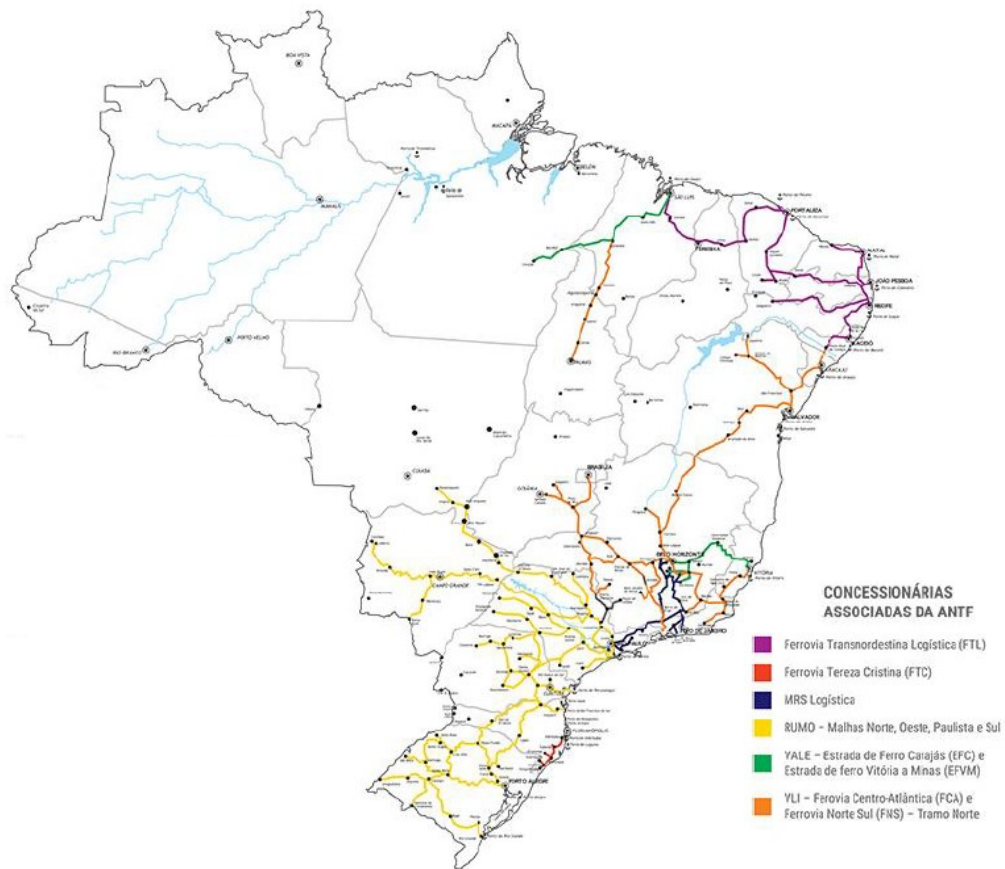
Figura 28 – Comparativo entre modal ferroviário e rodoviário para relação distância/peso de carga transportada



Fonte: CNT (2013).

A malha ferroviária brasileira possui 29.165 quilômetros de extensão, com diversos trechos necessitando de reformas e variedade de bitolas distintas, causando dificuldades na integração da malha ferroviária, conforme apresentação na Figura 29.

Figura 29 – Distribuição ferroviária brasileira



Fonte: ANTF (2018).

O país apresenta grande oportunidade de expansão da malha ferroviária e uso de GNC é uma possibilidade a ser estudada.

4.1.3.3 Transporte de gás natural por modal aquaviário

O sistema aquaviário reúne o transporte lacustre em rios e lagos, o transporte marítimo de cabotagem entre dois portos na costa de um mesmo país ou entre um porto costeiro e um fluvial, e o transporte marítimo de longo curso entre portos de países diversos (PESSOA, 2016).

Sistemas de gestão de risco portuário tem sido estudado em termos de teoria organizacional e da busca da garantia de segurança que envolvem sistemas de gestão portuária. Na integração de respostas de emergência e operacionalidade de movimentação das diversas cargas a serem transportadas entre os portos e modais de apoio, tais como dutoviário, rodoviário e o ferroviário.

Para portos que operam com o GNL tais medidas de segurança se tornam mais importantes devido às características e capacidade energética do GNL.

A viabilidade de transporte por navio gaseiro de GNL em relação ao uso de gasoduto reside no fato de algumas premissas tais como:

- Mercado de GNL estar situado em locais maiores que 2.000 quilômetros de distância entre o campo produtor e o mercado consumidor;
- Custos de produção do gás natural serem inferiores a U\$1/milhão de Btu;
- Qualidade do gás com baixos teores de CO₂, enxofre e demais impurezas;
- Apoio governamental em investimentos para instalação de portos adaptados para GNL.

Necessidade de abastecimento do país importador se comparar o preço praticado à demanda que justifique a importação e tal preço suporte toda a cadeia do GNL.

4.1.3.4 Transporte de gás natural por navios gaseiros

Os navios gaseiros possuem o projeto concebido para acomodação do gás natural liquefeito. Contando em seu casco reservatórios criogênicos capazes de estocar e movimentar condensados ou outros fluidos gerados durante o processo de liquefação. O gás liquefeito necessita de sistemas de refrigeração para manter o GNL no estado líquido, sendo necessária grande quantidade de calor para este processo, carecendo de resfriamento constante dos equipamentos com água do mar obtido na coleta sob o navio gaseiro. Periodicamente é realizada a transferência dos volumes de GNL através de mangueiras criogênicas e braços de carga que permitem a operação entre o navio gaseiro e o navio de regaseificação e/ou com terminal de regaseificação, de acordo com cada atendimento requerido para escoamento do GNL. Esta etapa de posicionamento e transferência resultam em operações de grande risco, com possibilidades de colisões, explosões, congelamento, evaporação para meio ambiente de gás natural. As condições de navegabilidade devem ser asseguradas e sistemas de posicionamento e monitoramento se tornam importantes na garantia da segurança operacional.

A tecnologia aplicada aos materiais e equipamentos que entram em contato com o GNL são concebidos de materiais especiais e necessitam de isolamento para evitar incidentes com as baixas temperaturas do gás liquefeito.

Apresentada na Figura 30, a configuração *side-by-side* é a operação mais comum de *offloading* e geralmente é destinada para ambientes que apresentam condições marítimas mais favoráveis. Já em situações mais severas, a realização do transbordo é indicada entre a popa e a proa. Diversas tecnologias de arquitetura naval vêm sendo desenvolvidas a fim de garantir a

segurança no processo, no caso de situações adversas como mar agitado e fortes correntes de vento, sistemas de ancoragem (com posicionamento dinâmico), já fornecem estabilização contra ciclones leves.

Figura 30 – *Offloading* de GNL entre unidades paralelas



Fonte: IEA (2020).

4.2 Custo da implementação de gasodutos

Em termos de distribuição de gás natural por sistema gasoduto são observados alguns parâmetros iniciais, como uma estrutura principal e troncal com diâmetro suficiente para atender a estrutura de dutos menores que compreendem ramos derivados deste tronco principal de transporte de gás natural. Em literatura específica os custos de construção de um gasoduto variam entre U\$50 e U\$150 metropol (metro linear por polegada). Para gasodutos de escoamento são utilizadas as normas referidas (DNVGL-ST-101), que norteiam diâmetros em relação ao fluido, pressão de trabalho e temperatura do entorno, que podem causar deformações e incidir na redução da vida útil do gasoduto até perda de contenção, causando acidentes (DNV-GL, 2017).

Tal como a distribuição de energia elétrica se faz de modo contínuo, esta mesma característica é observada no transporte do gás natural pela malha de gás, que necessita fornecimento ininterrupto e sem necessidade de armazenamento local. Tal armazenamento acarretaria aumento de custo para a adoção do gás natural como item de substituição energética (ONS, 2021).

Os custos característicos para implantação do gás natural da rede de distribuição são basicamente o de aquisição do transportador, custo de odorização, custo de operacionalidade

da rede de distribuição, manutenção preventivas e corretivas da rede de distribuição e a depreciação associada dos equipamentos e dutos instalados, além dos custos administrativos empresariais e tributos governamentais.

Sendo os custos de odorização e aquisição do transportador entendidos como custos diretos da distribuição, ficando os demais compreendidos como custos indiretos. A composição média do preço para o consumidor em média leva em conta o preço da molécula de metano (46%), tributos como PIS/COFINS/ICMS (24%), distribuição (17%) e transporte (13%) (EPE, 2019; FERNANDES; FONSECA; ALONSO, 2005; FIRJAN, 2021a).

4.3 Alternativas de escoamento de gás natural *offshore*

As atuais políticas de importações de GNL têm apresentado custo reduzido sem intermediação da Petrobras ou dos sistemas de malha de transporte. Também há possibilidade de ocorrer como fretamento próprio de acordo com a demanda do agente consumidor. Um exemplo foi o recebimento, no terminal de GNL do Porto do Açú, do navio gaseiro Kmarin Emerald, pertencente à empresa BP sócia e possuidora do navio fornecedor exclusivo de gás natural Açú (GNA), que utilizou a unidade flutuante de armazenagem e regaseificação (FSRU) da embarcação BW MAGNA, ocorrendo a transferência de 140 mil metros cúbicos no ano de 2021 (FIRJAN, 2021b).

Houve evolução do consumo de gás natural nos últimos dez anos no Brasil - evoluiu de 60.000 milhões de metros cúbicos diários para 120.000 milhões de metros cúbicos em 2020, ou seja, o dobro. Observou-se que grande parte dessa demanda de gás natural se deve à necessidade industrial, principalmente como geração termelétrica. O Brasil possui uma grande geração hidrelétrica, mas com a diminuição do volume de chuvas na última década, teve a necessidade de aumentar a geração termelétrica a gás natural. Esta fonte energética, por sua vez, é menos poluente e mais barata que a diesel, que abastecia anteriormente termelétricas. Foi observado que a tendência mundial do uso do gás natural, apesar de ser um combustível fóssil, tem amplo uso na matriz energética e que o Brasil, tem utilizado de forma complementar à hidroeletricidade.

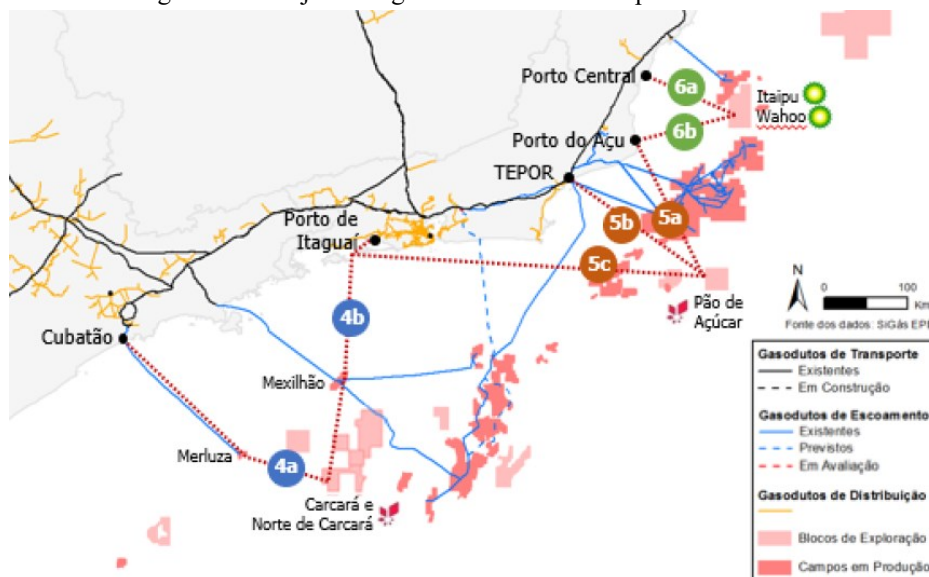
A extensão de gasoduto de transporte até o ano de 1999 era de 4.001 quilômetros. Com a ampliação de gasoduto de transporte a partir do ano de 2000 houve incremento de 36 %, passando o país ter 5.431 quilômetros (obtidos os dados nos relatórios da ANP e relatórios da EPE).

Com a taxa de ampliação baixa entre o ano de 2000 e 2005 teve acréscimo de 6%, passando a ter 5.759 quilômetros.

A taxa de crescimento voltando a evoluir entre os anos de 2005 e 2010 teve razoável crescimento em 61 %, passando a ter 9.295 quilômetros na malha de gás integrado. Mas a partir de 2014 a malha estabilizou em 9.409 quilômetros sem incremento de novos trechos, seja pelo momento econômico brasileiro que sofreu consequências da crise econômica global devido ao fim do ciclo de alta dos preços das commodities no mercado externo, seja pelas intervenções governamentais na economia como reduções nas taxas de juros, concessões de subsídios e como consequência da elevação do risco-país. Mostrando-se como desafios a serem superados para expansão da malha de gasoduto de transporte e oferta para novos clientes potenciais em estados já inicialmente inseridos e entradas em novos estados federativos (FGV, 2014).

A atual capacidade total da malha integrada somada aos sistemas isolados (trecho Lateral-Cuiabá/MS e TSB no oeste do Rio Grande do Sul) está com operação de 100 milhões de metros cúbicos, obtidos os dados nos relatórios da ANP e relatórios da EPE. A partir das rotas de escoamento 1 e 2, estão sendo movimentados 36 milhões de metros cúbicos da exploração da região da Bacia de Santos até as UPGN's para tratamento e transporte para a malha de gasoduto de transporte nacional. A entrada em operação do gasoduto da “Rota 3” teve previsão inicial de entrega em 2016, mas por motivos econômicos e políticos, ainda se encontra em processo de construção. A finalização do gasoduto “Rota 3” tem previsão de atender o novo projeto do complexo na cidade de Itaboraí/RJ, com um volume de 18 milhões de metros cúbicos diários de gás natural, sendo assumido no plano estratégico da Petrobras (PETROBRAS, 2022).

Figura 31 – Projetos de gasodutos alternativos para escoamento



Fonte: Adaptado de Coelho (2019).

Novos projetos estão no radar da EPE e da ANP como apresentado na Figura 31, para ampliação do escoamento do gás natural produzido na Bacia de Santos, seguido pelo gasoduto “Rota 4a” até Cubatão/SP e pelo gasoduto “Rota 4b” até Itaguaí/RJ.

Para a Bacia de Campos/RJ estão previstos cinco projetos para ampliação do escoamento do gás natural. O gasoduto “Rota 5a” desde a Bacia de Campos/RJ até o Porto do Açú na cidade de São João da Barra/RJ. O projeto “Rota 5b” liga a Bacia de Campos ao TEPOR na cidade de Macaé/RJ. A ligação entre a Bacia de Campos e o Itaguaí /RJ possui a previsão do gasoduto “Rota 5c”.

Estudos preliminares indicam a possibilidade de dois outros gasodutos de escoamento partindo da Bacia de Campos, o gasoduto “Rota 6a” até o Porto Central na cidade de Presidente Kennedy/ES. O outro gasoduto na “Rota 6b” liga a Bacia de Campos com o Porto do Açú na cidade de São João da Barra/RJ (EPE, 2019). No Quadro 9 mostra-se um breve resumo dos gasodutos previstos e principais informações de acordo com normas internacionais de construção de gasodutos (DNV-GL, 2017).

Quadro 9 – Gasodutos alternativos de escoamento

Rota	4 ^a	4b	5a	5b	5c	6a	6c
Capacidade de escoamento (Mm ³ /dia)	20	20	12	12	12	12	12
Extensão (km)	291	299	199	200	421	119	118
Diâmetro (pol)	24	24	16	16	18	14	14
CAPEX	7868	8394	5967	5892	9021	4371	4309

Fonte: EPE (2019).

O gás natural foi responsável por 9,3% da matriz energética nacional em 2020, sendo a fonte energética hidráulica responsável por 64,9 % do total, a eólica por 8,6%, a biomassa por 8,4%, o carvão por 3,3%, a nuclear por 2,5 %, derivados de petróleo por 2% e energia solar por 1%, segundo dados do Ministério de Minas e Energia, ANP e EPE. Com a previsão de fortalecimento da malha de transporte de gás natural com a aprovação da lei 14.134/2021, anseia-se a expansão de oferta dos fornecedores para novas termelétricas, obtidos os dados nos relatórios da ANP e relatórios da EPE.

4.4 Acompanhamento da demanda recente de gás natural

Dados dos balanços anuais para o gás natural do Ministério de Minas e Energia mostram que o consumo médio anual de gás natural para geração elétrica no período de 2017 até 2020 teve redução de 8,17 milhões de metros cúbicos/dia. Passando de 34,25 milhões de metros cúbicos/dia para 26,08 milhões de metros cúbicos/dia em 2020. Em reflexo da queda industrial e econômica no período, com incerteza de aplicação de investimentos, e redução da produção atribuída aos problemas político-econômicos ocorridos no país.

No primeiro trimestre de 2021 observa-se elevação de 9,87 milhões de metros cúbicos/dia, fazendo com que o volume demandado fosse de 35,95 milhões de metros cúbicos diários, em decorrência da escassez hídrica provocando a redução da geração de energia pelas hidroelétricas, obtidos os dados nos relatórios da ANP e relatórios da EPE.

O setor industrial foi outro que apresentou elevação no primeiro trimestre de 2021, no valor de 3,74 milhões de metros cúbicos diários, passando da média em 2020 de 36,05 milhões de metros cúbicos diários para a média de 39,86 milhões de metros cúbicos diários no primeiro trimestre de 2021.

Os demais consumidores considerados (automobilístico, residencial, comercial, cogeração, outros incluindo GNC) tiveram variações menores que 500 mil metros cúbicos diários em média entre 2017 e 2021.

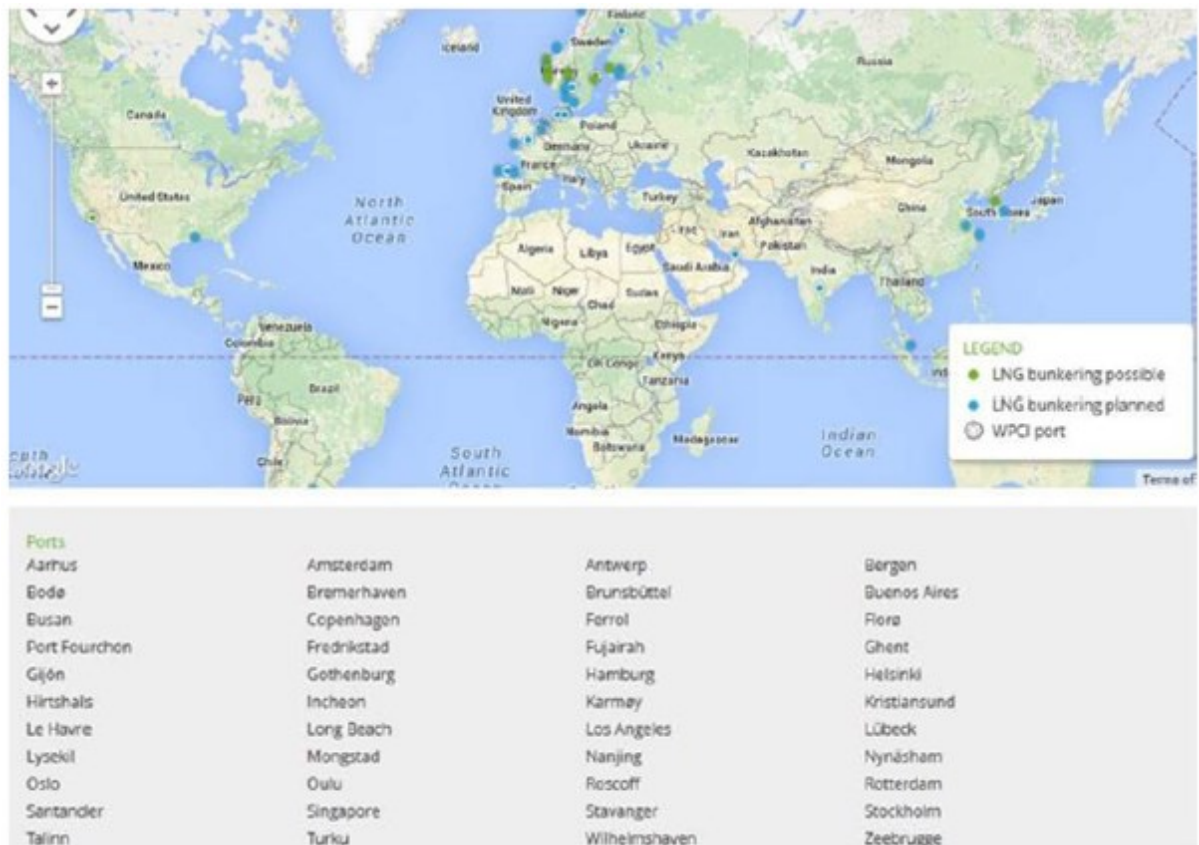
A demanda total de gás natural apresentou queda entre 2017 e 2020 de 13,18 milhões de metros cúbicos. Somente na comparação entre o consumo médio de 2020 com o primeiro trimestre de 2021 houve elevação de 13,13 milhões de metros cúbicos diários. Se o plano fosse realizado dentro dos prazos inicialmente estabelecidos, as empresas teriam acesso ao consumo direto e estável para o gás natural reduzindo a necessidade de geração por termelétricas de outros tipos de combustíveis mais poluentes.

Observa-se a competitividade entre o transporte de carga ferroviário e o transporte rodoviário para faixa entre 180 quilômetros e 1.600 quilômetros e com o peso entre 27 e 40 toneladas. O modal ferroviário passa a ser vantajoso para cargas a partir de 40 toneladas e de forma independente de distância a partir de 180 quilômetros. O modal rodoviário apresenta vantagem para menores distâncias e menores toneladas de carga a ser transportada. O transporte por modal rodoviário ou ferroviário como alternativa à falta de gasodutos o transporte de GNL para regiões com dependência energética, devido à inviabilidade econômica ou geográfica de instalação de gasodutos ou nos momentos de pico de demanda por geração termelétrica (LIAW, 2018).

4.5 Aspectos do mercado de GNL

Um desafio observado reside no fato da utilização da geração termelétrica complementarmente à geração hidroelétrica, inibindo grandes valores de investimento para ampliação da malha de transporte para consumidores com demandas irregulares (BNDES, 2015). A opção de importação de GNL tem sido executada devido às demandas sazonais, falta de gasoduto de escoamento e nos últimos anos o valor tem por vezes abaixado no mercado internacional, principalmente após os Estados Unidos passarem a explorar gás natural do xisto. O Mapa 5 apresenta os principais portos de comércio de GNL.

Mapa 5 – Portos mundiais que fazem o abastecimento de GNL



Fonte: Adaptado de Capra (2015).

O Brasil vem comprando cada vez menos gás da Bolívia, um dos motivos que explicam a redução das importações de gás boliviano é o preço menor do gás natural liquefeito (GNL) no mercado internacional de países como os Estados Unidos, o qual também aparece na Tabela 3, levando o Brasil a reduzir a compra na Bolívia, segundo a justificativa da Petrobras (CBIE, 2019).

Tabela 3 – Principais países fornecedores de GNL

País de Origem	%	Valor FOB US\$
Bolívia	67	1,29 bilhão
Estados Unidos	14	269 milhões
Trinidad e Tobago	5,3	102 milhões
Países Baixos	3,6	69,5 milhões
Noruega	3,1	59,7 milhões
Nigéria	3	57,9 milhões
Camarões	1,5	29,6 milhões
Guiné Equatorial	1,4	28 milhões
Angola	1	20,2 milhões

Fonte: ANP (2021b).

Uma resposta rápida para a necessidade de GNL pode ser atendida proporcionalmente a eventos naturais que alterem a necessidades dos compradores ou de impossibilidade de recebimento de grandes volumes por outros modais. Também pode ser propícia, nos casos de sazonalidade, nas situações que compradores vão ao mercado com aumento repentino de gás natural. Transformando o GNL em commodities num novo ambiente global competitivo.

As motivações de consumo de gás natural e GNL surgem com o crescimento econômico global e sua correlação por demanda energética, para retomada econômica a partir das últimas crises econômicas vividas neste século. A desregulamentação em vários países com mercados importantes tem aumentado e o fluxo de transporte de GNL. Isto tem sido mais demandado, principalmente para áreas que têm alta dependência para atender a demanda requerida.

Exemplo de recebimento de navio gaseiro de GNL pode ser citado; o caso da empresa PRUMO LOGÍSTICA que iniciou atividade na unidade termelétrica “Gás Natural Açú” (UTE GNA 1) em 2021, consumindo 5,5 Mm³ de gás natural regaseificado para geração de 1.338 MW, que pode atender 14 milhões de famílias. Com previsão da segunda UTE, a GNA 2, iniciar operação em 2023 com uma taxa de consumo de 6,8 Mm³ de GNL e termogeração de 1.672,6 MW. Tendo sido informada a previsão de investimentos de R\$ 8,5 bilhões de construção de terminal GNL e das duas termelétricas a GNA 1 e GNA2.

Os custos associados nas plantas de liquefação e regaseificação vêm reduzindo, devido às melhorias tecnológicas implementadas. Custos de navios gaseiros diminuíram também em decorrência de tecnologias e novos modelos de navios gaseiros, gerando redução do custo do frete. Novos estudos podem avaliar se a transformação do excedente do gás natural nas plataformas ser transportado por gaseiros pode ser convertido em novos produtos para a própria plataforma ou para ser comercializado.

É conhecido que os altos teores de CO₂ têm um impacto relevante no custo de produção do gás natural. Porém, com os resultados obtidos na pesquisa, é possível indicar que, frente a atual concorrência dos baixos preços no mercado internacional, o cenário de implantação de GNL no Pré-Sal, independentemente do nível de concentração de CO₂, apresentaria custos finais superiores aos de importação (FGV, 2018a).

Como referencial para projetos de GNL possui variação em torno de US\$2,5 – 3,5 até US\$ 4,5 -5,5 por milhão de Btu. Esta variação se deve ao tipo de embarcação, sendo navios do tipo Q-MAX maiores e com custos menores. O custo típico da cadeia de valor compreende a soma: (1) Exploração e produção variando de US\$ 0,60 a 1,20/milhão de Btu; (2) Liquefação variando de US\$ 0,90 a 1,30/ milhão de Btu; (3) Frete do navio gaseiro variando de US\$ 0,50 a 1,80/ milhão de Btu; (4) Regaseificação e estocagem variando de US\$ 0,40 a 0,60/ milhão de Btu. Totalizando um custo médio de US\$ 2,4 - 4,90/ milhão de Btu (FOSS, 2012).

Os resultados apresentados por Silva (2021) indicaram que, para uma análise mensal, o cenário de importação de GNL ofereceria uma economia de US\$ 23,93 milhões em comparação ao cenário de liquefação no Pré-sal, considerando uma produção de gás natural com 10% de CO₂. Para alcançar viabilidade, um projeto de FLNG no Pré-sal necessitaria apresentar custos finais inferiores a US\$ 6,35/ milhão de Btu. Outra maneira do projeto alcançar viabilidade ocorreria se os preços de importação alcançassem patamares superiores a US\$ 8,85/ milhão de Btu.

Apesar do anúncio de novos projetos, o número de FLNG's ainda é pequeno quando comparado a outros, como os FPSO's. A tecnologia de GNL embarcado ainda está em desenvolvimento e tem pontos como a compactação da planta, eficiência energética e o alto custo operacional como as principais barreiras existentes. Diversas empresas atuam na cadeia de GNL, contando com instalações que vão desde unidades de liquefação até de transporte e regaseificação. No caso da infraestrutura dos terminais, governos locais atuam em conjunto com fornecedores de bens e serviços, resultando em consórcios operacionais que envolvem, por exemplo, empresas como Petrobras, Shell, Golar LNG, Höegh LNG, Modec e SBM.

O Brasil possui quatro terminais operacionais de regaseificação do GNL importado, obtidos os dados nos relatórios da ANP e relatórios da EPE. O terminal de Pecém/CE com capacidade de 7 Mm³/dia, o terminal da baía de Guanabara na cidade do Rio de Janeiro/RJ com capacidade de 20 Mm³/dia, o terminal da Baía de Todos os Santos Salvador/BA com capacidade de 14 Mm³/dia.

O terminal Barra dos Coqueiros/SE com capacidade operacional de 21 Mm³/dia, o projeto concebido para operação offshore ship-to-ship, inovador no país, utiliza uma torre

submersa de fixação entre o navio e o leito marinho. A ancoragem se dará a 6 km da costa sergipana pelos próximos 25 anos pelo navio FSRU Golar Nanook, que atenderá às necessidades da Companhia Elétrica de Sergipe (CELSE) para Usina Termoelétrica Porto de Sergipe I (UTE Porto de Sergipe I) de capacidade de 1.516 MW e demanda de 6 Mm³/dia de gás natural. O FSRU possui capacidade de estocagem de 163.000 Mm³ de GNL (CELSE, 2021).

A entrada em operação do recebimento de GNL pelo Porto do Açú teve início em 2021, para atendimento da UTE GNA1. O Brasil começou a importar gás natural em julho de 1999 e GNL em novembro de 2008. A Tabela 4 apresenta a movimentação de importações de GNL realizadas entre os anos de 2015 e 2020 por esses terminais.

4.5.1 Balanço de comércio de GNL

Tabela 4 – Importação de gás natural, segundo países de procedência entre 2015 e 2020

Países							20/19
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	%
Total (a)+(b)	19.112	13.321	10.643	10.842	9.855	7.874	-20,1
Gás Natural (a)	11.854	10.369	8.886	8.071	6.795	6.551	-3,59
Argentina	169	-	-	-	-	-	..
Bolívia	11.684	10.369	8.886	8.071	6.795	6.551	-3,59
Gás Natural Liquefeito (GNL) (b)	7.258	2.952	1.756	2.771	3.061	1.323	-56,76
Angola	-	91	362	89	91	93	1,37
Argélia	80	-	-	-	-	-	..
Argentina	-	-	-	-	-	130	..
Bahamas	-	-	-	-	82	-	..
Bélgica	78	81	-	277	-	-	..
Camarões	-	-	-	-	105	-	..
Catar	1.366	655	124	171	-	-	..
Emirados Árabes Unidos	62	-	-	-	-	-	..
Espanha	372	-	-	-	-	-	..
Estados Unidos	92	266	376	730	1.331	912	-31,47
França	131	-	82	87	-	-	..
Guiné Equatorial	176	162	-	-	92	-	..
Nigéria	1.829	1.095	730	351	345	27	-92,2
Noruega	823	252	-	242	251	-	..
Países Baixos (Holanda)	147	-	-	5	191	-	..
Portugal	250	-	-	-	-	-	..
Reino Unido	89	75	-	-	-	-	..
Trinidad e Tobago	1.764	273	81	818	573	161	-71,82

Fonte: ANP (2022).

Os dados tratados na Tabela 4 referem-se aos volumes de GNL carregados nos navios para exportação em volume equivalente na forma gasosa, obtidos os dados nos relatórios da ANP e relatórios da EPE. Devido a operações de reexportação de volumes excedentes de GNL presentes nos navios, que teve início no mês de agosto de 2011, conforme Portaria MME nº 67/2010.

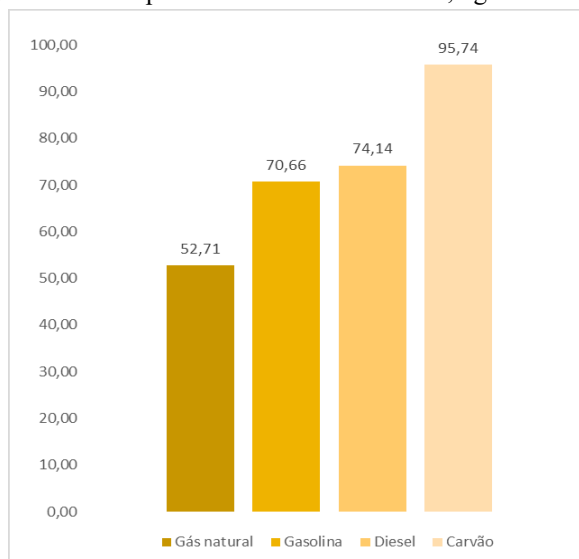
Tabela 5 – Exportação de GNL entre 2011 e 2020

Países de destino							20/19
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	%
Total	1,87	517,48	134,52	80,14	-	-	-
Argentina	-	388,75	53,76	-	-	-	-
Coreia do Sul	-	-	-	80,14	-	-	-
Índia	-	38,91	-	-	-	-	-
México	-	90	-	-	-	-	-
Nigéria	1,87	-	-	-	-	-	-
Portugal	-	-	80,76	-	-	-	-

Fonte: ANP (2022).

4.6 Impacto nas reduções de poluentes

A possibilidade de utilização do gás natural na transição energética para fontes renováveis. A utilização do gás natural na substituição de combustíveis convencionais tais como gasolina e diesel, nos setores automobilísticos e geração elétrica respectivamente, o gás natural emite em kg de gás carbônico por milhão de BTU uma redução proporcional de 25,04 % frente à gasolina e de 27,46% se comparado ao diesel, conforme Figura 32, abaixo.

Figura 32 – Comparativo da emissão de CO₂, kg de CO₂/BTU

Fonte: Adaptação de Santos, Peyerl e Neto (2020) e EIA (2021).

A entrada do segmento de caminhões a gás tem sido observada em montagens e atendimento na frota de transporte de cargas, não somente pela sustentabilidade, quanto pelo preço e demanda crescente de logística. Além da possibilidade de utilização do gás natural, dúvidas existiam da capacidade de entrada e atendimento no segmento, mas alguns modelos possuem autonomia de 1.700 km e podem ser abastecidos com GNL ou com GNC (SCANIA, 2021).

Havendo possibilidade para modelos com autonomia menores desde 400 km até 1.000 km, com a flexibilidade de serem utilizados biometano, GNV e GNL, ampliando o rol de escolhas, as empresas e tipos variados de cargas e cidades a serem atendidas (VOLVO, 2021).

A taxa de consumo apurada pela EPE se faz por subsistemas das regiões sul, sudeste, norte, nordeste e centro-oeste. A região sudeste tem a previsão de demanda de 55,38% de gás natural para geração térmica, seguido pela região nordeste com 23,08%. Somente o estado do Maranhão apresenta dados como estado isolado demandante pela EPE com 10,77%; a região norte tem demanda projetada em 7,69% e a região sul com demanda de 3,08%, obtidos os dados nos relatórios da ANP e relatórios da EPE.

Um paralelo ao gás natural de origem fóssil, tem-se o biogás oriundo dos processos de biodigestor de empresas sucroenergéticas (21,1 bilhões de m³/ano), produção agrícola (6,6 bilhões de m³/ano), empresas de proteína animal (14,2 bilhões de Mm³/ano) e empresas de saneamento básico (2,2 bilhões de m³/ano). O que pode ser quantificado como equivalente a 170.912 GWh/ano (ABIOGÁS, 2021).

O interesse em aquisição de biogás no interior do país a partir da suinocultura, das estações de esgoto ou aterros sanitários e de empresas sucroalcooleiras pode ser realizado o tratamento, a liquefação e o transporte pelos modais terrestres e aquaviários, visto a falta de infraestrutura de gasodutos de transporte (DATAGRO, 2020). A chamada pública de 5 milhões de m³/dia pela empresa Golar Power, o que representaria uma redução de mais de 15.000 toneladas de carbono/dia. Cada tonelada de carbono representa uma tonelada de CBIO/dia.

Para algumas empresas de transporte de cargas as práticas de responsabilidade social, ambiental e governança culminaram na aquisição de 39 caminhões movidos a gás natural das 150 unidades vendidas no país somente por uma das empresas que fazem comércio no Brasil (MARONI, 2021). Esta iniciativa está sincronizada com as práticas de sustentabilidade dos principais países que possuem suas metas de redução de poluentes. Tais práticas estão alinhadas com veículos elétricos e a gás natural (RN-LOGISTICA, 2019).

4.7 Corredores azuis

Corredores azuis, conforme Figura 33, propostos pela empresa Golar Power são oportunidades lançadas como alternativas para as limitações de infraestrutura de gasodutos de transporte demandados de GNL (ANFAVEA, 2020). Nos corredores azuis os abastecimentos por caminhões GNL para interiorização regional no atendimento de diversos consumidores, com criação de mercados consumidores (SERGIPE, 2019).

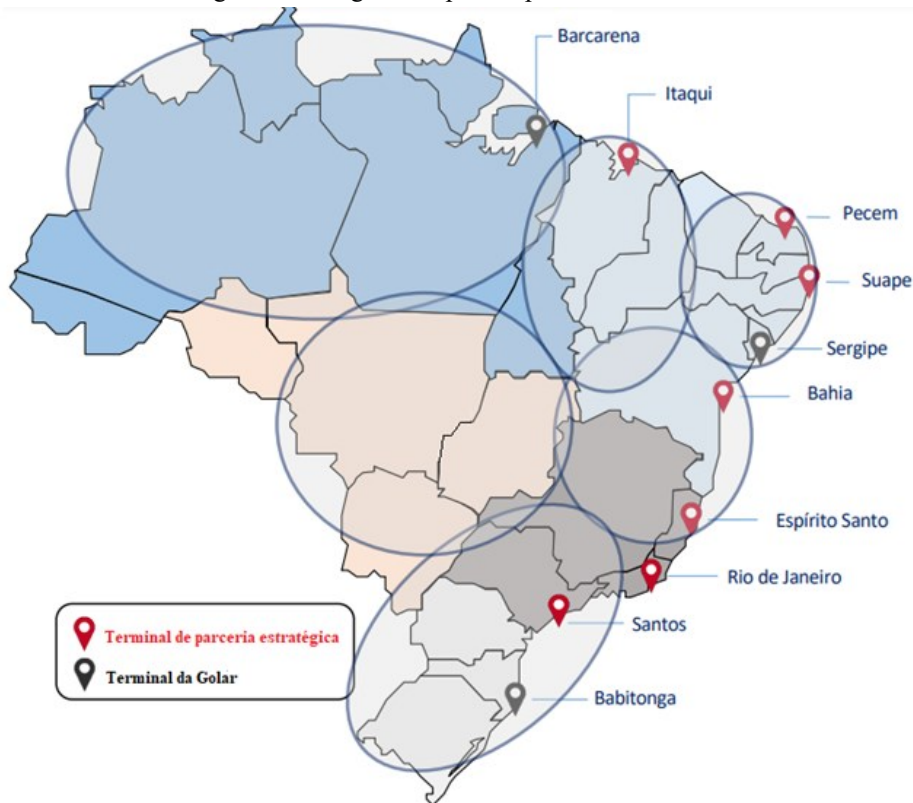
Algumas cidades brasileiras estão em fase de testes com parceiros nas operações de ônibus movidos a gás natural tais como Florianópolis, Recife, São José dos Campos, São Paulo, e Porto Alegre que estão em processo de certificação e homologação para operação (TRANSPONDATA, 2021).

A precisão de instalação de 35 postos de unidades de abastecimento para veículos nos 11 corredores rodoviários nos locais de intenso fluxo de movimentações de cargas industriais e agrícolas fazem parte do portfólio mapeado pela Golar Power, nas regiões (ANFAVEA, 2020; TGS, 2021):

- São Paulo/SP a Rio de Janeiro/RJ;
- São Paulo/SP a Belo Horizonte/MG;
- São Paulo /SP a Curitiba/PR;
- São Paulo/SP a Campinas/SP
- São Paulo /SP a Feira de Santana/BA
- Mato Grosso (entre Sinop e Rondonópolis);
- Mirituba (PA);
- Paranaguá (PR);
- Boa Vista (RR) a Manaus (AM);
- Porto de Itaqui (MA) a São Luiz (MA)
- Barreiras (BA) a Salvador (BA).

A aquisição do GNL será por meio do importação, cabotagem e recebimento dos navios gaseiros nos terminais marítimos utilizados pela empresa.

Figura 33 – Regiões mapeadas para corredores azuis



Fonte: ANFAVEA (2020).

Outro exemplo prático, a substituição de gás liquefeito de petróleo (GPL) por gás natural pode ser um substituto no agronegócio da região centro-sul brasileira, onde existem dois projetos de interconexão com a malha de gás existentes. O consumo médio para uma granja de 16.000 aves necessitada de 294 botijões de 13 kg, num total de 3.822 kg de GLP para uso térmico e 26.000 kW/ano para manutenção da granja. O volume de gás natural correspondente é de 4.777,5 m³ de gás natural para geração térmica. Tendo como equivalente energético a capacidade em 166.830,3 Btu, segundo indica o coeficiente de equivalência da EPE para cálculos de energia para combustíveis gasosos (EPE, 2020c).

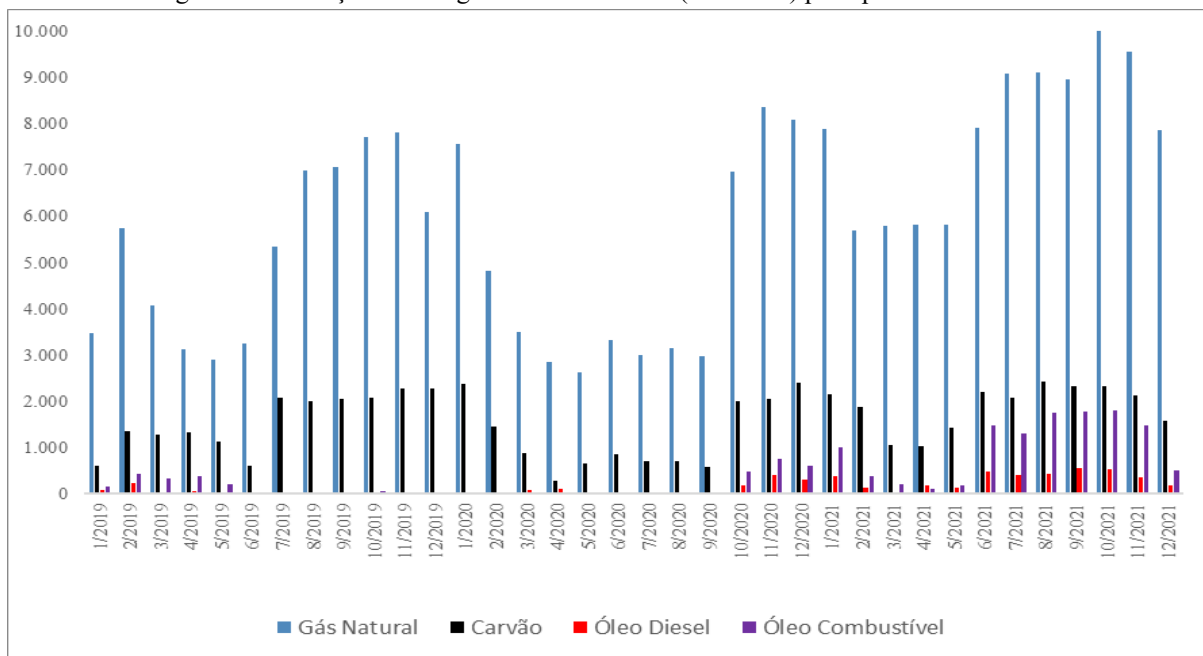
4.8 Impactos da Termelétricidade

Com a crise energética em 2001, foram assinados contratos de 20 anos e em caráter de urgência, com as usinas termelétricas movidas a carvão, diesel e a óleo combustível, de baixa eficiência e elevados níveis de emissões poluentes. No chamado “Programa Prioritário de Termelétricidade” destas usinas movidas a combustíveis mais poluidores tem a possibilidade de não renovação dos contratos e oferecer excelentes perspectivas para o uso do gás natural nas termelétricas (BNDES, 2021).

O uso do gás natural apresenta uma série de vantagens comparativas a outros combustíveis fósseis, por equivalente quantidade de energia gerada, menor quantidade de CO₂ emitido e bem menos poluentes. Além de não ser requerido desafios tecnológicos na substituição de equipamentos a diesel que atualmente venham a utilizar gás natural para os setores industriais, termelétricos e de transportes (BNDES, 2021).

O gás natural aparece como uma opção para a geração de energia elétrica, mas envolve questões ambientais. Sendo o gás natural um combustível mais limpo e menos poluente, se comparado aos demais combustíveis fósseis (PRAÇA, 2003).

Figura 34 – Geração de energia em termelétricas (MW med) por tipo de combustível



Fonte: Adaptado do ONS (2021).

Em países industrializados, a geração elétrica ocorreu por anos por meio de fontes de origem fósseis, mais poluentes como carvão e óleo diesel. Com a alteração destes combustíveis por gás natural observou-se redução de emissões de gases poluentes. No entanto, no Brasil que possui em sua matriz o uso majoritário da energia hidroelétrica, observou-se o contrário, aumento da quantidade de gases tóxicos com a entrada de termelétricas movidas inicialmente com óleo diesel e carvão (PRAÇA, 2003).

4.8.1 Emissões de CO₂ em termelétricas

As emissões de CO₂ têm efeito como componente dos gases do efeito estufa (GEE) e a importância de monitoramento e controle para termelétricas. Sendo assim, num cenário de

operação com um fator de capacidade de 80%, com geração aproximada de 31.616 MW em 7.000 horas, há a produção de energia elétrica de 221,3 GWh, obtidos os dados nos relatórios da ANP e relatórios da EPE. Nos parâmetros de emissões de gás carbônico estabelecido em 453 g de CO₂ por KWh produzido, pode ser prevista, então, a emissão de 100,3 milhões de toneladas de CO₂ com impactos no efeito estufa (PRAÇA, 2003).

A transição energética se torna desafiadora visto que a utilização de fontes fósseis gera elevadas emissões de CO₂ e poluentes. O Brasil possui menores níveis de emissões por unidade de energia elétrica gerada decorrente do uso majoritário de hidroeletricidade, sendo que o gás natural tem um importante potencial de controle de emissões e poluição do ar, já que substitui fontes termelétricas mais poluentes. Fornecendo confiabilidade e flexibilidade para o uso amplo desta fonte nos sistemas de energia elétrica (LOSEKANN; TAVARES, 2021).

4.8.2 As emissões de outros agentes poluidores

Outros agentes poluidores decorrentes das queimas de combustíveis fósseis podem reunir óxidos de nitrogênio (NOx), material particulado (MP), monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos não metano (NMHC, sigla em inglês), óxidos de enxofre (SOx), amônia (NH₃), poluentes estes que ao contato com vias respiratórias podem causar danos à saúde (IGU, 2018; SUASSUNA, 2019).

As emissões oriundas da queima de gás natural apresentam valores menores de emissões de NOx e material particulado (MP), sendo também razoável a redução da emissão de CO₂, como apresentados na Figura 35. As emissões de óxidos de enxofre (SOx), que causam a chuva ácida, são insignificantes.

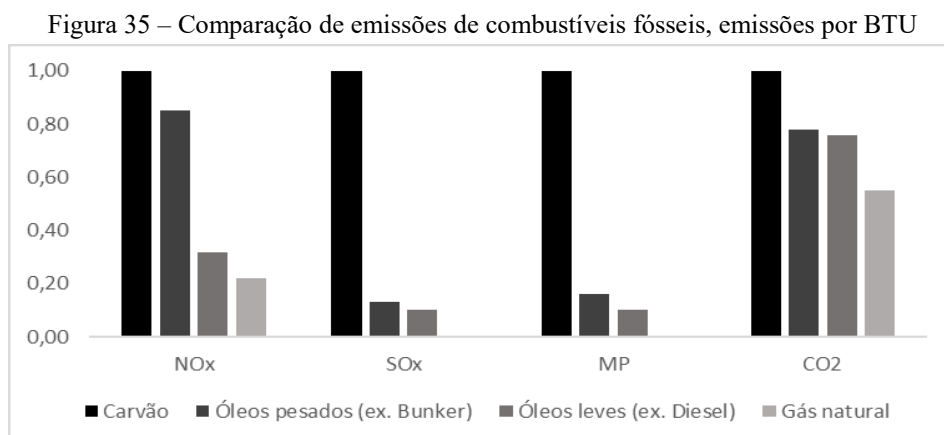
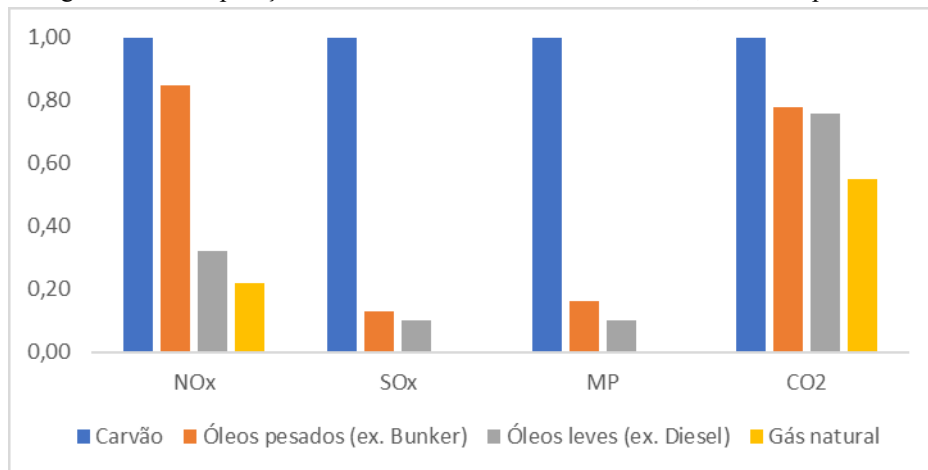


Figura 36 – Comparação de emissões de combustíveis fósseis, emissões por BTU



Fonte: IGU (2018).

Os óxidos de nitrogênio provocam processos alérgicos e inflamatórios, diabetes, câncer e problemas cardíacos. Os hidrocarbonetos (HC) resultantes da queima incompleta e da evaporação dos combustíveis fósseis causam irritação na pele, olhos, nariz e trato respiratório e dependendo da quantidade transportam substâncias cancerígenas e mutagênicas. Os oxidantes químicos, um conjunto de gases agressivos, são formados pela reação dos hidrocarbonetos com óxidos de nitrogênio sob a ação da luz solar. Dentre estes oxidantes está o ozônio, que afeta animais e seres humanos, agravando doenças e redução da resistência às infecções (PRAÇA, 2003).

4.8.3 Consumo de água da termelétrica

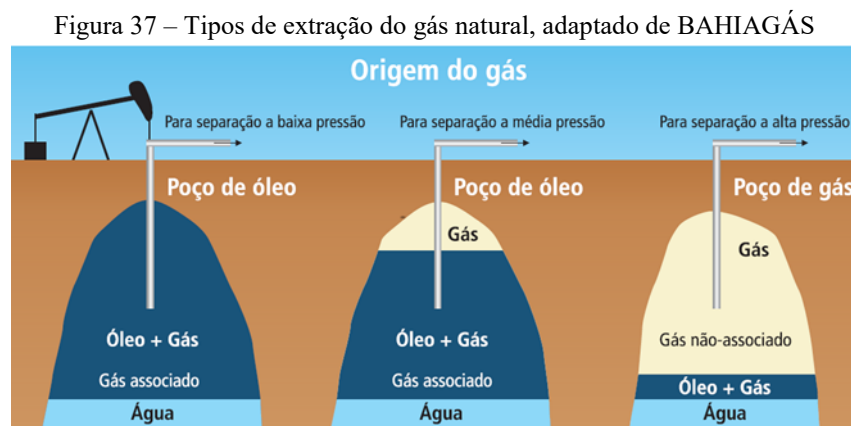
Os ciclos termodinâmicos utilizados nas usinas termelétricas são classificados em ciclo Rankine, Brayton e Combinado. No ciclo Rankine, a água tratada é bombeada para as caldeiras, onde ocorre a queima de combustível. O vapor saturado obtido é que, posteriormente, superaquecido é convertido de energia cinética nas turbinas, em energia elétrica, apresentando eficiência de 45%. No ciclo Brayton, o transporte de calor ocorre por meio de um gás, como o ar que é pressurizado e movido pela turbina a gás. Após comprimido, o gás passa por queima de um combustível, produzindo energia mecânica suficiente para o gerador elétrico, apresentando eficiência de 35%. Ciclo combinado busca a maior eficiência na junção dos ciclos Brayton e Rankine, em que a energia térmica é reaproveitada do descarte das turbinas, apresentando uma eficiência de 62% (VIEIRA, 2019).

Mesmas as mais modernas termelétricas de ciclo combinado (geração mútua de calor e energia), utilizam volume razoável de água em seus processos. Uma termelétrica com

potência de 945 MW utiliza 1.288 m³/hora de água. Sendo 1.069 m³/hora para evaporação durante o processo de geração elétrica (83% do volume de água), o que seria suficiente para abastecer uma cidade de 200.000 habitantes (PRAÇA, 2003).

4.9 Reinjeção de gás natural em reservatórios

A ocorrência de hidrocarbonetos nos reservatórios de bacias sedimentares permite encontrar o metano como gás predominante na mistura do gás natural. Podendo estar o gás natural associado ao petróleo ou estar em reservatório de gás não-associado, conforme Figura 37. A dinâmica do mercado de gás passa a ser determinada pela capacidade de escoamento e transporte até os consumidores, assim como a relação de preços do gás natural. Nos reservatórios de gás não-associado, a extração ocorre de acordo com a demanda de gás a ser comercializado. O gás associado ao petróleo, torna-se um complicador devido ao atrelamento ao petróleo e sua ocorrência, sendo necessária a reinjeção dos volumes excedentes nas condições de insuficiência de escoamento por gasoduto ou por GNL (VIEGAS *et al.*, 2018).



Fonte: Bahiagas (2005).

O gás natural apresenta-se como um combustível fóssil mais limpo e com menor cadeia carbônica, sendo essa uma importante questão na transição de alternativas tecnológicas de baixo impacto ambiental (BAHIAGAS, 2005).

Os campos de petróleo do Pré-sal entraram em produção e desenvolvimento a partir de 2008 e desde então, o aumento médio é de cerca de 32% ao ano de volume de gás reinjetado, devido à insuficiência de infraestrutura (BNDES, 2015). Com crescimento mensal conforme dados obtidos nos relatórios da ANP e relatórios da EPE.

Especialistas apontam que uma dentre as dificuldades da utilização do gás das plataformas marítimas é a infraestrutura de transporte, devido à insuficiência de escoamento da produção entre os principais campos de produção e o continente (LEAL *et al.*, 2021).

Dados de investimentos apresentam necessidade de modelos regulatórios que ponderem ganhos e perdas de um modelo de livre acesso e abertura a terceiros, dos investimentos para o gás produzido. O volume de gás vem aumentando com a exploração do Pré-sal e tem potencial de atendimento de forma a tornar o país autônomo em gás natural; a viabilidade da oferta poderia até substituir o gás boliviano e reverter o fluxo do GASBOL para longo prazo (BNDES, 2015).

Há limitada disponibilidade de informações dos custos de produção de gás natural no Brasil. Tal como das estimativas dos custos de oportunidade da reinjeção para ajudar na produção de petróleo, quanto dos custos de oportunidade do gás armazenado nos reservatórios pela escassez de recursos de escoamento e da monetização do gás natural excedente (FIDELIS, 2021).

O resultado de injetar gás natural nos reservatórios cada vez mais. Aproximadamente 1/3 da produção de gás natural é reinjetado, diariamente em torno de 35 milhões de metros cúbicos diários da produção de gás offshore dada a limitação de escoamento e de mercado. Anos de elevação da demanda de geração de termelétricas foram garantidos por importação elevada de GNL (ROMEIRO, 2020; SABINO, 2019).

Visto que um maior escoamento tem apresentado desafios de cunho técnico e econômico, a reinjeção nos campos do Pré-sal tem se mostrado como opção mais viável à sua queima (COSTA JÚNIOR, 2018). A capacidade de escoamento tem se apresentado como um gargalo para o gás natural chegar dos campos de exploração marítimos até o continente (CARVALHO, 2020).

5 CONCLUSÃO

Incentivos fiscais e tarifários podem ser indutores de ampliação da malha de distribuição de gás natural canalizado. Promovendo a isenção tributária estadual, os estados permitem que as distribuidoras tenham facilidades na aquisição de equipamentos para utilização de gás natural na mudança de política energética e usos do gás natural como combustível.

A iniciativa de fabricação e comercialização de caminhões que operem com gás natural na forma de GNL e/ou GNC permite renovar as esperanças das reduções dos gases do efeito estufa (GEE) e dos gases nitrogenados e sulfurosos, que causam a chuva ácida. A pegada de carbono proporcionada pela potencial substituição do diesel por gás natural em caminhões é fator a ser melhor estudado para regiões que possuem biometano, relacionado com o agronegócio.

O sincronismo entre empresas de transporte e empresas com responsabilidade ambiental, social e governança tende a entrelaçar interesses de transporte de mercadorias por modais que utilizam o gás natural e o biogás, tais como o observado nos segmentos que utilizam caminhões a gás.

Impactos socioambientais estão sendo cada ano mais importantes e o atendimento ao ODS 7 para energia mais limpa tem representado grande evolução nos projetos e atitudes das empresas envolvidas nos setores energéticos, seja por atuação governamental, seja por políticas voltadas para o meio ambiente e imagem das empresas frente a clientes e acionistas. Os parâmetros sociais do ODS 13 mostram que o governo brasileiro por meio do Plano Decenal de Expansão de Energia apresenta as perspectivas da expansão futura do setor de energia, com a implementação da política de nacional sobre mudanças climáticas, referida no ODS 13.

Assim a recente aprovação da Lei 14.134 em 8 de abril de 2021, a perspectiva de que o mercado de gás natural, sua distribuição e geração de riqueza para o país contribuirão para o aumento da matriz energética, aumento do bem-estar social e evolução de tecnologias que envolvem o uso de gás natural em processos industriais e política energética menos poluente.

Os investimentos estão previstos, não necessariamente dentro dos estudos citados pela EPE, mas a necessidade industrial vai determinar a precisão do estudo e a necessidade de ampliação dos gasodutos de transporte.

A construção dos 3.150 km de extensão do GASBOL (sendo 2.593 km em território brasileiro e 557 em território boliviano) inaugurados em 1999, permitiu que a tubulação

atendesse 137 municípios no Brasil, fazendo a ligação desde o estado do Mato Grosso do Sul até o Rio Grande do Sul, ligando São Paulo, Paraná e Santa Catarina. O GASBOL, interligado à matriz de gasoduto norte-sul, teve papel determinante para que fosse instalado um parque de usinas termelétricas mantidas por gás natural, garantindo segurança energética de forma complementar às hidrelétricas. Esta interligação ainda possui terminais de GNL, para garantir o suprimento da demanda requeridas de importação.

Somente o estado de São Paulo, informado pela secretaria de infraestrutura e meio ambiente, consumiu em agosto de 2021 o percentual de 17,6% do gás natural do total consumido no país. A distribuição de consumo no estado é de 74% de uso industrial, para cogeração 7,4%, de uso residencial 6,4%, para geração elétrica 5,9%, automotivo 3,8% e uso comercial 2,5%. A produção somente do estado de São Paulo foi de 12,6% do total produzido no Brasil em agosto de 2021.

Como exemplo de "Rede Local" a ser instalada, os projetos para algumas cidades do estado de São Paulo estão no radar da ARSESP. As cidades de Bebedouro (demanda de 2.234 m³/dia), Campos do Jordão (demanda de 1.620m³/dia), Guarujá (demanda de 1.600 m³/dia), Mococa (demanda de 914 m³/dia), Catanduva (demanda de 895 m³/dia), Atibaia-Jarinu (demanda de 570 m³/dia), Hortolândia (demanda de 540 m³/dia), Analândia (demanda de 360 m³/dia) e a Rodovia Bandeirantes (demanda de 260 m³/dia). Estes projetos são supridos por GNC oriundo da área de concessão das empresas distribuidoras GASBRASILIANO e COMGAS. Com isso para adequar ao modelo de "Rede Local" algumas mudanças são necessárias, dentre elas possibilidade de fornecimento de GNL oriunda da área de concessão ou outra região fornecedora, possibilidade de atendimentos para agrupamentos de municípios em cluster. Como a ARSESP tem regra que facilita a aquisição de gás de outra região diante da economicidade para áreas limítrofes, nos termos da Deliberação 382/05 (SIMA, 2021).

A ampliação do gás natural na matriz energética brasileira é uma oportunidade de investimento local para a ampliação da segurança energética em épocas de escassez de águas para a geração hidroelétrica, além de desafios de ampliação de gasodutos de transporte de gás natural para áreas industriais e em paralelo uso domiciliar do gás natural. Os principais desafios observados se encontram nos monopólios naturais desde o transporte como na distribuição do gás natural, com a mudança da legislação do novo mercado do gás demonstra a intenção da agência de regulação (ANP) de diminuir e mitigar alguns desafios do setor. Por meio de redução das incertezas regulatórias, tornando o gás natural mais competitivo na substituição de fontes como óleo diesel, lenha e carvão que são mais poluentes. Outro ponto

relevante é a ampliação do ciclo combinado de geração elétrica com as plantas de energia eólica e energia solar na busca da complementariedade energética.

Assim a recente aprovação da Lei 14.134 em 8 de abril de 2021, a perspectiva de que o mercado de gás natural, sua distribuição e geração de riqueza para o país contribuirão para o aumento da matriz energética, aumento do bem-estar social e evolução de tecnologias que envolvem o uso de gás natural em processos industriais e política energética menos poluente. O decreto 10.712 de junho de 2021 permite a ANP regular o ponto virtual de negociação, que tende a ser um ponto independente de localização física que abrange um mercado de capacidade, permitindo que carregadores de gás possam transferir titularidade do gás natural e a realização de compensação de desequilíbrios de entrega.

Os investimentos estão previstos, não necessariamente dentro dos estudos citados pela EPE, a necessidade industrial vai determinar a precisão do estudo e a necessidade de ampliação dos gasodutos de transporte. Aportes financeiros são disponibilizados pelo BNDES para novos projetos de geração elétrica, fomento para criação e expansão de gasodutos de transporte de gás natural.

De forma complementar a malha de gasoduto de transporte de gás natural, os gasodutos de escoamento “Rota 1” (Bacia de Santos até Caraguatatuba/SP) e “Rota 2” (Bacia de Santos até Macaé/RJ) têm a capacidade de entrega de 36 milhões de metros cúbicos diários, com a entrada do gasoduto “Rota 3” (Bacia de Santos até o GASLUB em Itaboraí/RJ) haverá ampliação para 54 milhões de metros cúbicos diários.

Dentre os projetos das “Rotas 4, 5 e 6” podem vir a adicionar 70 milhões de metros cúbicos diários para as UPGN’s tratarem e disponibilizarem na malha de gás.

Observa-se esforços para o aumento da utilização de gás natural em substituição aos combustíveis fósseis mais poluidores como o carvão, óleo diesel e outras fontes de tradicionais de energia, mas não somente as barreiras naturais de consumo como o livre acesso aos gasodutos são analisadas como características para o novo mercado de gás. A substituição de combustíveis para o gás natural envolve parâmetros comportamentais do consumidor, das variáveis socioeconômicas, situação financeira, cuidados ambientais, incentivo fiscal, preços competitivos e segurança energética (FGV, 2019b). Foi observada, nos relatórios da ANP e relatórios da EPE, a evolução do uso de gás natural na matriz energética brasileira.

Como cálculo tributário da distribuição, do gás recebido por meio da malha de transporte pelas companhias estaduais de gás natural, tem a variação de tarifas entre os estados federativos, tendo variações entre 10,97% até 18,85%. Os valores acrescentados por

distribuidores e revendedores variam entre 31,31% a 43,24%. E por fim a realização Petrobras varia entre 48,77% a 50,97% de acordo com cada estado. Estando zerados no último trimestre de 2021 os impostos de PIS/COFINS que são impostos federais para o gás natural.

As diretrizes foram estabelecidas pela Resolução nº16 / 2019 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) com delegações de responsabilidades e prazos que conferiram robustez e estabilidade jurídica, e previram o processo de abertura do mercado de gás natural no longo prazo, o estabelecimento de um mercado de gás sólido e com segurança energética será o anseio para uma maior utilidade do gás natural e aumento de fornecimento de serviços para a população, aumento do uso industrial, domiciliar e automobilístico.

Como principal ator no mercado de gás natural, a Petrobras, apresentou no seu plano de negócios contendo como premissas no setor de gás e energia a retirada integralmente do transporte e distribuição de gás natural (PETROBRAS, 2022). Complementarmente atuará na otimização do portfólio termelétrico, focando em autoconsumo e comercialização do próprio gás, com entrada em operação em 2022 o gasoduto de escoamento “Rota 3” com capacidade ampliada em 21 milhões de metros cúbicos.

Visto que a implementação de gasodutos de escoamentos demanda investimentos e liberações de licenças ambientais, a tecnologia emergente de navios FLNG podem entrar em estudos e poderão possibilitar a produção e exportação de gás natural oriundos do Pré-sal, podendo ser rapidamente ampliados. Visto que ainda há um déficit em relação à eficiência total de todo o processo empregado nessa exploração, seus riscos são identificados para constatar-se soluções (GOUVEIA; OKIDOI, 2020).

Dentre os benefícios ambientais da utilização do gás natural em comparação à gasolina e ao diesel é a formação em média de 25% menores teores de emissão do gás carbônico.

Por fim, a demanda do setor de geração termelétrica na região sudeste apresenta mais da metade de toda a demanda realizada em 2020 e projetada para 2021. Não obstante nesta mesma região ficam localizadas as maiores produções de gás natural e onde atualmente existe gasoduto de interligação entre sul, sudeste e nordeste. Dos 52 projetos de construções de termelétricas previstos, 26 estão localizados exatamente na região sudeste, conforme Figura 9. Cabe a crítica se os estudos prevêm mesmo interiorização de geração termelétricas como incentivadores de abrir novas fronteiras, já que os demais projetos estão situados na costa leste desde a região sul até a região norte litorânea. Esta expansão prevista necessitaria aceleração em função do surgimento de fontes de geração de energia limpa como a eólica, a solar e de biomassa, em grande expansão na matriz energética do país. Correndo o risco de

obsolescência de quando os projetos de expansão dos gasodutos de transporte de gás natural tiverem sido concluídos.

Propostas para estudos futuros das diferentes formas de armazenamentos, transformações e movimentação para o gás natural, com comparações dos diversos métodos que possam ser aplicados tanto em pequena, como em média escala, para unidades de processamento de gás natural. Simulando e buscando analisar se as tecnologias GTL, GNL, GNC e GTW possam ser aplicadas em casos reais e vantagens competitivas aplicadas à indústria de gás natural que está sendo apresentada com o novo mercado de gás natural.

REFERÊNCIAS

- ABILOGÁS. **Golar Power abre Chamada Pública inédita, de 5 milhões m³ de biometano, de olho na interiorização do BioGNL no Brasil**, 2021. Disponível em: <https://abiogas.org.br/golar-power-abre-chamada-publica-inedita-de-5-milhoes-m%C2%B3-de-biometano-de-olho-na-interiorizacao-do-biognl-no-brasil/>. Acesso em: 05 dez. 2021.
- ABIQUIM. **A Construção do Novo Mercado do Gás Natural no Brasil – Aumento da Demanda vai Fortalecer Mercado do Gás**, 2021. Disponível em: <https://www.quimica.com.br/a-construcao-do-novo-mercado-do-gas-no-brasil-abiquim/>. Acesso em: 01 out. 2021.
- AKSYUTIN, Oleg E. *et al.* The Role of Natural Gas in Achieving Sustainable Development Goals. **International Journal of Energy Economics and Policy**, v. 10, n. 4, p. 463–472, 2020. Disponível em: <https://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/9359>. Acesso em: 17 nov. 2021.
- ALMEIDA, José Ricardo Uchoa Cavalcanti *et al.* Francisco Gaudencio Mendonça. **Energy Policy**, v. 121, p. 488-497, 2018.
- ALVES, Laís Hilário *et al.* Análise documental e sua contribuição no desenvolvimento da pesquisa científica. **Cadernos da Fucamp**, v. 20, n. 43, p. 51-63, 2021.
- ANFAVEA. **Golar Power in Brazil and in the World**. Golar Power | Small Scale LNG. Oslo, p. 30, 2020.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Boletim Mensal da Produção de Petróleo e Gás Natural**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins-anp/boletim-mensal-da-producao-de-petroleo-e-gas-natural>. Acesso em: 03 fev. 2022.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Sistema de Levantamento de Preços**, 2021a. Disponível em: <https://preco.anp.gov.br/>. Acesso em: 01 out. 2021.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Anuário estatístico 2021**. Rio de Janeiro, p. 264, 2021b.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Infraestrutura de estrutura de transporte de gás natural no Brasil**. VI Reunião anual da associação Ibero-Americana de entidades reguladoras de energia. Rio de Janeiro: ARIAE. 2002.
- ANTF. Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários. **Mapa ferroviário**. Brasília. 2018.
- APPOLINÁRIO, Fábio. **Dicionário de metodologia científica: um guia prático para a produção do conhecimento científico**. São Paulo: Atlas, 2011, 295 p.

BAHIAGAS. Companhia de gás da Bahia. **Gás natural: benefícios ambientais no Estado da Bahia**. Salvador, p. 132, 2005.

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. 3. ed. Coimbra: Edições 70, v. 1, 2004. 288 p.

BENDEZÚ, Marko Antonio López. **Avaliação técnico-econômica das alternativas tecnológicas de transporte de gás natural**. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2009, 81p.

BERMANN, Célio. **Energia no Brasil - Para Quê? - Para Quem?: Crise e Alternativas Para um País Sustentável**. São Paulo: Livraria da Física, v. 1, 2003. 140 p.

BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Gás natural como matéria-prima para a produção de eteno no Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, n. 12, p. 135-159, 2000.

BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Gás para o Desenvolvimento. Perspectivas para o mercado de gás natural do Brasil**. Rio de Janeiro, p. 100. 2020.

BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Gás natural: um combustível-chave para uma economia de baixo carbono**. Rio de Janeiro, v. 27, n. 53, p. 131-175, 2021.

BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Mercado de gás natural no Brasil: desafios para novo ciclo de investimentos**. Rio de Janeiro, n. 42, p. 467-470. 2015.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Diário Oficial da União, 5 de outubro de 1988. 1988.

BRASIL. **Manual Orientativo de Boas Práticas Regulatórias do Comitê de Monitoramento da Abertura do Mercado de Gás Natural**, 2020a. Disponível em: https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/novo-mercado-de-gas/cmgn/publicacoes/manual-de-boas-praticas-regulatorias_final.pdf. Acesso em: 11 out. 2021.

BRASIL. Ministério da Economia. **Plano Plurianual do Governo Federal**, 2021a. Disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/planejamento-e-orcamento/plano-plurianual-ppa>. Acesso em: 11 out. 2021.

BRASIL. Ministério da Economia. **Plano Plurianual do Governo Federal 2016-2019**, 2021b. Disponível em: <https://ppacidadao.planejamento.gov.br/sitioPPA/paginas/agendas-transversais/agendas-ods-modulo.xhtml>. Acesso em: 11 out. 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Novo Mercado de Gás**, 2020b. Disponível em: <http://antigo.mme.gov.br/web/guest/conselhos-e-comites/cmgn/novo-mercado-de-gas>. Acesso em: 11 out. 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Novo Mercado de Gás**. Brasília. 2021c.

CADE. **Termo de compromisso de cessação de prática**. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Brasília, p. 13, 2019.

CALDAS, Patrícia Soares de Andrade. **Teoria das opções reais aplicada a uma planta de fertilizantes nitrogenados considerando a flexibilidade no suprimento de energia**. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 96, 2014.

CAMPOS, Adriana Fiorotti *et al.* A review of Brazilian natural gas industry: Challenges and strategies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 75, n. C, p. 1207-1216, 2017.

CAPRA. **Impact of LNG Bunkering on Global Supply-Demand Balance**, 2015. Disponível em: <https://capraenergy.com/impact-of-Ing-bunkering-on-global-supply-demand-balance/>. Acesso em: 01 out. 2021.

CARVALHO, Matheus Richter Poggio de. **Perspectivas para o gás natural na cabotagem brasileira**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 91, 2020.

CBIE. **Como funciona o mercado global de GNL**, 2019. Disponível em: <https://cbie.com.br/artigos/como-funciona-o-mercado-global-de-gnl>. Acesso em: 01 dez. 2021.

CELLARD, André. A Análise Documental. In: POUPART, Jean **A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos**. 3. ed. Petrópolis: Vozes, p. 295 – 316, 2012.

CELSE. **Navio regaseificador Golar Nanook chega a Sergipe**, 2021. Disponível em: <https://celse.com.br/br/leitura/381/navio-regaseificador-golar-nanook-chega-a-sergipe>. Acesso em: 02 dez. 2021.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino; SILVA, Roberto da. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Pretence Hall, 2007.

CIANCIARULLO, Mauro Iwanow. **Panorama futuro de gasodutos e o gás para o Brasil**. Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 6, 2020.

CNI. Confederação Nacional da Indústria. **Gás natural liquefeito: Cenários globais e oportunidades para a indústria brasileira**. Brasília, p. 174, 2016.

CNI. Confederação Nacional da Indústria. **Uma Análise da Nova Lei do Gás à Luz do Interesse Público**. Brasília, p. 80, 2020.

CNM. Confederação Nacional de Municípios. **Guia para Integração dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável nos Municípios Brasileiros. Gestão 2017-2020**. Brasília, p. 141. 2017.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. **Transporte e Economia: O Sistema Ferroviário Brasileiro**. Brasília, p. 58, 2013.

COELHO, João Mauro. **Perspectivas do setor de petróleo e gás e as novas rotas do gás natural. Audiência pública. Câmara municipal de Macaé.** Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro, p. 32, 2019.

COSTA JÚNIOR, Nonato. **As políticas regulatórias da ANP voltadas para a redução das perdas e queimas de gás natural.** FGV Energia. Rio de Janeiro, p. 10, 2018.

DATAGRO. Golar Power pretende adquirir cerca de 20% do potencial de biometano do Brasil até 2030. **Notícias do agronegócio**, 2020. Disponível em: <https://portal.datagro.com/pt/agribusiness/12/278471/golar-power-pretende-adquirir-cerca-de-20-do-potencial-de-biometano-do-brasil-ate-2030>. Acesso em: 11 out. 2021.

DNV-GL. **DNVGL-ST-101: Submarine pipeline systems.** DNV. Oslo, p. 521, 2017.

ECONOMIDES, Michael J.; WOOD, David A. The state of natural gas. **Journal of Natural Gas Science and Engineering**, v. 1, n. 1-2, p. 1-13, 2009.

EIA. Carbon Dioxide Emissions Coefficients. **U.S. Energy Information Administration**, 2021. Disponível em: https://www.eia.gov/environment/emissions/co2_vol_mass.php. Acesso em: 11 out. 2021.

EPBR. **Consumo de energia elétrica cresce 4,1% em 2021, aponta CCEE**, 2022. Disponível em: <https://epbr.com.br/consumo-de-energia-eletrica-cresce-41-em-2021-aponta-ccce>. Acesso em: 25 jan. 2022.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Informe Mercado Internacional de GNL 2018/2019.** Rio de Janeiro, p. 33, 2020b.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Alternativas de investimentos na expansão da produção doméstica de GLP e impactos nos abastecimentos nacional e regional.** Rio de Janeiro, p. 19, 2021.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2029.** Rio de Janeiro, p. 393, 2020c.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Indicativo de Processamento e Escoamento de Gás Natural.** Rio de Janeiro, p. 59, 2019.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Relatório da Administração 2010.** Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/aceso-a-informacao/institucional/Relatrio%20de%20administracao/Relat%C3%B3rio%20da%20Administra%C3%A7%C3%A3o%20EPE%20-%202010.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2021.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Terminais de Regaseificação de GNL no Brasil: Panorama dos Principais Projetos.** Rio de Janeiro, p. 47, 2020a.

ETOKAKPAN, Mfonobong Udom *et al.* Modeling natural gas consumption, capital formation, globalization, CO2 emissions and economic growth nexus in Malaysia: Fresh evidence from combined cointegration and causality analysis. **Energy Strategy Reviews**, v. 31, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X20300791>. Acesso em: 15 dez. 2021.

EVANGELISTA, Olinda. Apontamentos para o trabalho com documentos de política educacional. In: ARAUJO, Ronaldo Marcos de Lima; RODRIGUES, Doriedson S. **A pesquisa em trabalho, educação e políticas educacionais**. 1. ed. Campinas: Alínea, v. 1, p. 52-71, 2012.

FERNANDES, Elton; FONSECA, Marcus Vinicius Araújo; ALONSO, Paulo Sergio R.. Natural gas in Brazil's energy matrix: demand for 1995–2010 and usage factors. **Energy Policy JCR**, Inglaterra, v. 33, n. 3, p. 365–386, 2005.

FGV. **A aprovação PL do gás, mas... qual gás?** Fundação Getulio Vargas. Rio de Janeiro, p. 17. 2020.

FGV. A Caixa de Pandora, a esperança e os desinvestimentos da Petrobras. **FGV Energia**, v. 74, n. 11, 2020. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rce/article/view/83620>. Acesso em: 12 dez. 2021.

FGV. **Brasil, Bolívia e Argentina: Gás natural, mercado e acessos**. Fundação Getulio Vargas. Rio de Janeiro. 2019a.

FGV. **Concorrência Inter energética e intermodal no setor de transportes: Possibilidades para o Brasil**. Fundação Getulio Vargas. Rio de Janeiro, p. 14, 2018a.

FGV. **Energia boa é energia acessível: Entendendo as necessidades brasileiras de gás natural**. Fundação Getulio Vargas. Rio de Janeiro, p. 14, 2018b.

FGV. **Energia e sustentabilidade: desafios do Brasil na expansão da oferta e na gestão da demanda**. Fundação Getulio Vargas. Rio de Janeiro, p. 64, (2358-5277), 2014.

FGV. **Novos mercados e impactos nos preços de gás natural**. Fundação Getulio Vargas. Rio de Janeiro, p. 10, 2019b.

FIDELIS, Marco Antônio Barbosa. **Modelo de mercado brasileiro de gás natural: gradações de poder de mercado no lado da oferta**. Fundação Getulio Vargas. Rio de Janeiro, p. 50, 2021.

FILHO, Edson Terra Azevedo *et al.* The pre-salt layer and challenges to competitiveness in Brazil: Critical reflections on the local content policy in the oil and gas Sector. **The Extractive Industries and Society**, v. 6, n. 4, p. 1168-1173, 2019. ISSN 2214-790X.

FIRJAN. Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. **Consumo de gás natural pode aumentar dez vezes no Rio de Janeiro num horizonte de dez anos**. Rio de Janeiro, 2021a.

FIRJAN. Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. **Informe Petróleo, Gás e Naval: Informe PG&N 05-01-2021**. Rio de Janeiro, 2021b.

FIRJAN. Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. **Perspectivas sobre o Gás Natural do pré-sal brasileiro**. Rio de Janeiro, p. 17, 2017.

FOSS, Michelle M. **Introduction to LNG: An overview on liquefied natural gas (LNG), its properties, the LNG industry, and safety considerations**. Center for Energy Economics, Bureau of Economic Geology, Jackson School of Geosciences, The University of Texas at Austin, Tex. Center for Energy Economics. Houston, p. 36, 2012.

FROEHLICH, Cristiane. Sustentabilidade: dimensões e métodos de mensuração de resultados. **DESENVOLVE: Revista de Gestão do Unilasalle**, Canoas, v. 3, n. 2, p. 18, 2014.

GASMIG. Vantagens e Benefícios. **Site da GASMIG**, 2021. Disponível em: <http://www.gasmig.com.br/GasNatural/Paginas/Vantagens-e-Beneficios.aspx>. Acesso em: 10 dez. 2021.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GOMES, Ana C. D. O. **Estudo da utilização do gás natural como fonte geradora de energia no Brasil**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 63, 2006.

GOUVEIA, Gabriella Elias; OKIDOI, Paola Sato. **O gás natural liquefeito como alternativa energética no transporte marítimo: Os terminais de regaseificação**. XI FATECLOG. Bragança Paulista: FATEC Jornalistia Omair Fagundes de Oliveira, p. 10, 2020.

GUBA, Egon G.; LINCOLN, Yvonna S. **Effective Evaluation. Improving the Usefulness of Evaluation Results Through Responsive and Naturalistic Approaches**. San Francisco: Jossey-Bass Publishers, v. 1, 1981.

HUACCHO-HUATUCO, Luisa; BALL, Peter D. The quest for achieving United Nations sustainability development goals (SDGs): Infrastructure and innovation for responsible production and consumption. **RAUSP Management Journal**, York, v. 54, n. 3, p. 357-362, 2019.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Amostra de Domicílios Contínua -PNAD Contínua**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/17270-pnad-continua.html?=&t=o=que-e>. Acesso em: 05 out. 2021.

IEA. **World Energy Outlook**. International Energy Agency. França, p. 464. 2020.

IGU. **Case studies in improving urban air quality**. International Gas Union's. Noruega, p. 22, 2018.

JOKAR, Seyyed M. *et al.* Transformation of associated natural gas into valuable products to avoid gas wastage in the form of flaring. **Journal of Natural Gas Science and Engineering**, v. 94, p. 104078, 2021. Doi: 10.1016/j.jngse.2021.104078., 2021.

KAMIMURA, A.; GUERRA, S. M. G.; SAUER, I. L. On the substitution of energy sources: Prospective of the natural gas market share in the Brazilian urban transportation and dwelling sectors. **Energy Policy**, v. 34, p. 3583–3590, 2006.

KRIPKA, Rosana Maria Luvezute; SCHELLER, Morgana; BONOTTO, Danusa de Lara. Pesquisa documental na pesquisa qualitativa: conceitos e caracterização **Revista de investigaciones UNAD**, Bogotá, v. 14, n. 2, p. 55-73, 2015.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Pesquisa Documental. Fundamentos da metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2003.

LEAL, Daniella Silva *et al.* O uso do gás natural na geração termelétrica e os impactos causados pela pandemia. In: **IV Congresso nacional de engenharia de petróleo, gás natural e biocombustíveis**, 2021.

LEAL, Fernando; REGO, Erik E.; RIBEIRO, Celmado Oliveira. Natural gas regulation and policy in Brazil: Prospects for the Market expansion and energy integration in Mercosul. **Energy Policy**. v. 128, p. 817–829, 2019.

LIAW, Cylon. **Novas fronteiras de expansão para o gás natural: o suprimento em pequena escala através da malha ferroviária brasileira**. USP. Programa de pós graduação em energia, p. 125, 2018.

LOSEKANN, Luciano; TAVARES, Amanda. **Transição energética e potencial de cooperação nos BRICS em energias renováveis e gás natural**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília. 2021.

LÜDKKE, Menga; ANDRÉ, Marli E. D. A. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: Editora Pedagógica Universitária LTDA, 1986.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1982.

MARINE-TRAFFIC. **Vessel photos**, 2021. Disponível em: https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:752995/mmsi:636011170/imo:9165011/vessel:GOLAR_MAZO. Acesso em: 11 out. 2021.

MARONI. **Scania vende 50 caminhões a gás para o Grupo Maroni**, 2021. Disponível em: <https://www.grupomaronibrasil.com.br/%e2%80%8bscania-vende-50-caminhoes-a-gas-para-transmaroni/>. Acesso em: 11 out. 2021.

MATHIAS, Melissa Cristina; SZKLO, Alexandre. Lessons learned from Brazilian natural gas industry reform. **Energy Policy**, v. 35, p. 6478–6490, 2007.

MAY, Tim. **Pesquisa Social: questões, métodos e processos**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 12, p. 117-128, 2006.

MOTTA, Rafaella F. **Uso de Gás Natural em navios de apoio: Infraestrutura de Abastecimento**. Universidade federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015.

MOZZATO, Anelise Rebelato; GRZYBOVSKI, Denize. Análise de conteúdo como técnica de análise de dados qualitativos no campo da administração: potencial e desafios. **RAC**, Curitiba, v. 15, n. 4, p. 731-747, jul./ago. 2011.

ODM BRASIL. **Objetivos de Desenvolvimento do Milênio: As políticas do Brasil para atingir os ODM**. FIOCRUZ. Rio de Janeiro, p. 42, 2011.

ONS. Operador nacional do sistema. **Resultados da operação: histórico da operação**. Operador Nacional do Sistema. Brasília, 2021.

ONU. Organização das Nações Unidas. **The Millennium Development Goals Report**. Genebra, 2015.

ONUBR. **Objetivos de Desenvolvimento do Milênio**, 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/tema/odm>. Acesso em: 23 dez. 2021.

PESSOA, Thiago A. **Logística brasileira: um estudo teórico do modal dutoviário**. UFPB/CCSA, 2016.

PETROBRAS. **Áreas de atuação - Gás natural**, 2022. Disponível em: <https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/areas-de-atuacao/gas-natural>. Acesso em: 23 dez. 2021.

PPSA. Perspectivas sobre o gás natural do pré-sal brasileiro. **17º Seminário de gás natural**, 2017. Disponível em: https://www.presalpetroleo.gov.br/ppsa/conteudo/comunicacao/conteudo-tecnico/IBP_Seminario_sobre_gas_Oswaldo_Pedrosa_27_07_2016.pdf. Acesso em: 11 out. 2021.

PRAÇA, Eduardo R. **Distribuição de gás natural no Brasil: um enfoque crítico e de minimização de custos**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes. Fortaleza, p. 159, 2003.

REGO, Erik Eduardo. Reserveprice: Lessons learned from Brazilian electricity procurement auctions. **Energy Policy, Elsevier**, v. 60, p. 217–223, 2013.

- RIBEIRO, Diego V.; CAMPOS, Carlos H. O transporte de petróleo, gás natural e biocombustíveis. **Revista Direto E-nergia**, v. 3, n. 1, 2014.
- RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- RN-LOGISTICA. **A RN Logística compra o primeiro caminhão GNV da Scania**, 2019. Disponível em: <https://rnlogistica.com.br/blog/a-rn-logistica-compra-o-primeiro-caminhao-gnv-da-scania>. Acesso em: 11 out. 2021.
- RODRÍGUEZ VITAL, Asunción Lucía *et al.* Avances y desafíos de Colombia para el alcance del ODS-7 de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas. **Encuentros Revista De Ciencias Humanas, Teoría Social Y Pensamiento Crítico**, p. 120–133, 2021. Doi: 10.5281/zenodo.4758625
- ROMEIRO, Diogo Lisbona. **Contratação de térmicas a gás natural no Brasil em tempos de reformas**. Rio Oil & Gas Expo and Conference 2020. Rio de Janeiro: Technical Papers. 2020.
- RÚDIO, Franz V. **Introdução ao projeto de pesquisa científica**. 10. ed. Petrópolis: Editora Vozes Ltda, 1985. 124 p.
- SABINO, Marlla. **Brasil reinjeta mais gás natural nos poços do que importa da Bolívia**, 2019. Disponível em: <https://bit.ly/2Q5Iprm>. Acesso em: 23 dez. 2021.
- SANTOS, Edmilson M.; PEYERL, Drielli; NETO, Anna L. A. **Oportunidades e Desafios do Gás Natural e do Gás Natural Liquefeito no Brasil [recurso eletrônico]**. 1. ed. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2020.
- SCANIA. **Caminhão a gás: A energia do amanhã, hoje**, 2021. Disponível em: <https://www.scania.com/br/pt/home/products/trucks/gas-truck.html>. Acesso em: 11 out. 2021.
- SERGIPE. **Distribuição de gás**. Secretaria de estado de desenvolvimento econômico, da ciência e tecnologia. Estado de Sergipe, 2019. Disponível em: http://antigo.mme.gov.br/documents/36112/491930/S_4_Marcelo+Menezes.pdf/52db4fdc-4226-cd52-2bea-a8daed69582a. Acesso em: 11 out. 2021.
- SERRA, P. **Abertura do mercado de gás natural. Fórum regulatório de Oil & Gas**. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Rio de Janeiro. 2018.
- SILVA, Luiz Henrique Vieira de. **Aplicação e impactos dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável em grandes empresas privadas do setor industrial no Brasil**. Dissertação de Mestrado em Sustentabilidade. PUC-Campinas. São Paulo, p. 257, 2021.
- SIMA. Secretaria de infraestrutura e meio ambiente. **Resumo executivo: Dados de produção e consumo de petróleo, derivados e gás**. Governo do Estado de São Paulo. São Paulo, 2021.

SIMÕES, Rogerio; SILVA, Ana Carla. Pesquisa documental: uma pratica para a identificação de problemas na captação de recursos federais. **XIX Seminário em administração**. São Paulo: USP, 2016.

SUASSUNA, João. **A propósito do consumo de água e da poluição das termelétricas**, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/observa-fundaj/artigos-de-joao-suassuna/a-proposito-do-consumo-de-agua-e-da-poluicao-das-termeletricas>. Acesso em: 11 out. 2021.

TGS. Terminal Gás Sul, 2021. Disponível em: <https://www.terminalgassul.com.br>. Acesso em: 11 out. 2021.

THOMAS, Sydney; DAWE, Richard A. Review of ways to transport natural gas energy from countries which do not need the gas for domestic use. **Energy**, Trinidad and Tobago, v. 28, p. 1461-1477, ago. 2003.

TRANSPODATA. **Primeiro ônibus rodoviário a GNV inicia operação até abril**, 2021. Disponível em: <https://transpodata.com.br/primeiro-onibus-rodoviario-a-gnv-inicia-operacao-ate-abril>. Acesso em: 11 out. 2021.

VASCONCELOS, Claudemir D. *et al.* Network flows modeling applied to the natural gas pipeline in Brazil. **Journal of Natural Gas Science and Engineering**, v. 14, p. 211- 224, 2013. Doi: 10.1016/j.jngse.2013.07.001.

VEIGA, José Eli da. **Para entender o desenvolvimento sustentável**. 1 ed. São Paulo: Editora 34, 2015.

VELOZO, Alexildo Vaz; OLIVEIRA, Kelly Nogueira de; DAMASCENO, Pedro Ernesto Gonçalves. **O modal dutoviário: análise da importância e considerações sobre suas principais características**. 87 p. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transporte). Universidade federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

VIEGAS, Thales de Oliveira Costa *et al.* Políticas públicas para a expansão da utilização do gás natural na geração termelétrica do Brasil. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, 2018.

VIEIRA, André. **A eficiência de uso da água na geração elétrica**. Caderno opinião. FGV Energia. Rio de Janeiro. 2019.

VOLVO. **Reduza sua pegada com caminhões movidos a gás**. Volvo Caminhões., 2021. Disponível em: <https://www.volvotrucks.com.br/pt-br/trucks/alternative-fuels/gas-powered-trucks.html>. Acesso em: 05 set. 2021.

ZAMPIRELLI, Ronavi Franco. **Implementação de um sistema de informações para logística em uma empresa de transporte de gás natural**. Curso de Engenharia de Produção. Universidade de Caxias do Sul, 2017, 46 p.