



Mapeamento e projeção de consumo do gás natural no Brasil

Mariana Dias Fonseca

Raísa Fontenele Carvalho

Projeto Final de Curso

Orientador

Profa. Suzana Borschiver, D.Sc.

Agosto de 2017

Mapeamento e projeção de consumo do gás natural no Brasil

Mariana Dias Fonseca

Raísa Fontenele Carvalho

Projeto Final de Curso submetido ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheiro Químico.

Aprovado por:

Luís Eduardo D. Dutra, Dr.

Alexandre Castro Leiras Gomes, D.Sc.

Fabricio Januzzi

Orientado por:

Suzana Borschiver, D.Sc.

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Agosto de 2017

FONSECA, Mariana Dias; CARVALHO, Raísa Fontenele

Mapeamento e projeção de consumo do gás natural no Brasil / Mariana Dias Fonseca e Raísa Fontenele Carvalho, Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2017

XI, 69 p.

Projeto final de curso – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2017.

Orientador: Suzana Borschiver

Palavras-chave: Projeção de demanda; Métodos de projeção; Gás natural.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por nossas vidas e por renovar nossas forças a cada manhã.

Aos nossos pais, agradecemos pelo amor incondicional e por terem trabalhado duro para nos dar oportunidades que eles mesmos muitas vezes não tiveram. Vocês são nossos maiores exemplos.

Aos nossos familiares, agradecemos o carinho e apoio.

Aos nossos amigos - os que passaram por nossas vidas ao longo desses anos ou os que ainda ficarão por muitos anos mais - agradecemos por tornarem a caminhada mais leve e por dividirem conosco as lembranças mais especiais.

Aos nossos chefes, Fabrício e Renata, agradecemos a confiança e compreensão que foram fundamentais para concluirmos com sucesso essa etapa.

Aos nossos colegas de trabalho, agradecemos o exemplo e conhecimento compartilhado, que muito contribuíram para iniciarmos nossa carreira.

A professora Suzana Borschiver, agradecemos a orientação, o tempo dedicado a nós e todo o conhecimento transmitido ao longo do desenvolvimento do projeto.

Ao professor Luís Eduardo D. Dutra, agradecemos os conhecimentos passados na disciplina EQE024 - Estrutura da Indústria de Petróleo e Gás, que muito contribuíram para a construção da análise crítica do presente trabalho.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram, não só para a realização deste projeto, como também para nossa formação, nosso muito obrigado.

Resumo do Projeto de Final de Curso apresentado à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheiro Químico.

Mapeamento e projeção de consumo do gás natural no Brasil

Mariana Dias Fonseca
Raísa Fontenele Carvalho

Agosto, 2017

Orientador: Prof. Suzana Borschiver

O gás natural ganha cada vez mais importância na matriz energética mundial. No cenário nacional a mesma tendência é observada, contudo, devido às características desse setor, a expansão da oferta de gás somente será possível através de maiores investimentos no setor.

O conhecimento da demanda futura de gás possibilita que o planejamento estratégico do setor seja feito de forma fundamentada e evidencia a importância do gás em médio/longo prazo para o desenvolvimento do país.

O presente trabalho objetiva identificar e aplicar um método de projeção adequado à previsão de demanda do gás natural em médio prazo - 7 anos.

Uma segmentação do setor com base na estrutura de consumo é proposta e a mesma é utilizada durante o desenvolvimento do método. Utiliza-se a metodologia de projeção por regressão linear, na qual se propõe uma correlação da demanda de gás natural para cada um dos setores com alguma outra variável conhecida (exemplo: PIB, crescimento populacional).

Os resultados obtidos pela aplicação do método são discutidos na sequência e analisados com base na atual conjuntura econômica do país. Além disso, trabalhos futuros mais aprofundados são propostos e poderiam usar como base os resultados e discussão aqui apresentados.

Abstract of project presented to EQ/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Chemical Engineer.

Mapping and projection of natural gas consumption in Brazil

Mariana Dias Fonseca
Raísa Fontenele Carvalho

August, 2017

Advisor: Prof. Suzana Borschiver

The natural gas has becoming more important in the energetic world matrix. In the National scenario, the same tendency is observed. Although, due to the sector characteristics, the supply expansion of the gas will be possible only through the bigger investments in the sector.

The knowledge of the future demand of the gas allows the strategic planning of the sector to be robustly made of a solid way and highlights the importance of the gas in a medium/long term for the country development.

The present article aims to identify and apply a projection method suitable for the forecast of natural gas demand in a medium term – 7 years.

A sector segmentation based on the consumption structure is proposed and the same explored during the method development. Projection by linear regression is used in this paper, in which is verified a correlation of the natural gas demand for each one of the sectors with another known variables. (Example: GDP, Population growth).

The results obtained through the method application are discussed below and are analyzed considering the current economic scenario of the country. Besides, further articles are proposed and could be based on results and discussions presented in this article.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Relevância do tema	12
1.2 Objetivo	13
1.3 Estrutura do trabalho	13
2. CONTEXTUALIZAÇÃO	14
2.1 O que é o gás natural?	14
2.2 A cadeia de produção do gás natural convencional	14
2.2.1 Exploração, produção e processamento	15
2.2.2 Transporte e armazenamento	16
2.2.3 Distribuição	18
2.3 O mercado mundial de gás natural	18
2.4 Mercado brasileiro de Gás Natural	20
2.4.1 Produção	21
2.4.2 Consumo	22
2.4.3 Importação	23
2.4.4 A influência da Petrobras no Mercado de Gás Natural no Brasil	25
3. PROJEÇÃO DE DEMANDA	28
3.1 O que é a projeção de demanda?	28
3.1.1 Importância da projeção de demanda no cenário energético	28
3.1.2 Consequências de um não planejamento de demanda	29
3.2 Como fazer a projeção?	30
3.3 MODELOS QUALITATIVOS	31
3.3.1 Pesquisa de mercado	31
3.3.2 Método Delphi	32
3.4 MODELOS QUANTITATIVOS	32
3.4.1 Previsão quantitativa baseada em séries temporais	32
3.4.1.1 Modelos de Séries Temporais	32
3.4.1.2 Técnica de Abordagem Naive	33
3.4.1.3 Técnica de Média Móvel	34
3.4.1.4 Técnica de Suavização Exponencial	36
3.4.2 Métodos Quantitativos Causais (Correlação)	37

3.4.2.1	Correlações e Regressão.....	37
3.5	Seleção de método de projeção	39
3.6	Revisão bibliográfica de projeções de cenário de Gás Natural	41
4	METODOLOGIA	48
4.1	Segmentação da demanda considerada no modelo de projeção.....	48
4.2	Variáveis do modelo.....	49
4.2.1	Setor Industrial	49
4.2.2	Setor de Geração Elétrica.....	50
4.2.3	Setor Residencial e Comercial	50
4.2.4	Setor Automotivo	50
4.2.5	Dados históricos e projeção das variáveis de modelo	52
4.3	Desenvolvimento do modelo.....	53
4.4	Projeção da demanda total.....	54
4.5	Validação de variáveis e avaliação da projeção	55
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
5.1	Setor industrial	56
5.2	Setor de Geração Elétrica.....	57
5.3	Setor Residencial e Comercial	58
5.4	Setor Automotivo	60
5.5	Demanda total	61
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
7	BIBLIOGRAFIA.....	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema da geologia dos recursos de gás natural	16
Figura 2: Rede de gasodutos de transporte por operadora.....	17
Figura 3 – Participação da Petrobrás no setor de Gás Natural	26
Figura 4 - Esquema de modelos de previsão	31
Figura 5 - Árvore de seleção de métodos de previsão.....	40

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Reservas provadas de gás natural no mundo em 2015.....	19
Gráfico 2 - Produção de gás natural no mundo em 2015	19
Gráfico 3 - Consumo de gás natural no mundo em 2015	20
Gráfico 4 - Histórico de Produção de gás natural por localização, 2000-2016	21
Gráfico 5 - Segmentação do consumo de gás natural em 2016.....	22
Gráfico 6 - Consumo de gás natural por segmento, 2005-2016	23
Gráfico 7 - Oferta nacional e importada de gás natural 2010 – 2016.....	24
Gráfico 8 - Importação de gás natural, 2010 - 2016.....	25
Gráfico 9 - Exemplo de projeção pelo método Naive Elaboração própria.....	33
Gráfico 10 - Exemplo de projeção por média móvel Elaboração própria	35
Gráfico 11 - Exemplo de projeção por suavização exponencial	36
Gráfico 12 - Balanço de gás natural por região no Brasil	42
Gráfico 13 - Demanda de gas natural para industria de fertilizantes.....	44
Gráfico 14 – Demanda e oferta de ureia.....	45
Gráfico 15 - Projeção da demanda de gas natural por setor	47
Gráfico 16 - Relação entre frota de veículos a GNV e consumo de GNV	51
Gráfico 17 - Representatividade consumo GNV	52
Gráfico 18 - Demanda do Setor Industrial por modelo de regressão linear com PIB	56
Gráfico 19 - Demanda do Setor de Geração Elétrica por modelo de regressão linear com GAP de energia.....	58
Gráfico 20 - Demanda do Setor Residencial/Comercial por modelo de regressão linear com crescimento populacional	59
Gráfico 21 – Representatividade do GNV.....	60
Gráfico 22 - Demanda do setor Automotivo	61
Gráfico 23 - Projeção da demanda total de gás natural	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplo de projeção pelo método Naive Elaboração própria	34
Tabela 2 - Exemplo de projeção por média móvel Elaboração própria	35
Tabela 3 - Exemplo de projeção por suavização exponencial.....	37
Tabela 4 - Consumo de gás natural por região	46
Tabela 5 - Dados históricos e projeção das variáveis do modelo.....	53
Tabela 6 - Histórico de demanda de gás natural por setor.....	54

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Média móvel	34
Equação 2 - Média móvel ponderada	34
Equação 3 - Suavização exponencial	36
Equação 4 - Regressão simples.....	38
Equação 5 - Coeficiente de determinação	38
Equação 6 - Regressão múltipla.....	39

1. INTRODUÇÃO

1.1 Relevância do tema

Inicialmente tido como “vilão” ao ser encontrado junto aos campos de petróleo por dificultar as atividades de prospecção, o gás natural passou a ter papel fundamental na matriz energética mundial. Sendo o mais limpo dentre os combustíveis fósseis, sua abundância e flexibilidade são as principais características responsáveis pela franca expansão do gás natural em todo o mundo. As reservas de gás cresceram 36% e sua produção, 61%, nas últimas duas décadas. (World Energy Council, 2013)

Entre todos os segmentos, o de geração de energia é o de maior crescimento, com previsões de que o gás triplique sua participação na matriz energética entre 2005 e 2030, passando de 5% para 16% (Tolmasquim, 2007). Assim, acredita-se que a indústria do gás natural caminha na direção da globalização e tende a se transformar numa indústria energética mundial, similar à indústria do petróleo.

No Brasil, mesmo a energia hidráulica sendo ainda hoje a mais importante na matriz energética do país, nos últimos anos nota-se uma explosão no consumo de gás natural, principalmente associado ao setor termelétrico. No entanto, o aumento da demanda não foi acompanhado pelo aumento de produção, o que tornou o país fortemente dependente de importação, que chegou a representar em 2006 cerca de 50% do volume de gás comercializado no mercado doméstico. (ANP, 2010)

Para reverter esse cenário torna-se, portanto, fundamental um planejamento de longo prazo, contemplando tanto a demanda como a oferta de gás. Para que haja investimentos nesse setor é necessário que exista demanda e que sejam criadas condições mais favoráveis ao desenvolvimento do mercado, como por exemplo simplificar a questão tributária e expandir a infraestrutura de transportes para promover maior acesso ao gás. O planejamento de demanda deve ser por sua vez baseado no desenvolvimento dos setores que utilizam gás natural atualmente e na expansão dessa aplicação como, por exemplo, no setor industrial, na geração de eletricidade em usinas termelétrica e também na substituição de GLP em residências e no uso automotivo.

1.2 Objetivo

O presente estudo se propõe a realizar uma projeção da demanda de gás natural em médio/longo prazo no Brasil, seguido de uma análise crítica dos resultados obtidos em relação à atual conjuntura econômica brasileira. Além disso é feita uma comparação da projeção realizada com outras projeções existentes para destacar e permitir a avaliação das premissas usadas no modelo desenvolvido.

1.3 Estrutura do trabalho

O estudo reúne inicialmente algumas características do gás natural, seu processo de produção e informações sobre o mercado, com maior enfoque para o mercado nacional, que são apresentados no capítulo 2. Em seguida, no capítulo 3, faz-se uma breve apresentação de diferentes métodos de projeção de demanda e uma revisão de projeções similares, para a demanda de gás natural, encontradas na literatura. A escolha do método mais adequado ao objetivo do projeto bem como seu desenvolvimento é apresentada no capítulo 4. Para a projeção da demanda total estudou-se separadamente os diferentes setores consumidores. Os resultados obtidos pela aplicação do método e uma análise crítica dos mesmos é feita no capítulo 5, onde ainda se realiza uma comparação com o resultado da projeção calculada e as projeções existentes na literatura. Por fim, uma conclusão sobre o estudo é apresentada no capítulo 6.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO

2.1 O que é o gás natural?

Resultado da decomposição de matéria orgânica fóssil, o gás natural é uma mistura de hidrocarbonetos leves que permanece em estado gasoso em condições atmosféricas normais. A composição do gás pode variar de acordo com fatores como, por exemplo, o tipo de reservatório e processo de produção, mas em geral o metano (CH₄) é seu principal componente com teor acima de 70%.

Além dessas características, o gás natural é um combustível fóssil que, quando comparado aos derivados de petróleo e carvão, se mostra a mais limpa fonte de energia não renovável. Isso se deve ao fato de sua combustão originar apenas água e dióxido de carbono (CO₂), dois componentes não tóxicos. (ANP,2017)

De acordo com o tipo de reservatório no qual é encontrado, o gás natural pode ser classificado como associado ou não associado. No primeiro caso trata-se de gás dissolvido no petróleo ou que se encontra em contato direto com óleo. Esse tipo de gás passa por um processo de purificação após sua extração. Já o gás não associado é encontrado livre de óleo e não requer nenhum tipo de tratamento. (BRITTO, 2002)

Atualmente existe ainda uma classificação em relação à proveniência do gás. Para o gás natural chamado convencional, as tecnologias de extração já são conhecidas e dominadas. Em contrapartida, o gás que necessita de tecnologias de extração que não são plenamente dominadas ou economicamente atrativas é chamado não convencional. Essencialmente, existem diversas categorias de gás não convencional, como gás alocado em reservatórios a grande profundidade ou em águas profundas, em formações muito pouco permeáveis, gás de xisto, gás de carvão, gás de zonas geopressurizadas e hidratos submarinos e árticos. (ABRACE, 2015)

2.2 A cadeia de produção do gás natural convencional

A cadeia produtiva será apresentada a seguir, dividida em 3 principais blocos: Exploração/produção/processamento, transporte/armazenamento e distribuição.

2.2.1 Exploração, produção e processamento

A exploração, extração e processamento do gás natural no Brasil são realizadas por empresas sob concessão da União. Durante a etapa de exploração, as empresas buscam identificar a ocorrência de gás e caso seja verificada a ocorrência de hidrocarbonetos ou quaisquer outros recursos naturais por, no mínimo, dois métodos de detecção ou avaliação, independentemente da sua quantidade, qualidade ou comercialidade, a empresa deve realizar uma “notificação de descoberta”. (ANP, 2016).

Busca-se então verificar a viabilidade da jazida para fins comerciais. Para isso são realizados testes de formação e perfuração de poços de delimitação e caso sejam positivos, é feito o mapeamento do reservatório, que será encaminhado para o setor de produção.

Já para a produção do gás natural, diferentes processos podem ser utilizados dependendo do tipo de reservatório e da aplicação final, sendo o caso mais comum o de reservatório em águas marinhas e gás associado. Tudo começa com a instalação da infraestrutura necessária à operação do poço e às atividades de perfuração. (COLOMER,2015)

A localização exata da extração depende de inúmeros fatores, incluindo, por exemplo, a natureza da formação potencial a ser perfurada, as características geológicas da superfície e o tamanho do depósito alvo. Um esquema da geologia associada a cada tipo de gás é apresentado na figura 1 a seguir:

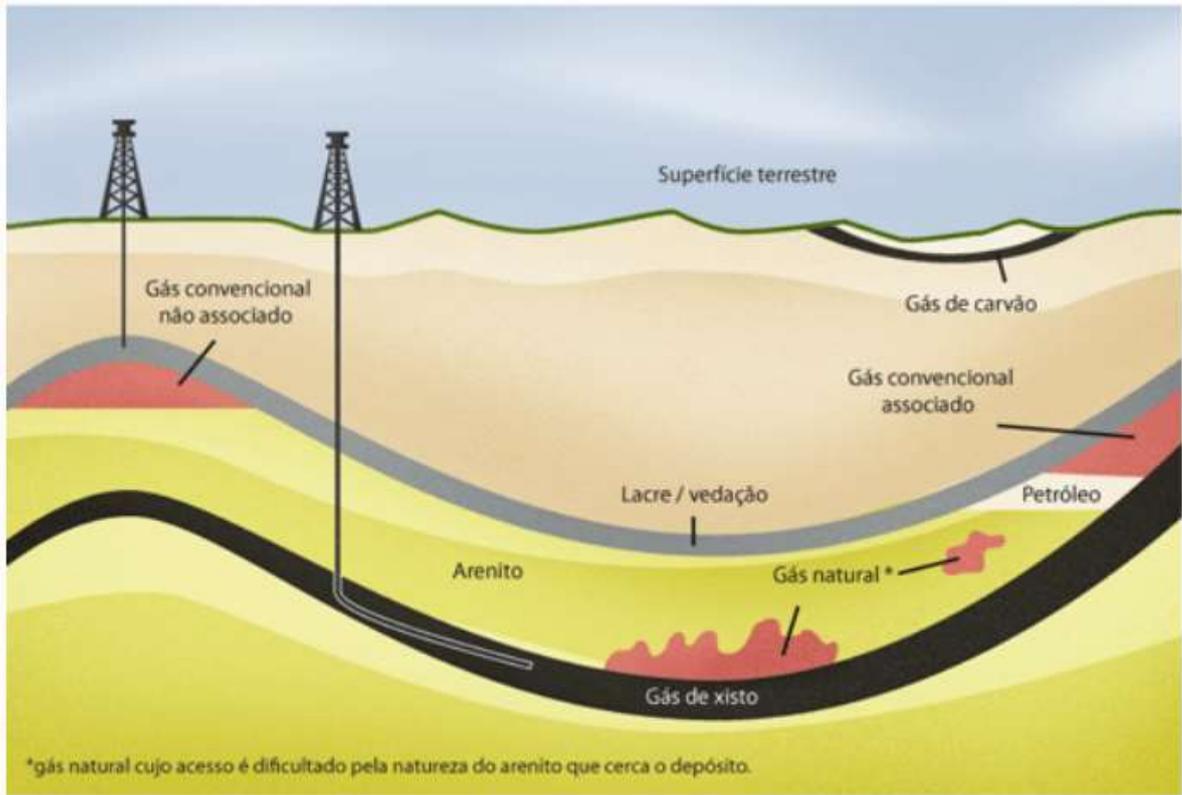


Figura 1: Esquema da geologia dos recursos de gás natural

Fonte: ABRACE

As etapas posteriores relacionam-se ao processamento e tratamento do gás extraído, que precisa ser realizado para permitir a comercialização do gás. Assim que é retirado da jazida, o gás natural (associado e não associado) passa por vasos depuradores para separar as partículas líquidas (água e hidrocarbonetos líquidos) e sólidas (pó, produtos de corrosão) e ainda por unidades de dessulfurização, para o tratamento das corrente e eliminação dos resíduos de enxofre. Somente após as etapas de tratamento o produto é enviado às Unidades de Processamento do Gás Natural (UPGN). Parte do gás natural pode ser aproveitada ainda para estimular a recuperação do petróleo através dos métodos de reinjeção nos poços. (BRITTO, 2002)

2.2.2 Transporte e armazenamento

O gás natural pode ser transportado na forma gasosa ou liquefeito. Na fase gasosa, o transporte de grandes volumes se dá em geral por gasodutos, que operam a pressões de 120kgf/cm², ou através de caminhões tanque para pequenos volumes, sendo o gás comprimido

a 230 kgf/cm². Já na forma liquefeita, atrativa quando há necessidade do transporte por longas distâncias, utilizam-se navios e caminhões adequados, sendo a liquefação do gás realizada por resfriamento a - 160°C - processo mais seguro e economicamente viável que a liquefação por pressurização (GEPEA, USP).

No Brasil, o transporte de gás natural se dá exclusivamente por gasodutos e só pode ser realizado por empresas que não comercializam o produto. Desta forma, as transportadoras se responsabilizam exclusivamente pelos serviços de transporte até os pontos de entrega.

Atualmente, a malha de gasodutos de transporte no Brasil é formada por 9.410 km de dutos, sendo 96,1% controlado pela Petrobras (dada sua participação de 100% na TAG e participação de 51% na TBG) (EPE, 2015). Existem ao total 4 empresas responsáveis pelo transporte. A malha de gasodutos em 2016 é apresentada na figura 2 a seguir:



Figura 2: Rede de gasodutos de transporte por operadora
Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE); Elaboração: FGV/CERI.

Contudo, o sistema brasileiro de gasodutos ainda é muito incipiente se comparado a países como a Argentina, que possui uma extensão de gasodutos (incluindo redes de transporte e de

distribuição) cerca de dez vezes maior. Isso evidencia uma grande carência de investimento e de recursos para a construção de novas redes. (IEE USP, 2017)

Foi com a expansão do mercado de termelétricidade que a construção de novos gasodutos foi impulsionada. O principal interesse foi na importação de gás da Argentina, com capacidade agregada de oferta de cerca de 30 milhões m³/dia de capacidade. (ALVEAL e BORGES, 2001)

2.2.3 Distribuição

A distribuição é a etapa final do sistema de fornecimento. É o momento em que o gás chega ao consumidor para uso industrial, automotivo, comercial ou residencial. Nesta fase, o gás já deve atender a padrões rígidos de especificação e estar isento de contaminantes, para não causar problemas aos equipamentos onde será utilizado como combustível ou matéria-prima.

No Brasil, a distribuição de gás natural canalizado é responsabilidade dos governos estaduais, conforme definido pela Constituição. Existem 27 distribuidoras, que representam, na maioria dos casos, uma distribuidora por Estados. Após a implantação do Gasoduto Bolívia-Brasil (Gasbol), o crescimento das vendas de gás natural foi de 153,08%, impulsionando também a expansão no setor de distribuição (CNI, 2014).

2.3 O mercado mundial de gás natural

O gás natural é a terceira fonte mais importante na matriz energética mundial, perdendo apenas para o petróleo e o carvão. Desde 1980, sua participação apresenta crescimento e se manteve acima de 20% após os anos 2000 (IEA, 2015). Suas reservas estão distribuídas ao redor do mundo sendo as maiores concentrações no oriente médio, Europa e Eurásia, somando mais de 70% do total mundial (BP, 2015).

Apesar de sua crescente importância, as características do gás natural dificultam e encarecem o transporte desse produto, fortalecendo mercados regionais e não mundiais. Em 2010, por exemplo, somente 30% da produção mundial foi comercializada internacionalmente. Dentre os mercados regionais formados para o gás natural destacam-se principalmente o norte-americano, o europeu e o asiático, cada um com características próprias e diferentes infraestrutura estabelecidas. (BP, 2015).

A segmentação das reservas, produção e consumo de gás por região em 2015 é apresentada nos gráficos a seguir:

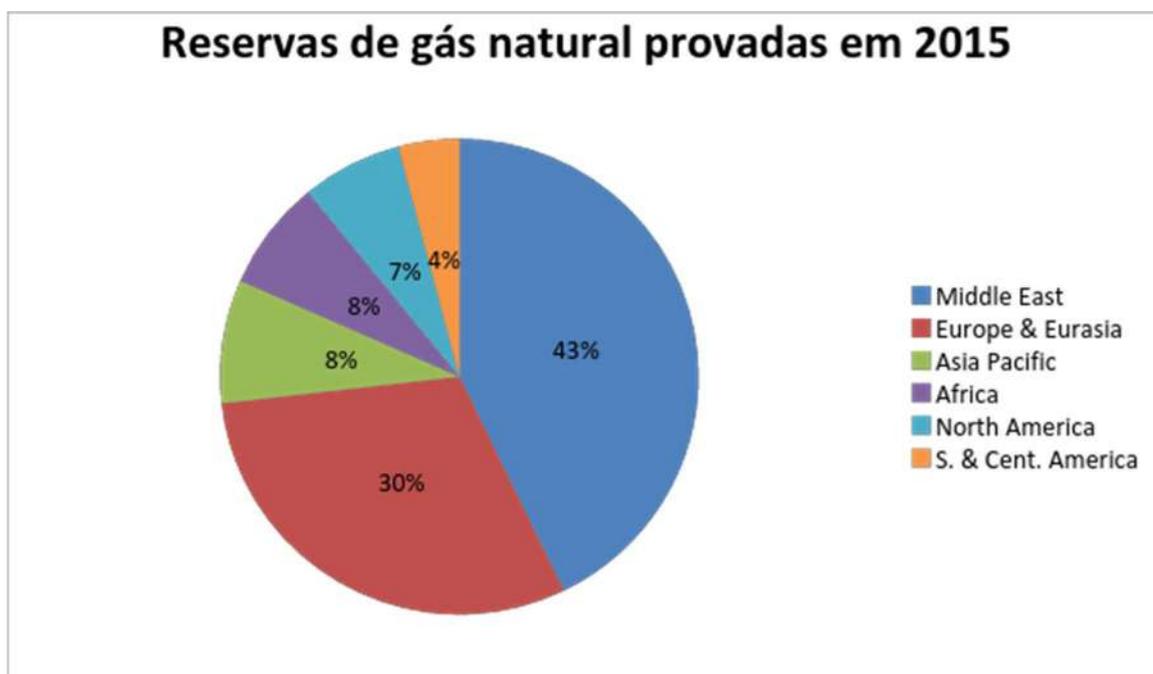


Gráfico 1 - Reservas provadas de gás natural no mundo em 2015

Fonte: BP Statistical review, 2016

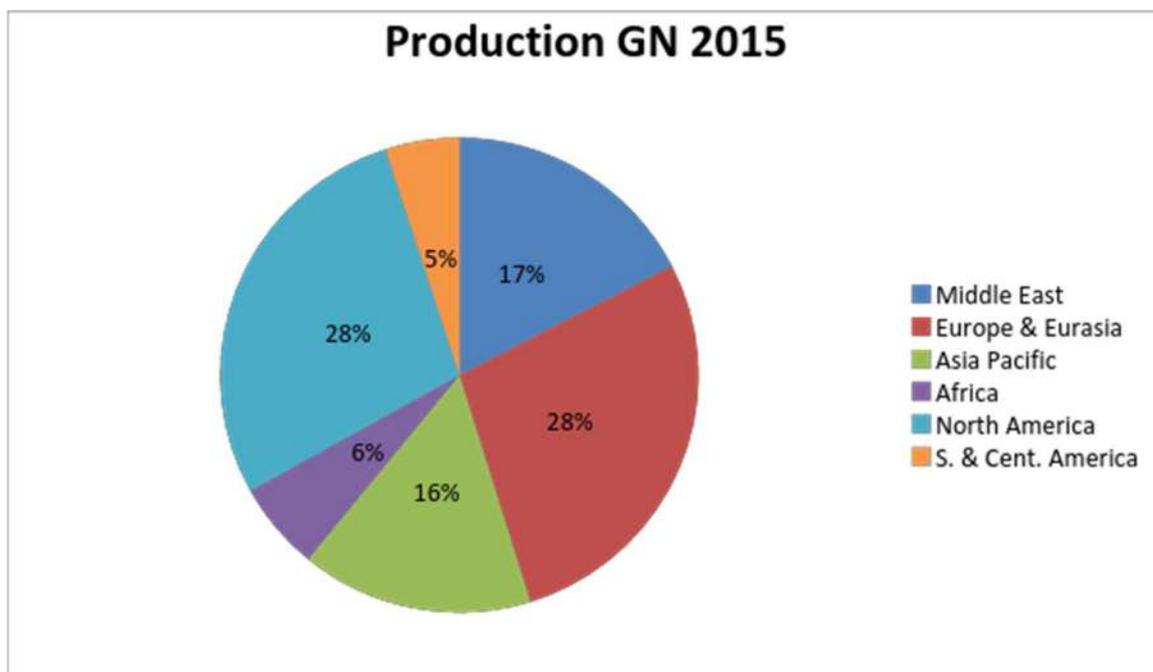


Gráfico 2 - Produção de gás natural no mundo em 2015

Fonte: BP Statistical review, 2016

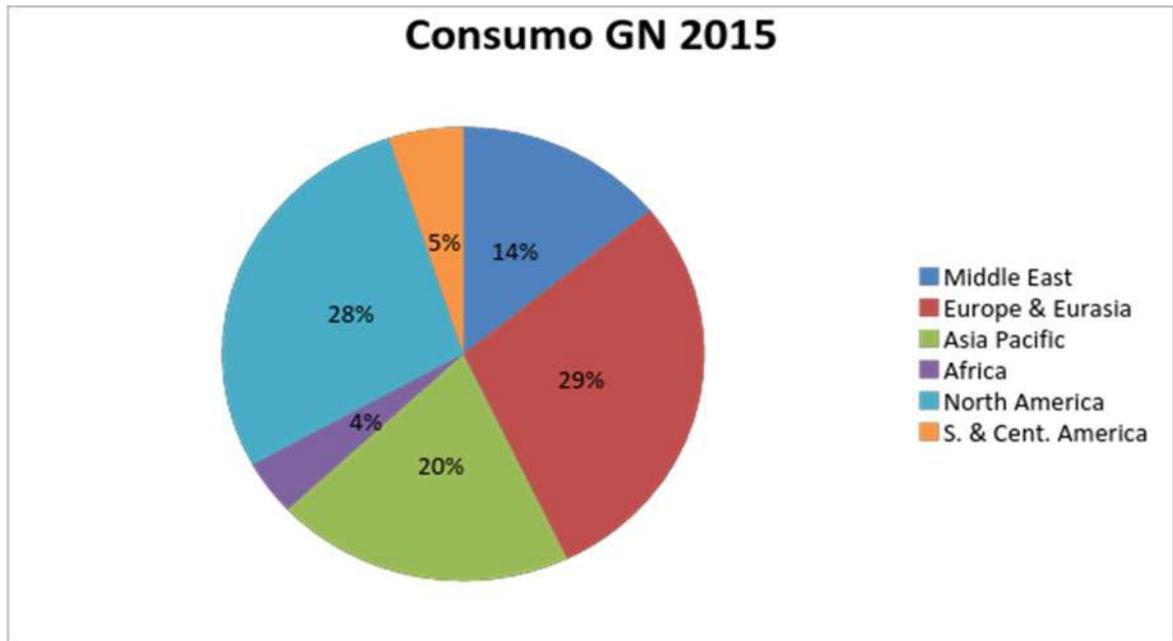


Gráfico 3 - Consumo de gás natural no mundo em 2015
Fonte: BP Statistical review, 2016

Apesar de a América do Norte deter apenas 7% das reservas mundiais provadas até 2015, esse mercado é o maior produtor e consumidor mundial do gás natural. Isso se deve em parte ao seu pioneirismo, com expansão da rede de gasodutos logo após a segunda guerra mundial, incentivando o uso de gás principalmente no setor industrial. Além disso, a crescente exploração de gás não convencional (gás de folhelho), que aumentou cerca de 50% ao ano entre 2007 e 2012, está entre os cinco setores capazes de mudar a economias americana segundo o McKinsey Global Institute,2013.

2.4 Mercado brasileiro de Gás Natural

A história do gás natural no Brasil data de 1854, quando as primeiras lâmpadas a gás foram instaladas no Rio de Janeiro. Mais tarde, esse tipo de iluminação também seria levado a São Paulo e ao Nordeste. Ainda assim, foi somente após o choque do petróleo, na década de 70, que a produção entrou em franca expansão, principalmente com o desenvolvimento da Bacia de Campos. (IEE USP,2017)

Em 1999, a construção do gasoduto Brasil – Bolívia (GASBOL) foi um marco importante, proporcionando um aumento potencial de 30 MMm³/d à oferta nacional de gás.

Outros dois gasodutos também foram importantes para o mercado brasileiro de gás natural brasileiro, o Gasoduto Sudeste Nordeste (GASENE) e o Cabiúnas-Reduc III (GASDUC III), permitindo a difusão do gás para regiões mais afastadas das áreas produtoras; o primeiro

liga a região Sudeste com o Nordeste brasileiro, enquanto o segundo proporcionou um aumento do fornecimento à região sudeste, adicional ao GASDUC II. A região norte, entretanto, continua sem participação na indústria de gás no Brasil. (CNI,2010)

Segundo o Balanço energético nacional realizado pela EPE em 2016, a participação do gás natural na matriz energética nacional atingiu 13,5% em 2015.

2.4.1 Produção

Atualmente, a produção nacional é em sua maioria associada à produção de petróleo, localizando-se principalmente nas bacias marítimas. Contudo, existem várias bacias terrestres não exploradas e ainda um grande potencial de exploração do gás não convencional, mas o investimento nesses recursos não se mostra atrativo o suficiente diante do setor petrolífero brasileiro (COLOMER, 2015).

A evolução da produção nacional dividida entre *onshore* e *offshore* é apresentada no Gráfico 4 a seguir:

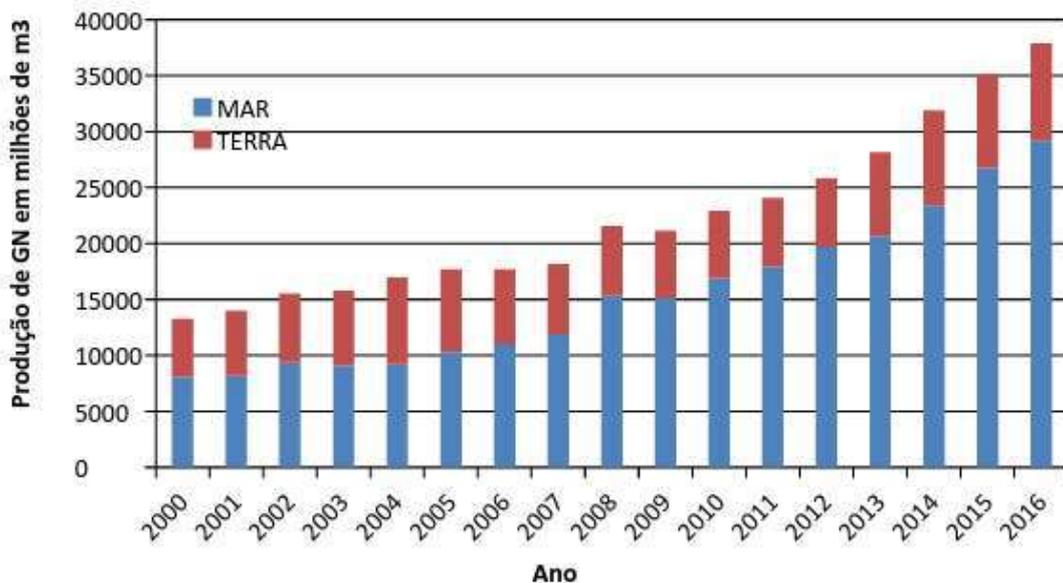


Gráfico 4 - Histórico de Produção de gás natural por localização, 2000-2016

Fonte: ANP, 2017

Importante observar que o volume total de gás produzido não é necessariamente o volume de gás disponibilizado. Parte do volume de gás extraído pode ser de consumo próprio (parcela

utilizada para suprir as necessidades das instalações da própria produção), queima e perda ainda na área de produção, reinjeção (parcela que volta aos reservatórios) e ainda LGN (que é uma parcela com hidrocarbonetos mais pesados extraído nas plantas de processamento). A chamada “produção líquida” é o resultado da quantidade de gás produzido quando todas estas parcelas são descontadas da produção bruta. (MME,2016)

Em 2016, a produção bruta de gás natural no Brasil foi de 103,8 milhões de m³/dia em média, e a produção líquida disponibilizada ao mercado foi de apenas 52,4 milhões de m³/dia, correspondente a 50% da produção bruta. (MME, 2016)

2.4.2 Consumo

O consumo do gás natural no Brasil em 2016 foi principalmente na indústria (51%) e em termoeletricas (37%), tendo o segundo apresentado forte crescimento ao longo dos últimos anos (Abegas,2016).

A segmentação do consumo é apresentada a seguir:

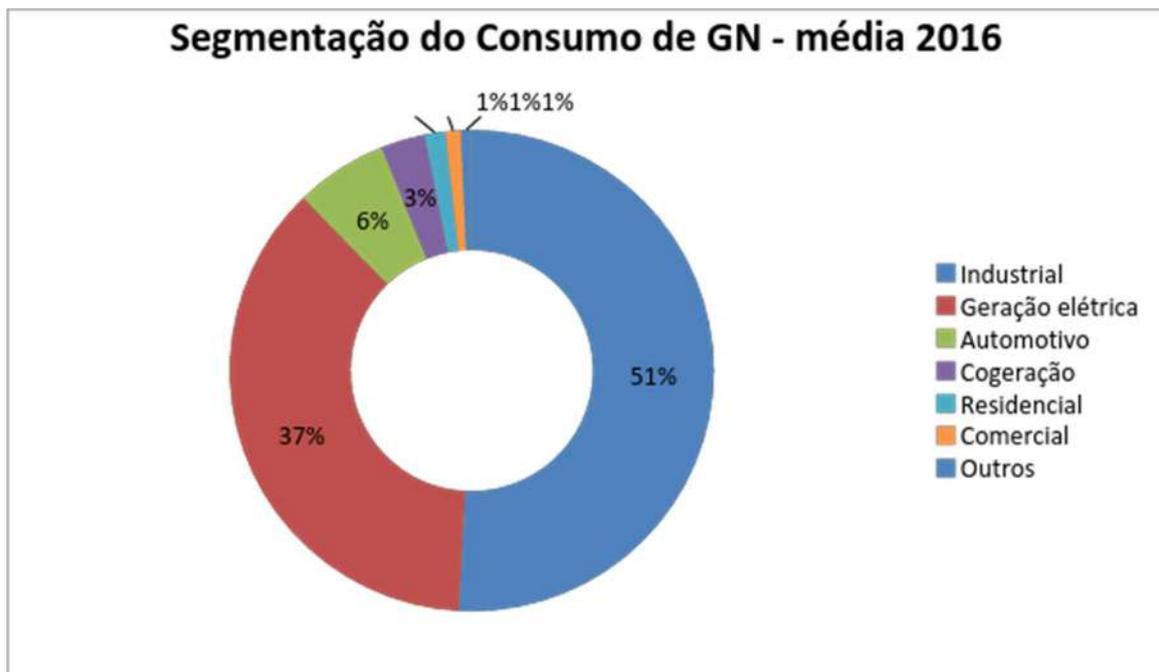


Gráfico 5 - Segmentação do consumo de gás natural em 2016

Fonte: Abegas 2016

O setor industrial apesar de ser o maior consumidor de gás natural hoje, não apresentou

fortes variações de demanda desde 2007. Em contrapartida, a demanda para o setor energético mais que triplicou entre 2011 e 2013. As termelétricas têm se desenvolvido como complementar às hidrelétricas para geração de energia, dada a sazonalidade do setor elétrico brasileiro, sendo mais utilizadas em épocas de estiagem ou para atender à demanda de picos, reduzindo os riscos de déficit energético. Para o setor de gás a expansão das termelétricas serve ainda de âncora para a construção de gasodutos de transporte (Tolmasquim/EPE, 2016).

A segmentação do consumo nos últimos anos é apresentada no gráfico 6 a seguir:

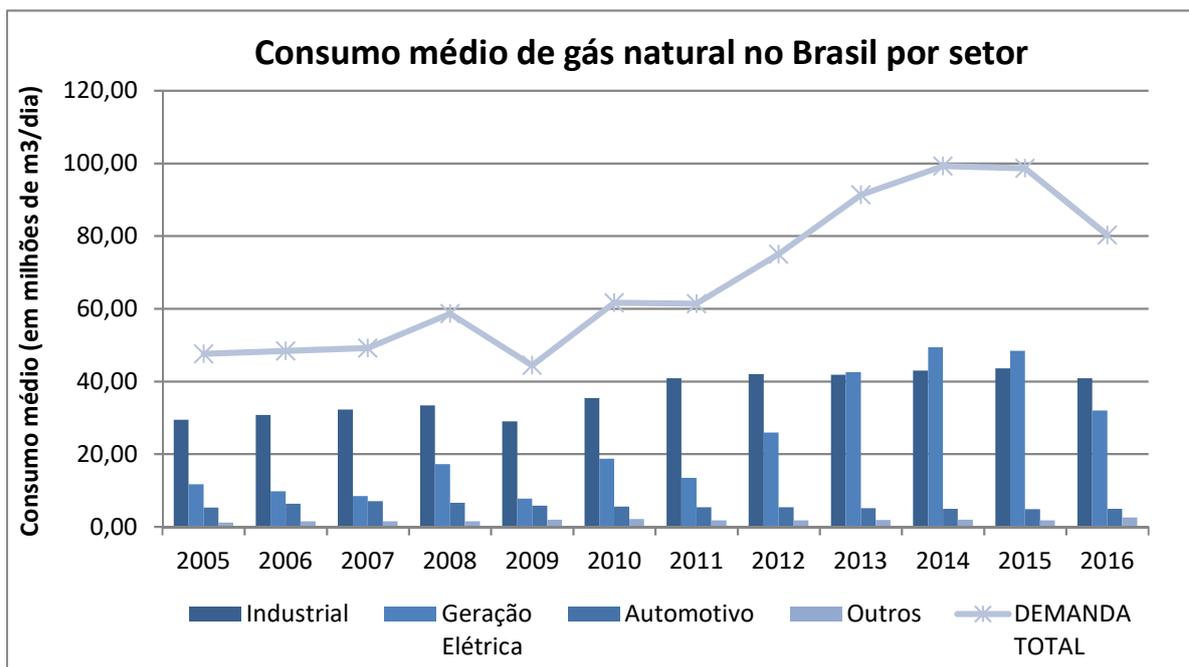


Gráfico 6 - Consumo de gás natural por segmento, 2005-2016

Fonte: Elaboração própria a partir do Boletim mensal de acompanhamento da indústria de gás natural, MME, 2016

2.4.3 Importação

A oferta de gás natural é composta por duas parcelas: a disponibilidade interna, oriunda da produção nacional, e a importação. Atualmente há grande exposição da demanda brasileira às importações, dado que a produção nacional é capaz de suprir somente metade da demanda do mercado consumidor. (ANP,2006)

A importação do gás ocorre principalmente da Bolívia e foi impulsionada pelo início da operação do Gasbol, em julho 1999, quando a Petrobras adotou uma estratégia de expansão da demanda interna para minimizar os prejuízos devido ao contrato do tipo “take or pay” - que

obriga o comprador a pagar pelo gás mesmo que esse não tenha sido efetivamente consumido. Essa estratégia foi implementada via desconto nos preços do gás boliviano, tendo a Petrobras absorvido todos os reajustes entre 2003 e 2005. (BNDES, 2011)

O gráfico onde pode ser observada a evolução da oferta nacional e importada nos últimos 6 anos é apresentado a seguir:

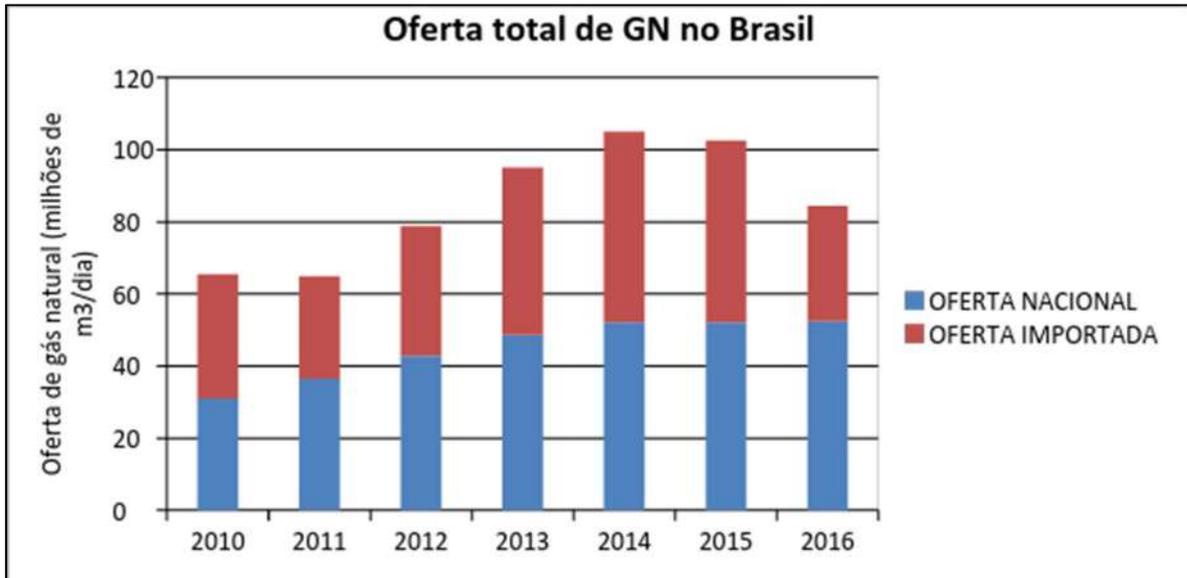


Gráfico 7 - Oferta nacional e importada de gás natural 2010 – 2016

Fonte: MME Boletim mensal de acompanhamento da indústria de gás natural, 2016

É importante se proteger com relação a dependência de importação do gás natural da Bolívia, pois a demanda está com tendência de crescimento e o contrato de fornecimento de gás boliviano termina em 2019.

A partir de 2012, a elevada demanda de gás natural pelas térmicas pressionou ainda mais o balanço entre oferta e consumo, sendo necessária a importação também de GNL para atender completamente o mercado consumidor, como pode ser observado no gráfico 8:

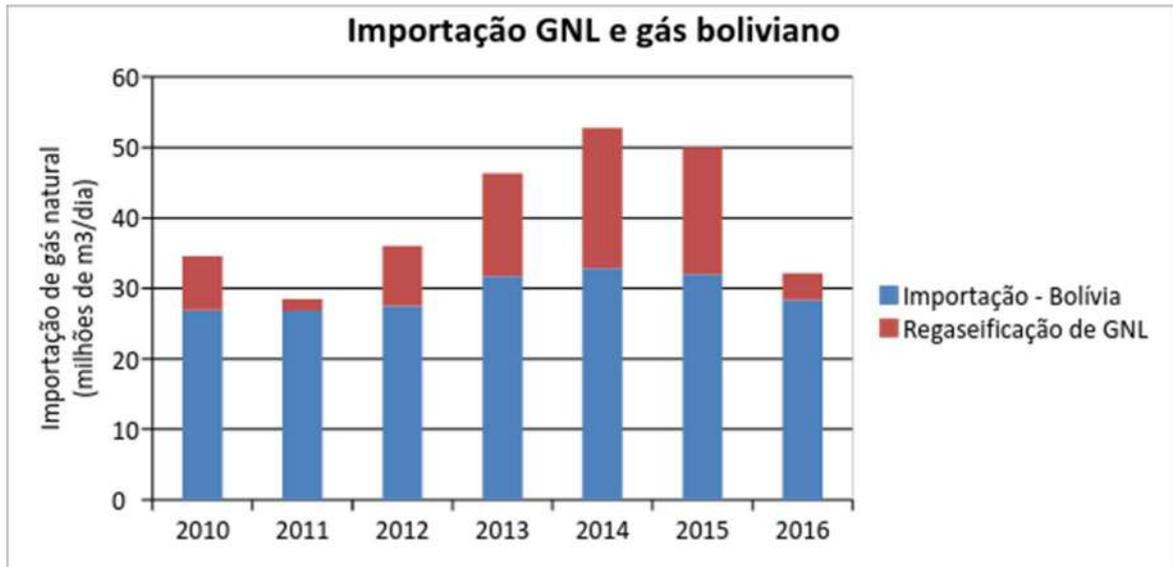


Gráfico 8 - Importação de gás natural, 2010 - 2016

Fonte: MME Boletim mensal de acompanhamento da indústria de gás natural, 2016

Considerando o cenário energético nacional, no curto e médio prazo, deve-se observar necessidade cada vez mais constante de suporte termelétrico, e conseqüentemente a manutenção da importação de GNL. (Infopetro,2015)

A importação de GNL apresentou tendência de crescimento drástica entre 2011 e 2015 (FGV Energia, 2017), porém o mercado interno também está em movimento, o leilão de energia A5 obteve recorde de projetos habilitados, com 9 projetos de termelétricas a Gás Natural, o que incentivará empresas a construir terminais de GNL e investir no setor (Valor Econômico, 2016).

2.4.4 A influência da Petrobras no Mercado de Gás Natural no Brasil

Desde 1997, com a Lei do Petróleo, o monopólio legal da Petrobras foi extinto, porém no cenário atual a empresa ainda domina todos os setores de gás natural no Brasil. Representando 92,2% da produção interna desse energético, ainda é a majoritária, através da Gaspetro, no controle da Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil (TBG), responsável praticamente por toda a importação do gás natural por terra. Também no setor de geração termelétrica a Petrobras mantém sua dominância, sendo proprietária de 53% da potência instalada de termelétricas a gás natural (Instituto Acende Brasil, 2016).

Podemos ver na figura 3 a seguir o cenário de 2015, antes das vendas de ativos de gás natural pela Petrobras.

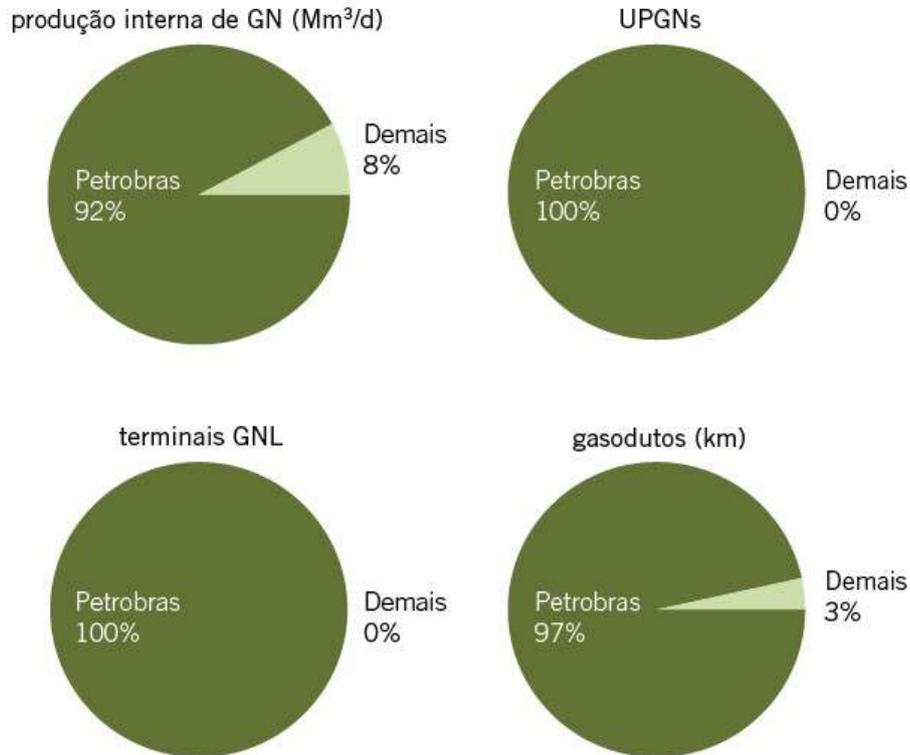


Figura 3 – Participação da Petrobrás no setor de Gás Natural
 Fonte: ANP (2015). Elaboração: Instituto Acende Brasil

Entretanto, no cenário mais recente ocorreram algumas mudanças devido ao novo Plano de Estratégia da Petrobras. A “empresa monopolista” do mercado de gás natural decidiu reestruturar seus negócios com a estratégia de desinvestimento. Com esse planejamento, parte dos seus ativos estão sendo vendidos, gerando uma oportunidade ímpar para a indústria brasileira de gás natural.

A lista de negócios colocados à venda inclui termelétricas, campos de exploração de petróleo e gás e terminais de gás natural liquefeito. Alguns negócios concluídos e aprovados: 49% da subsidiária Gaspetro foi vendida para a Mitsui Gás e Energia do Brasil, venda de Liquigás para Ultragas, venda de participação no Bloco exploratório BM-S-8 para a Statoil Brasil Óleo e Gás e de 90% da unidade de gasodutos Nova Transportadora Sudeste (NTS) para consórcio liderado pela canadense Brookfield (Agência Brasil, 2015).

De acordo com Farraro e Hallack (2012), é comum no desenvolvimento do mercado de gás natural a verticalização de toda a cadeia, pois facilita o planejamento e

contenção de riscos do lado da oferta e da demanda. Um exemplo claro são os Estados Unidos, onde ocorreu a concentração do setor inicialmente em poucos conglomerados empresariais, que verticalizavam a cadeia. Com a desconcentração do setor que gerou maiores investimentos, o avanço tecnológico e a exploração de *shale gas*, os EUA terminou o ano de 2015 com crescimento de quase 6,3% em relação ao ano anterior (Boletim Anual ANP, 2016).

No cenário brasileiro, o desenvolvimento do gás natural está ainda hoje concentrado nas mãos da Petrobras e a empresa tem sido crucial no crescimento desse mercado. No futuro, se seguirmos o exemplo dos EUA, a desconcentração dos ativos, permitindo a entrada de concorrentes no setor, permitirão a redução do custo do energético e viabilizarão seu maior desenvolvimento.

3 PROJEÇÃO DE DEMANDA

3.1 O que é a projeção de demanda?

Projeção é o planejamento de um futuro incerto, que permite a tomada de decisões estratégicas de maneira antecipada (Harrison e West, 1987). Estas previsões devem ser responsáveis por minimizar riscos, sendo essenciais para o planejamento e administração de recursos.

Demanda é a representação dos desejos de se saciar determinada necessidade, acompanhados do poder de compra pelo mercado (Kotler, 2005). Ou seja, é a quantidade de um bem que os compradores desejam e podem comprar.

A projeção de demanda possibilita o planejamento de produção e controle de estoques de matéria-prima e produtos acabados de uma determinada indústria. No âmbito financeiro a projeção de demanda é utilizada para a análise da viabilidade de projetos futuros. (Stevens e Harrison, 1976)

3.1.1 Importância da projeção de demanda no cenário energético

No Brasil, o mercado energético, assim como o de gás natural, começou a ser desenvolvido através da companhia estatal Petrobras. Desde sua criação em 1953 até o ano de 1995, a empresa foi a monopolista do setor, verticalizando o conhecimento e ativos do mercado. Somente em 1995 as atividades de refino, pesquisa, exploração, importação e exportação foram abertas para outras empresas estatais e privadas. Seguindo esse caminho, foram criadas leis que flexibilizavam o setor de Óleo de Gás, como a Lei do Petróleo e a Lei do Gás, porém oito anos depois não se observa uma ampliação significativa da participação de novos agentes nessa indústria (Relatório Técnico Gás para Crescer MME, 2016).

Em 2001, o país passou por um período sem chuvas e tiveram que ser adotadas medidas emergenciais de forma a evitar um grande colapso do setor elétrico. A partir desse momento percebeu-se a necessidade do maior planejamento e investimento em fontes energéticas variadas (Empresa Neoenergia, 2017). E em 2002 o Ministério de Minas e Energia criou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), cujo objetivo principal era o de desenvolver fontes alternativas e renováveis de energia, atuando de forma que as potencialidades regionais e os efeitos ao meio ambiente fossem levados em consideração (Portal Brasil Gov, 2010).

Assim, esses acontecimentos históricos vistos desde a última década evidenciaram a

necessidade de um planejamento de longo prazo consistente, de modo a assegurar que as evoluções de oferta e demanda do mercado energético sejam compatíveis entre si e com a trajetória econômica de interesse. Segundo o Plano de Expansão da Malha de Transporte Dutoviário PEMAT 2013-2022 (2013), para garantir confiabilidade de planejamento é necessário construir uma metodologia consistente de projeção e um conjunto de informações sócio econômicas e premissas detalhadas para realizar análises adequadas.

3.1.2 Consequências de um não planejamento de demanda

Atualmente, o Brasil importa quase metade do gás que consome e bateu recordes na produção de petróleo e gás natural nos campos nacionais, chegando em dezembro de 2016 com produção de 111,8 milhões de m³ por dia de gás natural. Entretanto, o combustível não chega ao mercado devido à falta de infraestrutura de escoamento. Ieda Gomes, membro do Conselho da Câmara de Comércio Brasil-Grã Bretanha, em Londres, destaca que o país poderia ser autossuficiente se houvesse um planejamento de forma a se conhecer o potencial dos recursos e reservas do país (GOMES, 2016).

Em 2013, a *Energy Information Administration*, dos Estados Unidos divulgou um estudo que mostrava que o Brasil tinha um potencial de gás de xisto tecnicamente recuperável que representava quase dez vezes o volume de reservas de gás convencional e se o Brasil pudesse converter apenas 10% desses recursos em reservas, já seria suficiente para dobrar as reservas nacionais.

Ieda Gomes, em entrevista para a Agência CNI de Notícias corroborou a necessidade de um planejamento de oferta e demanda do gás natural de longo prazo. Ela ressalta a necessidade de sinalização de uma demanda previsível, para que o investidor tenha a confiança de tomar decisões de investimento a longo prazo.

Para a especialista, é fundamental um planejamento integrado, em que no campo da demanda é indispensável o desenvolvimento do gás no setor industrial, na geração de eletricidade em usinas termelétricas, substituição de GLP em residências e uso na indústria automotiva. No campo da oferta é primordial criar condições de competição, assim mais produtores e uma maior concorrência conduziriam o mercado a preços mais baixos.

3.2 Como fazer a projeção?

Para fazer uma projeção de demanda é necessário determinar o objetivo da projeção, o produto a ser analisado, o horizonte de tempo, selecionar um modelo de previsão, fazer a previsão e a validação dos resultados (Heizer, J e Render, B, 2001).

Quanto ao horizonte de tempo, uma projeção pode ser classificada como:

- Projeção de curto prazo é feita geralmente para um período de três meses, com objetivo de planejar compras, níveis de produção;
- Projeção de médio prazo feita geralmente de três meses a três anos e tem como objetivo o planejamento de vendas, produção e orçamento;
- Projeção de longo prazo feita no prazo de três anos ou mais, tem como objetivo o planejamento de novos produtos e expansão de uma empresa.

Existem dois níveis de agregação para a projeção de demanda, por meio de desagregação setorial ou por projeção macroeconômica. A projeção por desagregação setorial demanda a projeção de consumo de setor a setor, sendo assim mais cara e de maior duração, entretanto pode-se perder comportamentos que somente o consumo final, do conjunto possui. Já a projeção macroeconômica é feita através de modelos econométricos, além de ser o mais rápido e barato método de projeção.

Quanto à escolha do modelo de projeção, existem duas abordagens possíveis: a quantitativa, que engloba modelos matemáticos e a qualitativa, que incorpora uma visão mais pessoal, intuitiva e de experiências. Métodos qualitativos são utilizados quando há a necessidade de análises mais rápidas. Entre os métodos qualitativos destacam-se pesquisa de mercado e método Delphi. Quando existe a necessidade de uma projeção mais estruturada, o mais utilizado são métodos quantitativos, que podem ser classificados em duas categorias: modelos de séries temporais e modelos associativos (Heizer, J e Render, B, 2001).

- Modelos de séries temporais: utiliza informações do passado para prever o futuro, ou seja, assume que o futuro é função do passado e implica que outras variáveis devem ser ignoradas. Os métodos dessa categoria são: Abordagem Naive, Média Móvel, Suavização Exponencial, Projeção de Tendência.
- Modelos associativos ou causais: buscam prever os resultados futuros da variável de previsão

através do input de valores futuros de variáveis relacionadas a esta num modelo matemático. Alguns exemplos de modelos de previsão associativos são a regressão simples, regressão múltipla e modelos econométricos (não tratados no presente trabalho).

Um panorama não-exaustivo dos modelos citados é apresentado na Figura 4 abaixo:

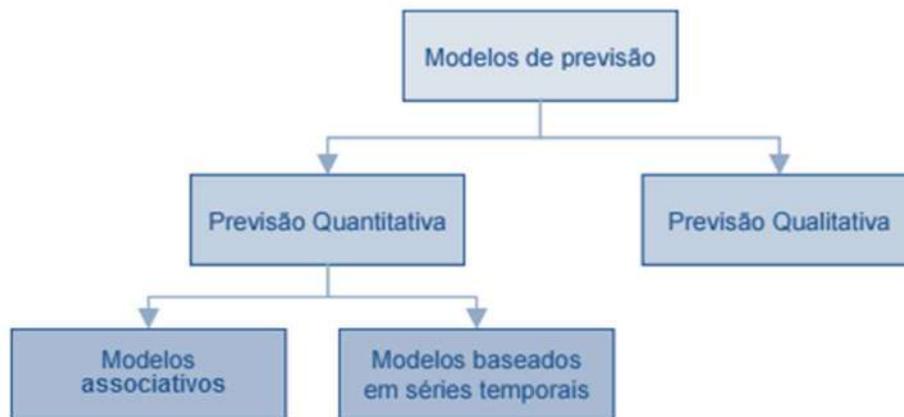


Figura 4 - Esquema de modelos de previsão

Elaboração própria

A seguir serão apresentados alguns conceitos básicos relacionados a cada modelo citado (quantitativos e qualitativos) e finalmente, a metodologia para a escolha do modelo mais adequado a cada tipo de estudo realizado.

3.3 MODELOS QUALITATIVOS

3.3.1 Pesquisa de mercado

A Pesquisa de Mercado é um modelo de avaliação do comportamento da demanda através do levantamento dos fatores mais relevantes que influenciam a preferência do consumidor. O método visa coletar dados pertinentes e transformá-los em informações que venham a ajudar os executivos na solução de problemas específicos e esporádicos, que surgem durante o processo administrativo (MATTAR, 1997).

3.3.2 Método Delphi

Delphi é um método para estruturar um processo de comunicação grupal de maneira que o processo seja efetivo em permitir a um grupo de indivíduos, como um todo, lidar com um problema complexo (LINSTONE; TUROFF, 2002). Pressupõe-se que o julgamento coletivo organizado adequadamente é mais preciso que a opinião de um único especialista (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000). Trata-se de um modelo que busca o consenso de um grupo de especialistas a respeito do comportamento de determinada demanda sem que haja interação pessoal entre eles, buscando esquivá-los da influência mútua (CASTRO, 2009).

3.4 MODELOS QUANTITATIVOS

3.4.1 Previsão quantitativa baseada em séries temporais

Serão aqui apresentados os principais métodos de previsão quantitativa baseada em séries temporais: estudo de séries temporais, Naive, média móvel, suavização exponencial e projeção de tendência.

3.4.1.1 Modelos de Séries Temporais

Os dados históricos são analisados, decompostos em componentes e projetados para frente. Pode-se separar essa decomposição em quatro componentes: tendência, sazonalidade, ciclos e variações aleatórias (MIT - edX, 2017).

- Tendência é a taxa de crescimento ou declínio ao longo do tempo.
- Sazonalidade são ocorrências padrões que se repetem depois de um período de tempo, podendo ser dias, meses ou anos.
- Ciclos são padrões que se repetem de anos em anos, são difíceis de serem provisionados pois podem ser afetados por eventos políticos ou crises internacionais.
- Variações aleatórias são pontos específicos nos dados causados por situações inusitadas, ou seja, não podem ser projetadas.

3.4.1.2 Técnica de Abordagem Naive

Técnica de projeção mais simples, em que a demanda do período seguinte é considerada igual a demanda do período mais recente. Em alguns casos de um mercado de demanda estável este método pode ser considerado o mais eficiente em custo (MIT – edX, 2017).

Para o histórico de consumo do gás natural temos a projeção pelo método Naive abaixo:

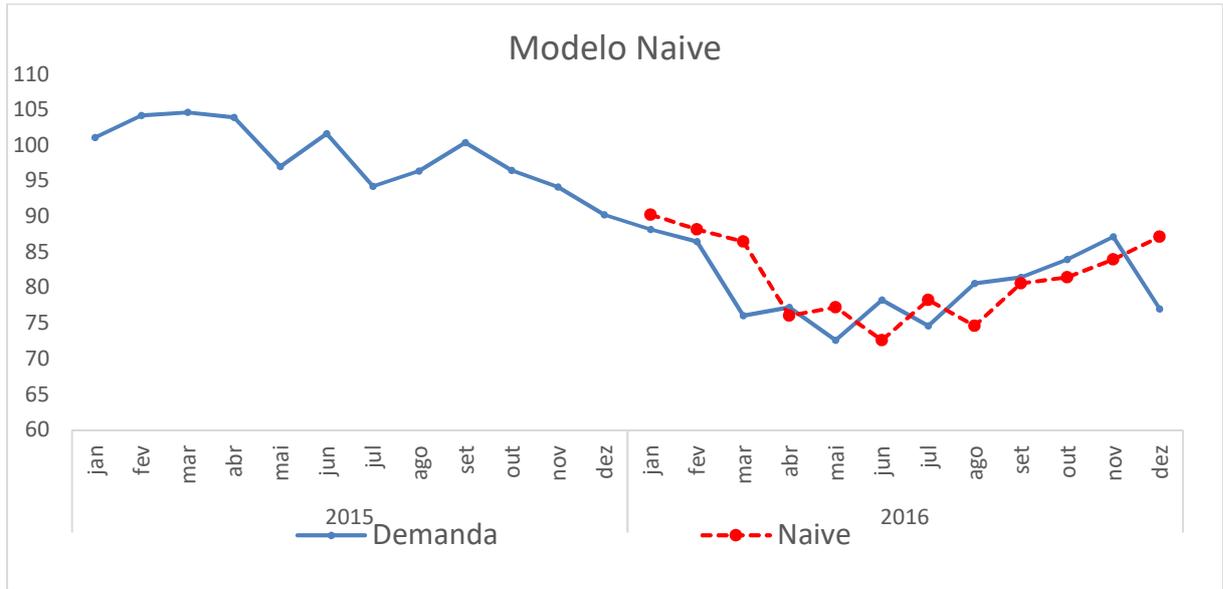


Gráfico 9 - Exemplo de projeção pelo método Naive
Elaboração própria

Seguem os dados abaixo:

Ano	Meses	Consumo (milhões m³/dia)	Naive	Erro^2
2015	dez	90,26		
2016	jan	88,17	90,26	4,37
	fev	86,47	88,17	2,89
	mar	76,07	86,47	108,16
	abr	77,23	76,07	1,35
	mai	72,61	77,23	21,34
	jun	78,26	72,61	31,92
	jul	74,64	78,26	13,10
	ago	80,58	74,64	35,28
	set	81,46	80,58	0,77
	out	83,98	81,46	6,35
	nov	87,13	83,98	9,92

	dez	77,03	87,13	102,01
--	-----	-------	-------	--------

Tabela 1 - Exemplo de projeção pelo método Naive
Elaboração própria

3.4.1.3 Técnica de Média Móvel

Técnica útil em um cenário em que se tem um extenso histórico e que se pode afirmar que a demanda do mercado vai permanecer estável ao longo do tempo. O cálculo da média móvel do mês 4 é calculado através da média da demanda dos 3 meses anteriores. No mês posterior a demanda real do mês 4 é atualizada no lugar da demanda projetada, somada com os dados dos 2 meses anteriores e dividida por 3 (MIT – edX, 2017). Esta prática tende a suavizar irregularidades de curto prazo e pode ser descrita pela equação a seguir:

$$\text{Média Móvel} = \frac{\sum \text{demanda nos } n \text{ períodos anteriores}}{n}$$

Equação 1 - Média móvel

Onde n é o número de períodos escolhido para o cálculo da média móvel.

Caso haja alguma tendência ou padrão observado no presente, pode-se usar a média móvel ponderada para dar mais peso aos valores recentes.

$$\text{Média Móvel Ponderada} = \frac{\sum (\text{Peso por período } n) \times (\text{Demanda no período } n)}{\sum \text{Pesos}}$$

Equação 2 - Média móvel ponderada

Ambas as técnicas são ideais para suavizar flutuações inesperadas no padrão de demanda. Entretanto, a média móvel tem alguns problemas: aumentando o número de n suaviza ainda mais as flutuações, porém isso deixa o modelo menos sensível a mudanças reais. Além disso, com esta técnica não se tem uma sensibilidade de tendências muito boa.

Para o consumo do gás natural temos a projeção pelo método da média móvel a seguir:

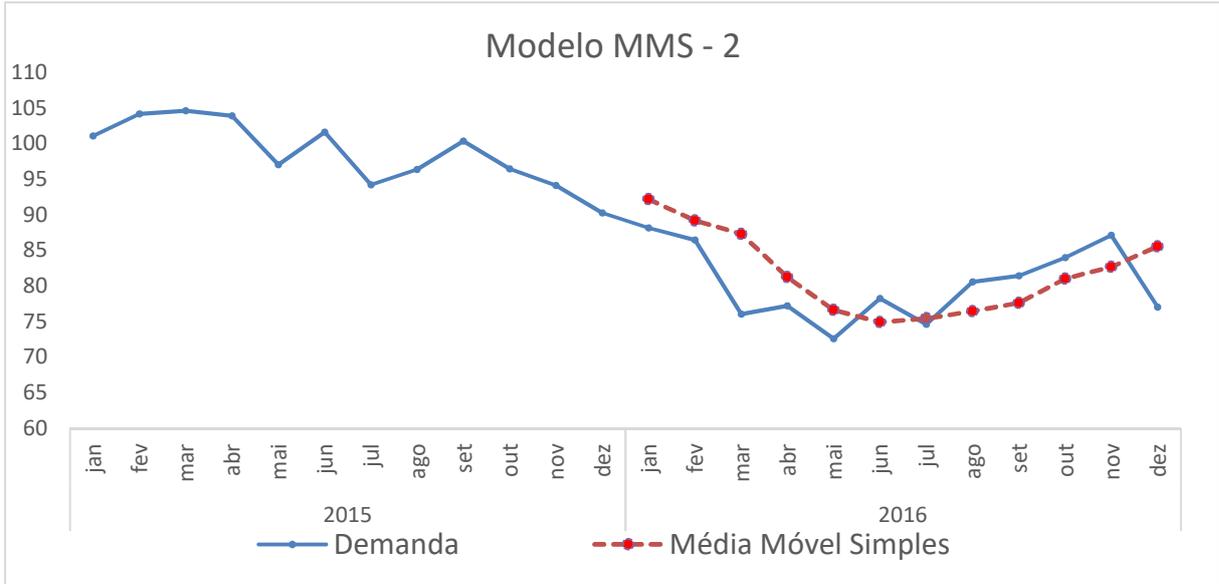


Gráfico 10 - Exemplo de projeção por média móvel
Elaboração própria

Seguem os dados abaixo:

Ano	Meses	Consumo	MMS - 2	Erro ^ 2
2015	dez	90,26		
2016	jan	88,17	92,20	16,24
	fev	86,47	89,22	7,54
	mar	76,07	87,32	126,56
	abr	77,23	81,27	16,32
	mai	72,61	76,65	16,32
	jun	78,26	74,92	11,16
	jul	74,64	75,44	0,63
	ago	80,58	76,45	17,06
	set	81,46	77,61	14,82
	out	83,98	81,02	8,76
	nov	87,13	82,72	19,45
	dez	77,03	85,56	72,68

Tabela 2 - Exemplo de projeção por média móvel
Elaboração própria

3.4.1.4 Técnica de Suavização Exponencial

Método sofisticado de projeção por média móvel ponderada, além de ser utilizado com um histórico pequeno de dados.

$$\text{Nova projeção} = \text{Projeção do último período} + \alpha \left(\text{Demanda real do último período} - \text{Projeção do último período} \right)$$

Equação 3 - Suavização exponencial

Onde α é a constante de suavização e consta entre 0 e 1. Valores maiores de α são usados quando a demanda tende a sofrer variações e valores mais baixos são utilizados quando a demanda é mais estável (MIT – edX, 2017).

Para o consumo do gás natural temos a projeção pelo método de suavização exponencial a seguir:

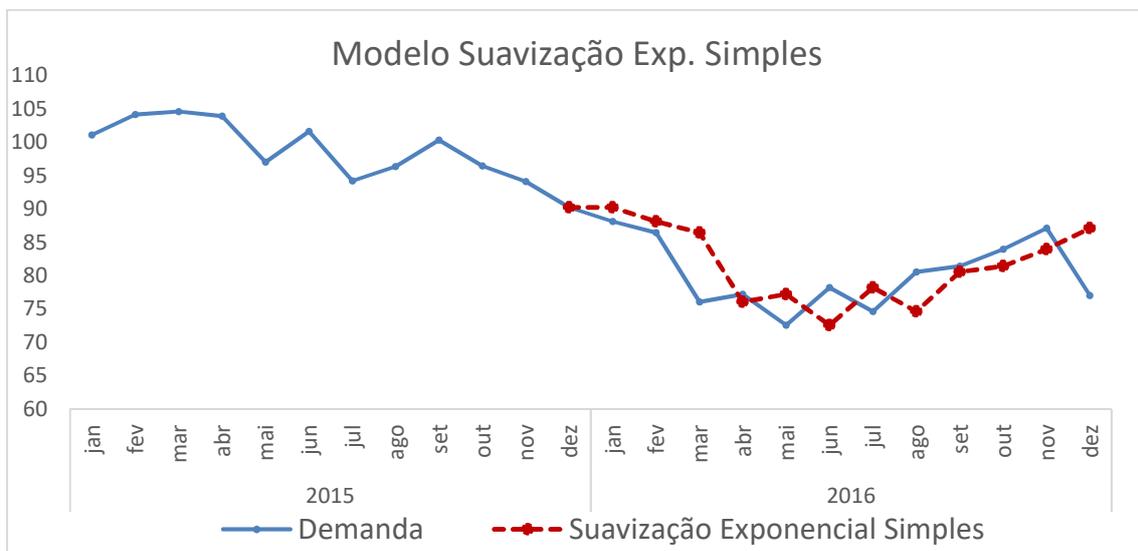


Gráfico 11 - Exemplo de projeção por suavização exponencial

Seguem os dados abaixo:

Ano	Meses	Consumo	Suavização Exponencial Simples	Erro ²
2015	dez	90,26	90,26	0,00
2016	jan	88,17	90,26	4,37
	fev	86,47	88,17	2,89
	mar	76,07	86,47	108,16
	abr	77,23	76,07	1,35
	mai	72,61	77,23	21,34
	jun	78,26	72,61	31,92
	jul	74,64	78,26	13,10
	ago	80,58	74,64	35,28
	set	81,46	80,58	0,77
	out	83,98	81,46	6,35
	nov	87,13	83,98	9,92
dez	77,03	87,13	102,01	

Tabela 3 - Exemplo de projeção por suavização exponencial

3.4.2 Métodos Quantitativos Causais (Correlação)

Esta técnica considera diversas variáveis que se relacionam com a demanda projetada. Ao encontrar essas variáveis, são utilizados modelos estatísticos para fazer a projeção. Este método é muito mais forte que os métodos de séries temporais que usam somente valores históricos para fazer a previsão.

Os métodos de regressão simples e múltipla serão melhor apresentados a seguir, mas destaca-se que as hipóteses que estão por trás dos modelos:

- Os erros (ou resíduos) possuem distribuição normal, com média zero e variância constante para todo xi (ao longo de todo o espectro da variável explanatória)
- Quaisquer observações independentes não podem ser correlacionadas entre si

Quando essas hipóteses não são atendidas, diminui-se em muito o rigor matemático do modelo.

3.4.2.1 Correlações e Regressão

A análise de regressão é baseada na análise estatística do comportamento de variáveis que são relacionadas à variável de interesse (ARCHER, 1980). Esse modelo é um dos mais utilizadas para a previsão de demanda e pode relacionar duas variáveis, para regressão simples,

ou diferentes variáveis, no caso de regressão múltipla.

Há necessidade de *inputs* subjetivos para selecionar as variáveis que serão associadas à variável de interesse. Uma vez selecionadas as variáveis, é necessário identificar a correlação entre elas, podendo ser linear ou não-linear (logarítmica, exponencial etc). De acordo com a relevância da correlação encontrada, as variáveis são então usadas para prever demandas futuras (MENTZER; GOMES, 1989).

Para a regressão simples, o modelo assume que a variável de interesse, no caso y , será uma função do resultado futuro de outra variável independente, no caso x , de acordo com a seguinte fórmula:

$$y = a \cdot x + b$$

Equação 4 - Regressão simples

x é a variável independente e pode ser taxa de desemprego, PIB, índice de preço, dentre outras.

A ideia por trás da regressão é encontrar a melhor equação de reta que se ajuste aos pontos considerados e isso é possível minimizando os desvios entre os valores reais e os valores fornecidos pela equação. Esses cálculos são realizados automaticamente por qualquer software de tratamento de dados, inclusive o MS Excel.

A qualidade da regressão pode ser analisada a partir do coeficiente de determinação, r^2 , dado pela fórmula:

$$r^2 = \text{Variação explicada de } Y / \text{Variação total de } Y$$

Equação 5 - Coeficiente de determinação

Esse coeficiente varia entre 0 (zero) e 1 (um). Quanto mais próximo de 1 for o coeficiente de Determinação, maior a validade da regressão.

A regressão múltipla segue o mesmo raciocínio da regressão simples. A previsão será uma função dos resultados futuro de outras variáveis, no caso os x_i . Assim, temos a seguinte

fórmula:

$$y = a_0 + a_1.x_1 + a_2.x_2 + \dots + a_n.x_n$$

Equação 6 - Regressão múltipla

Onde y é a variável dependente que queremos projetar em função de n outras variáveis independentes, x_i .

3.5 Seleção de método de projeção

Apesar de haver muitos métodos de previsão disponíveis, há muitos fatores a serem considerados no processo de seleção e pouca indicação de quais são os métodos mais efetivos para determinadas situações, o que dificulta em muito essa escolha. (LO, 1994; LYNN; SCHNAARS; SKOV, 1999).

Por isso torna-se necessário uma metodologia de escolha estruturada para a seleção do melhor método. Essa metodologia deve listar os critérios importantes para o processo de previsão e direcionar a escolha dos métodos que melhor satisfazem os critérios explicitados (ARMSTRONG, 2001b).

No livro “Principles of Forecasting: a Handbook for Researchers and Practitioners” de ARMSTRONG, J., é apresentada uma metodologia que relaciona a quantidade de dados disponíveis, a fonte dos dados, sua relevância, variabilidade e confiabilidade, além das restrições dos modelos matemáticos dos métodos quantitativos. Um esquema dessa metodologia de seleção é apresentado na figura 5 a seguir:

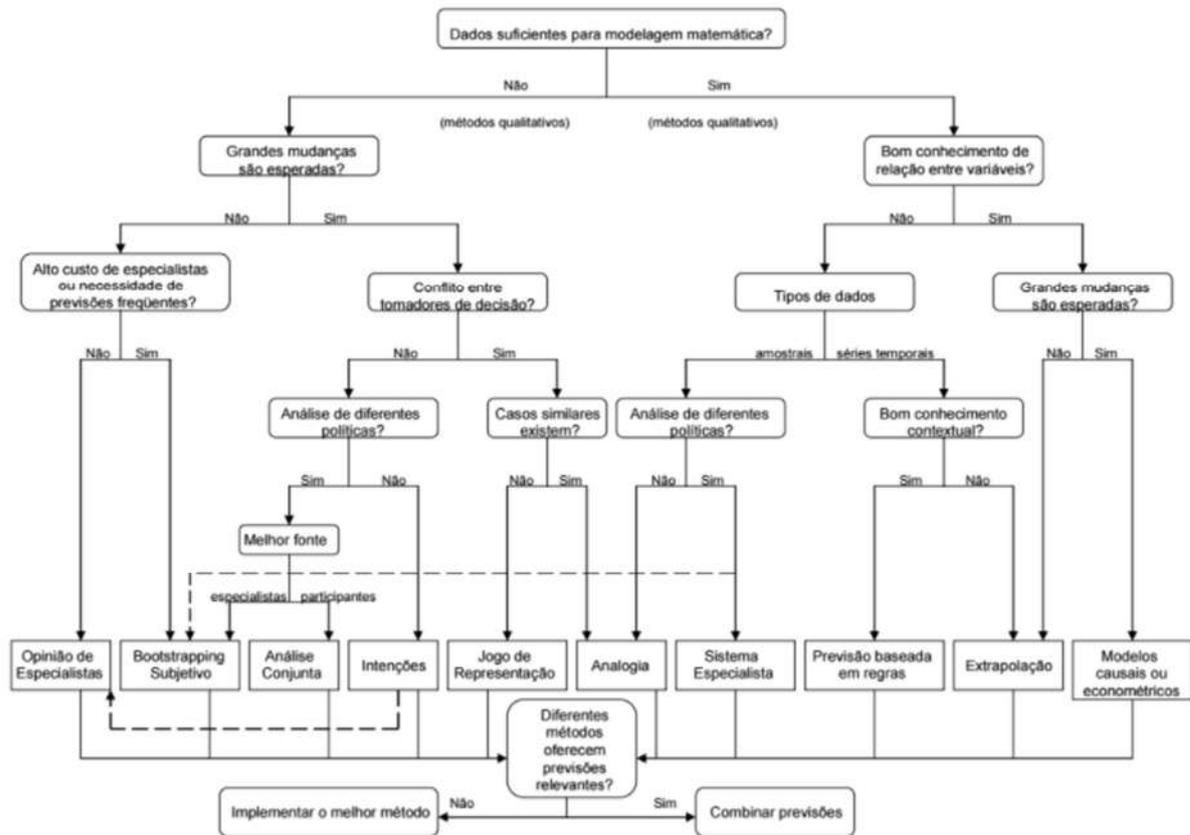


Figura 5 - Árvore de seleção de métodos de previsão
(Linhas pontilhadas indicam possíveis relações) Adaptado de ARMSTRONG, 2001b

No desenvolvimento de sua metodologia, Armstrong (2001b) ressalta que quando há dados disponíveis, métodos quantitativos se mostram mais precisos que métodos qualitativos. Além disso, verificou que métodos mais simples apresentam em geral boa acuracidade, são de mais fácil entendimento e tem menor custo de aplicação, devendo por isso serem priorizados em relação à métodos mais complexos. Métodos mais complexos somente devem ser usados quando houver evidências claras de que a complexidade auxilia a projeção, uma vez que podem conter erros difíceis de detectar e que se propagam através do sistema de previsão.

Diferentes métodos podem se mostrar úteis dependendo do problema a ser resolvido, podendo em alguns casos haver ainda a combinação de métodos qualitativos e quantitativos. Comparar diversos métodos também é uma opção para melhorar a acuracidade da previsão, contudo esse tipo de análise pode ter altos custos e demandar muito tempo. Considerar *trade-offs* na obtenção de um maior custo/benefício para o processo de previsão é fundamental para a escolha da metodologia a ser aplicada (MURDICK;GEORGOFF,1993).

3.6 Revisão bibliográfica de projeções de cenário de Gás Natural

Diversos trabalhos e artigos abrangem o tema de projeção de gás natural, devido à sua importância no cenário atual e futuro do Brasil. Nesta seção falaremos brevemente sobre alguns trabalhos com estudos que abrangem o gás natural de forma a compreender seus objetivos e metodologias de projeção do setor.

Em 2006, o BNDES publicou o estudo “A Evolução da Oferta e da Demanda de Gás Natural no Brasil”, escrito pelo engenheiro Vinicius Figueiredo, com o objetivo de identificar gargalos na oferta e de infraestrutura de transporte do gás.

Para os cálculos o consumo do gás natural foi analisado de forma segmentada em setor industrial, de geração termelétrica, co-geração de eletricidade, consumo automotivo, residencial e comercial. Além disso, para formular as premissas da projeção, foi levado em consideração o Plano Estratégico 2006-2010 da Petrobras.

Com isso, para se desenvolver os cálculos da projeção, a demanda foi dividida em dois grandes blocos: demanda termelétrica (T) e não termelétrica (NT+PBR), que engloba a demanda da indústria, consumo automotivo, residencial, comercial e demanda da Petrobras (venda direta e consumo próprio).

Como premissa de cálculo, foi adotado uma taxa média de crescimento para cada segmento. Para o setor industrial na região do Nordeste foi considerada uma taxa de crescimento de 5% a.a., devido à falta de infraestrutura e dependência da disponibilidade e preço do gás. Para o segmento automotivo e residencial foi adotada taxa de 15% a.a.

Para as regiões Sul e Sudeste, foi considerada taxa de crescimento industrial, comercial e residencial de 10% a.a, obtida através de análise de série temporal e a taxa do setor automotivo foi projetada em 15% a.a.

O volume de vendas diretas da Petrobras foi considerado constante até 2010 e o setor termelétrico foi dividido em dois níveis de demanda: total e inflexível. Pode-se ver o resultado da projeção nos gráficos abaixo:

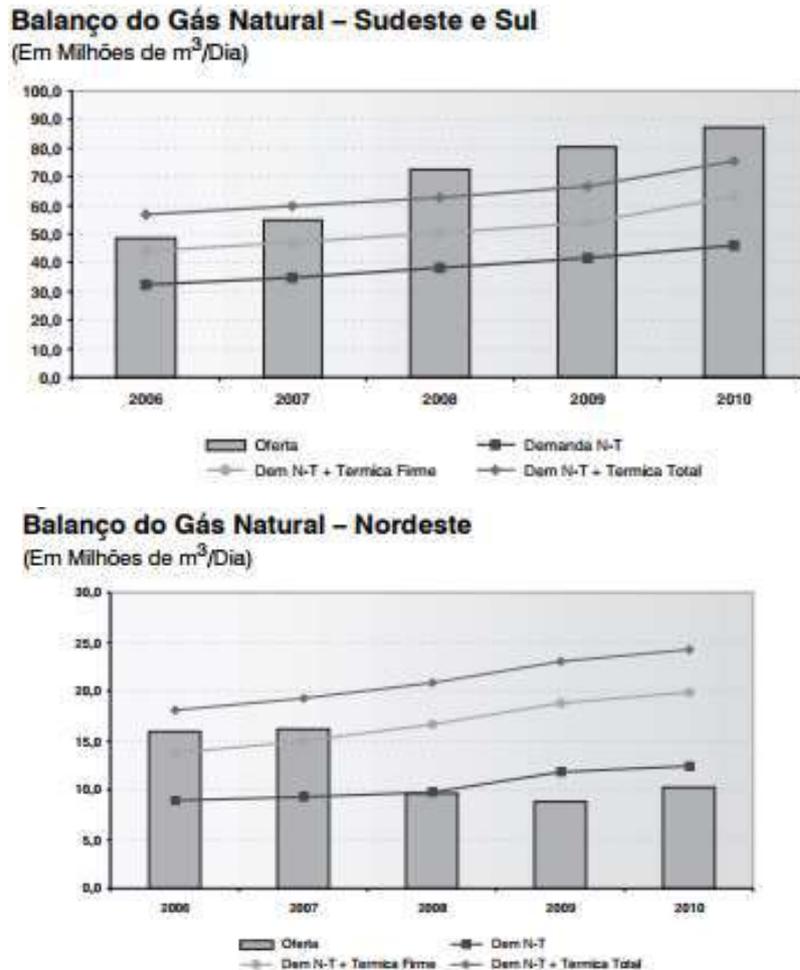


Gráfico 12 - Balanço de gás natural por região no Brasil
Fonte: BNDES

Portanto, o estudo do BNDES concluiu que para atender a demanda no longo prazo seria necessário a diversificação de fontes de importação do gás, o funcionamento de novos campos de gás não-associado nas Bacias do Espírito Santo e de Santos, a produção adicional de gás associado na Bacia de Campos e a conclusão do Gasene.

O Ministério de Minas e Energia em parceria com a EPE (Empresa de Pesquisa Energética) divulgou o Plano Decenal de Expansão da Malha de Transporte Dutoviário (PEMAT 2013-2022), em que apresenta um estudo da projeção do Gás Natural e tem sua consistência fundamentada nas dimensões econômica e energética. Essa consistência assegura a coerência entre as variáveis utilizadas para explicar o setor e entre a oferta e demanda de diferentes fontes de energia.

Como o objetivo principal do estudo é analisar a necessidade de expansão da malha

dutoviária, considera alguns conceitos importantes como a demanda potencial e efetiva. A potencial não se restringe à infraestrutura de transporte já existente enquanto a efetiva deve ser totalmente atendida pela capacidade atual de transporte.

O estudo abrange as classes de consumo empregadas no Balanço Energético Nacional: industrial, setor de transporte, residencial, comercial, público, agropecuário, matéria prima e setor energético.

A projeção tem por início uma análise macroeconômica que resulta em evoluções de PIB, taxas de investimento, inflação, entre outros. Além disso, é utilizado o Modelo Integrado de Planejamento Energético (MIPE) para garantir consistência energética entre fontes para cada segmento industrial.

Assim, a projeção de demanda de gás natural não termelétrica é obtida a partir de um processo que considera as estimativas do mercado total de cada distribuidora para o horizonte decenal, não havendo detalhamento geográfico adicional.

A projeção da energia elétrica é planejada pelo CNPE (Conselho Nacional de Política Energética, de modo que atenda a critérios de minimização dos custos de expansão esperados e a segurança de suprimento. Além disso, leva em consideração os leilões de compra de energia elétrica e o risco de insuficiência da oferta de energia elétrica a longo prazo. A parcela de gás natural que é utilizada nas usinas termelétricas é projetada a partir da projeção setorial, pois está relacionada à expectativa de despacho médio das usinas existentes e aumento de capacidade projetado no horizonte do PDE (Plano Decenal de Energia) e é calculada após a projeção da energia feita pelo CNPE.

Como conclusão do estudo temos informações de expansão da base de clientes do setor de consumo, extensão de dutos de distribuição, demanda de gás natural por setor de consumo, dentre outras.

No Plano Nacional de Energia - PNE 2050 (2015) consta um estudo sobre o segmento de fertilizantes, em que mostra suas boas perspectivas em longo prazo. Essa projeção é feita considerando o cenário de expansão da produção agrícola nacional, responsável por um aumento de demanda por fertilizantes. O Brasil é o quarto consumidor mundial de fertilizantes, porém ainda sofre com acesso desfavorável às matérias primas e a forte dependência da agricultura brasileira de adubos importados torna o segmento vulnerável, por isso há necessidade de planejamento e investimentos futuros.

Para a produção de fertilizantes são utilizados nitrogênio, potássio e fósforo. Assim, para viabilizar esse processo produtivo são necessários insumos importantes, como as rochas fosfáticas, potássicas e o gás natural.

Logo para aumentar a produção dos fertilizantes, precisamos priorizar o gás natural como matéria prima para uso estratégico e sua expansão a médio e longo prazo. Esse gás natural disponível para as unidades produtivas tem origem no pré-sal, reservas onshore e no gás não convencional. O gráfico 13 a seguir representa a demanda de gás natural para o setor de matéria prima para fertilizante:



Gráfico 13 - Demanda de gas natural para industria de fertilizantes
Fonte: EPE

No curto prazo, a demanda do gás natural pelas UFNs, unidades de fertilizantes nitrogenados estão previstas nos planos estratégicos das empresas responsáveis. Já no médio e longo prazo, as unidades foram simuladas com o objetivo de minimizar a dependência de importação e garantir a autossuficiência em fertilizantes nitrogenados com base amônia e ureia. O gráfico a seguir representa a produção física e demanda interna de Ureia:

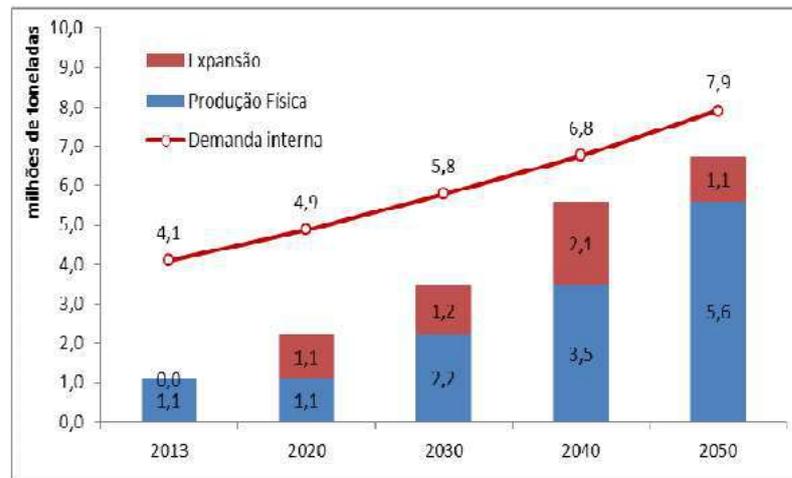


Gráfico 14 – Demanda e oferta de ureia
Fonte: EPE

Outro estudo que abrange o setor de gás natural consta no Plano Decenal de Expansão de Energia 2024 (2015), publicado pelo Ministério de Minas de Energia e que também trata de previsões do gás natural a longo prazo. No estudo é citado como aspecto fundamental na avaliação da penetração do gás natural na indústria a competição direta deste com o óleo combustível. Logo, é necessário considerar hipóteses sobre a relação de preço entre esses energéticos.

O cenário adotado no estudo considerou condições iguais de competitividade entre o óleo combustível e o gás natural no curto prazo. Além disso, levou em consideração a preferência pelo gás natural nos processos industriais que exigem um produto final com elevado grau de pureza, como na fabricação de cerâmicas e no setor de fertilizantes, onde o gás é utilizado como matéria-prima ou fonte de energia.

Foi estimado o consumo de 77 milhões de m³ por dia no Brasil em 2024 sem considerar a demanda por termelétrica e cogeração. A tabela a seguir apresenta o consumo final de gás natural por região geográfica:

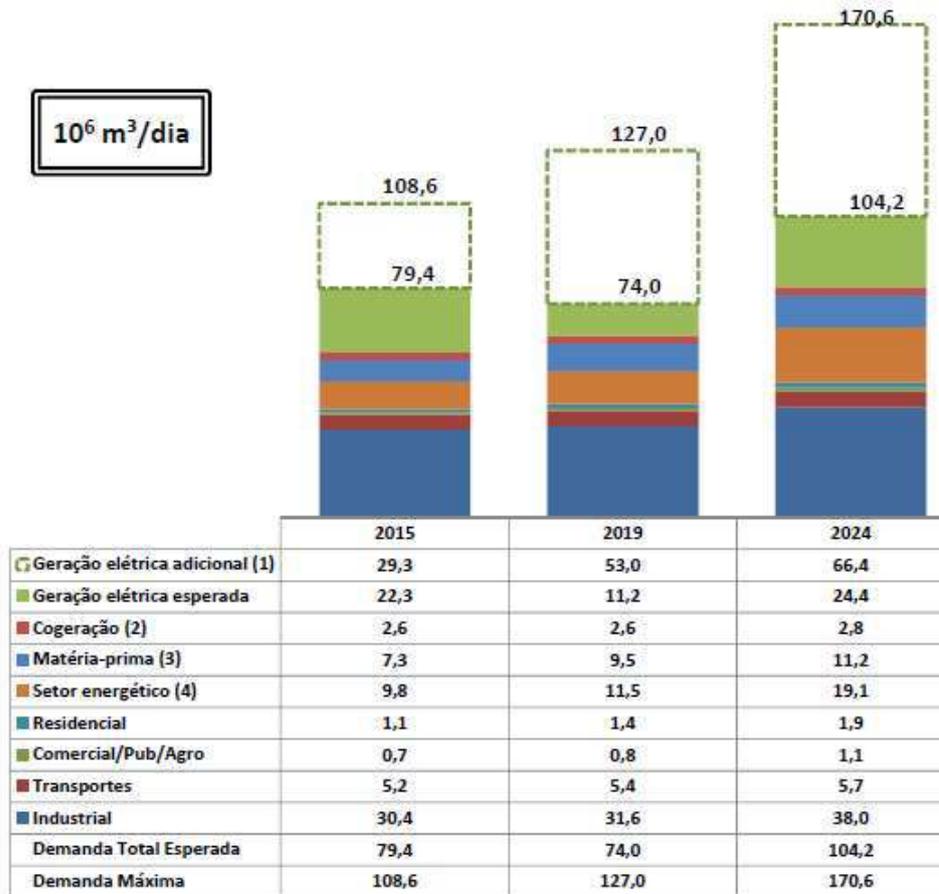
Ano	Norte	Nordeste	Sul	Sudeste	Centro-Oeste	Brasil
	mil m ³ por dia					
2015	271	11.117	6.363	36.446	231	54.428
2019	386	12.683	6.718	38.562	1.811	60.159
2024	461	13.972	8.459	51.134	3.011	77.037
Período	Variação no período (mil m ³ por dia)					
2014-2024	202	3.369	2.892	15.702	2.796	24.961
Período	Variação (% a.a.)					
2014-2019	8,4	3,6	3,8	1,7	53,1	2,9
2019-2024	3,6	2,0	4,7	5,8	10,7	5,1
2014-2024	6,0	2,8	4,3	3,7	30,2	4,0

Nota: Não inclui consumo em coqueação, termelétrico e em E&P (gás úmido).

Tabela 4 - Consumo de gás natural por região
Fonte: EPE

É esperado que seja adicionado entre 2014 e 2024, 25 milhões de m³/dia de gás natural, dos quais 40% tem como fim o setor energético e 35% a indústria. Assim, o cálculo final da demanda de gás natural considera a soma do volume de consumo não energético com o volume de consumo energético. Essa projeção pode variar em função do despacho das usinas termelétricas.

Considerando o nível máximo de despacho termelétrico, a demanda total do gás natural em 2024 poderia atingir 170,6 milhões de m³/dia, sem incluir atividades de E&P. O gráfico a seguir apresenta a projeção da demanda esperada e máxima de gás natural discriminada por setor consumidor:



Notas: (1) Corresponde à diferença entre a geração máxima e a esperada.
 (2) Inclui cogeração industrial e comercial. Não inclui geração em E&P.
 (3) Inclui o consumo como insumo em refinarias (produção de hidrogênio) e unidades de fertilizantes.
 (4) Inclui refinarias e compressão em gasodutos. Não inclui consumo em atividades de E&P (gás úmido).

Gráfico 15 - Projeção da demanda de gás natural por setor
 Fonte: EPE

Pode-se entender que o estudo de projeções do gás natural não é simples, podendo ser conduzido por diferentes metodologias e levando em consideração diferentes premissas econômicas e energéticas.

4 METODOLOGIA

Segundo o exposto no capítulo anterior, optou-se pelo método quantitativo associativo para realizar a projeção. Técnicas qualitativas não foram considerados pois seria necessário buscar a opinião de especialistas, se afastando de uma projeção mais objetiva. Além disso, existem muitos dados disponíveis na literatura, o que favorece métodos quantitativos. Dentre as técnicas quantitativas, as técnicas de séries temporais extrapolativas foram entendidas como de menor exatidão pois estariam relacionadas à tendência do próprio setor de gás, não considerando impactos de variáveis externas e das recentes mudanças na economia do país. A técnica de regressão foi, portanto, a que melhor atendia o objetivo deste estudo, possibilitando considerar diferentes variáveis para a projeção, que no caso serão associadas aos diferentes setores na segmentação da demanda do gás natural, enriquecendo a posterior análise e discussão dos resultados.

A seguir é apresentada de forma mais completa a metodologia usada no desenvolvimento do trabalho.

4.1 Segmentação da demanda considerada no modelo de projeção

Com base na revisão bibliográfica realizada, julgamos mais interessante a análise a partir da segmentação da demanda em diferentes setores, similar ao estudo realizado pelo BNDES em 2006.

Segundo dados do BOLETIM MENSAL DE ACOMPANHAMENTO DA INDÚSTRIA DE GÁS NATURAL, do MME, a demanda de gás natural é apurada a partir de 3 fontes:

- (a) demanda das distribuidoras locais de gás canalizado
- (b) consumo das refinarias e Fábrica de Fertilizantes - Fafens
- (c) consumo de usinas termelétricas informado por outros agentes

Desta divisão destaca-se que parte da demanda (a) das distribuidoras de gás canalizado é direcionada também à indústria termoelétrica e usada também para a cogeração de energia elétrica; essa parcela é conhecida e quando somado à parcela (c) do consumo termelétrico, resulta a demanda total do setor que será aqui tratada como “Setor de Geração Elétrica”.

Além disso, parcelas da demanda também são direcionadas aos setores industrial,

automotivo, residencial e comercial. A parcela direcionada ao setor industrial somada ao (b) consumo de refinaria e Fafens, e somada ao consumo de GNC, resulta a demanda total do setor aqui tratado como “Setor Industrial”.

O chamado “Setor Residencial e Comercial” refere-se à demanda desses dois setores mas serão agrupados para os cálculos e considerações deste trabalho por representar uma parcela bem menos relevante da demanda de gás, somando cerca de 2% da demanda total.

A parcela da demanda direcionada ao setor automotivo, referente ao GNV, é aqui tratada como “Setor Automotivo”.

Sendo assim, todas as análises serão realizadas com base em 4 setores:

- (1) Industrial
- (2) Geração elétrica
- (3) Residencial e Comercial
- (4) Automotivo

4.2 Variáveis do modelo

Para cada setor é proposta a associação à uma variável que teria algum relacionamento lógico com a variável de interesse.

4.2.1 Setor Industrial

A demanda do setor industrial é associada ao PIB total pois claramente quando há variações do desempenho da indústria, haverá também variação do consumo de gás seja como matéria prima ou energia.

O setor industrial ainda poderia ser dividido em outros subsetores, referente às principais indústrias que o compõe: cimento, cerâmica, mineração, química, alimentos e bebidas, têxtil entre outros. Essa divisão será útil para posterior discussão dos resultados obtidos, mas não foi considerada de forma quantitativa, no cálculo da projeção.

Outras variáveis não se encontram no escopo do presente trabalho mais poderiam ser

propostas para a correlação como o preço do Gás e o PIB industrial.

4.2.2 Setor de Geração Elétrica

A demanda de gás para o setor de geração elétrica é associada tanto à demanda total de energia elétrica quanto à oferta de energia hidrelétrica, já que historicamente quando a demanda energética é maior que a absorvida pela hidrelétrica, há um aumento da geração de energia por fontes alternativas, principalmente a partir do gás.

Dessa forma, calculou-se a diferença entre a demanda de energia elétrica e a oferta de energia hidrelétrica, incluído as respectivas projeções obtidas na literatura. Essa diferença foi então utilizada para a projeção da demanda do gás para esse setor.

4.2.3 Setor Residencial e Comercial

A projeção para o Setor Residencial e Comercial será também por modelos associativo, por regressão linear, tendo como variável independente o crescimento populacional. Essa variável foi proposta dado que nesse setor o gás é principalmente como energia secundária, para aquecimento direto ou calor de processo, tendo uma relação lógica com o número de domicílios/estabelecimentos que tem acesso e utilizam o gás.

4.2.4 Setor Automotivo

Para realizar a projeção de demanda de gás natural veicular (GNV), em um primeiro momento, foi usada uma regressão linear simples na qual a variável independente escolhida foi o número de carros convertidos para GNV e sendo a variável dependente o consumo de GNV. A escolha se justificativa pois tem forte apelo lógico uma vez que o aumento da quantidade de carros aptos ao consumo de GNV, ao menos intuitivamente, tende a gerar uma maior demanda pelo combustível em questão.

Quando essas duas variáveis foram confrontadas ano a ano entre 2005 e 2016, a variável independente não só se demonstrou pouco explicativa ($R^2 = 0,52$), em desacordo com a premissa de que um maior número de carros convertidos com GNV levaria ao maior consumo desse combustível. O gráfico a seguir ilustra o comportamento das variáveis durante o período de observações:

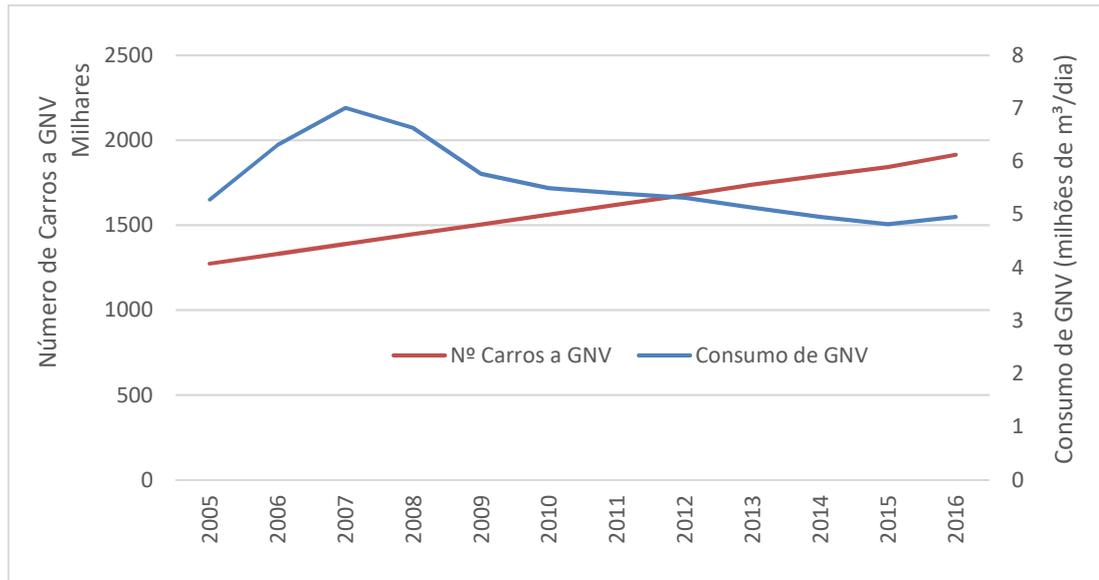


Gráfico 16 - Relação entre frota de veículos a GNV e consumo de GNV

O motivo da queda do consumo de GNV mesmo com a demanda potencial em elevação se explica pela mudança significativa no mercado desse combustível fóssil a partir de 2007. O aumento dos preços domésticos, a incerteza da importação de gás da Bolívia e a expansão da frota de veículos movidos a etanol, reprimiram abruptamente a demanda por GNV por 3 anos, fazendo com que o mercado só voltasse a se equilibrar entre 2010 e 2011, quando a inclinação da curva de consumo se torna mais suave.

Devido à essa constatação inusitada, uma outra abordagem foi utilizada para a construção da projeção da demanda pelo gás natural veicular. A metodologia escolhida se baseia na análise do comportamento da representatividade do GNV no consumo agregado, excluindo o consumo no setor termelétrico que confere muita volatilidade à demanda. Para tal, foi utilizado o histórico recente do consumo de gás natural entre 2011 e 2016, observou-se que a participação do GNV na demanda quando plotada corresponde a uma curva com valor de nível de cerca de 10% e que apresenta uma leve tendência negativa. A opção por restringir a série histórica aos últimos cinco anos se deve a já mencionada mudança no mercado desse combustível que só se consolidou em meados de 2010.

A representatividade do GNV no consumo total é ilustrada pelo gráfico a seguir:

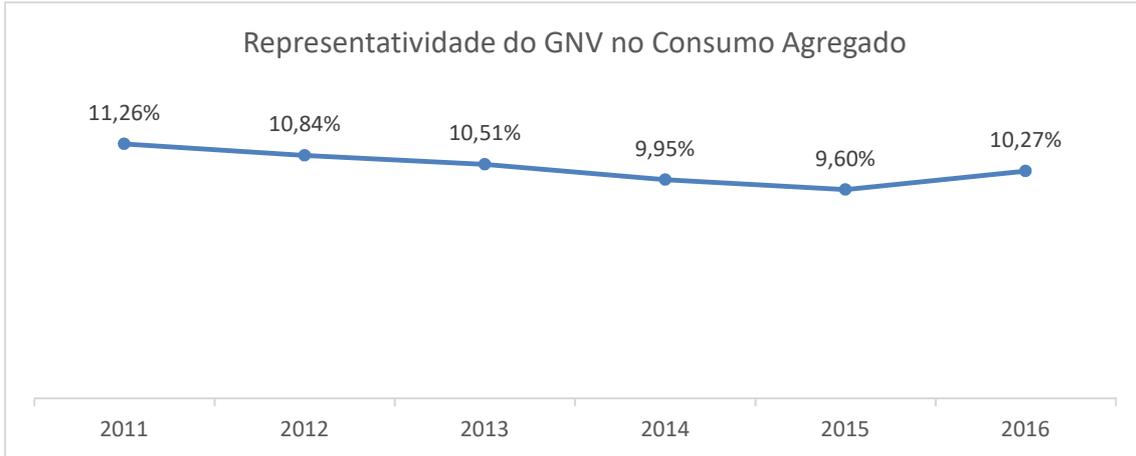


Gráfico 17 - Representatividade consumo GNV

Assim, propõe-se uma série temporal da representatividade desse combustível quando comparado ao consumo total. Uma vez projetada a representatividade do GNV, é possível calcular a projeção do seu consumo, bastando multiplicar o valor projetado de representatividade (R_{GNV}) pelo somatório das projeções de outros fatores que juntos compõem a demanda agregada de gás natural, reforçando que a geração termelétrica não foi considerada.

Logo, a metodologia proposta se baseia na seguinte relação:

$$Demanda\ Automotiva = R_{GNV} \times \Sigma (industrial, residencial/comercial)$$

4.2.5 Dados históricos e projeção das variáveis de modelo

A tabela 5 a seguir apresenta os dados históricos obtidos na literatura para cada uma das variáveis de modelo, bem como as projeções de cada uma delas:

ANO	PIB	Crescimento populacional	Consumo de Energia Elétrica	Oferta de Energia Hidrelétrica
2005	513	183	403.947	370.266
2006	533	186	419.337	382.233
2007	566	188	445.044	406.084
2008	595	190	463.120	397.702
2009	594	194	462.976	415.686
2010	639	195	509.223	422.893

2011	664	197	531.758	450.237
2012	677	199	552.498	441.178
2013	697	201	570.835	414.556
2014	701	203	590.542	392.497
2015	674	204	581.486	382.058
2016	650	206	614.600	410.237
2017	663	208	639.948	419.206
2018	676	209	659.614	421.063
2019	690	211	679.281	422.920
2020	703	212	698.948	424.777
2021	718	213	718.615	426.634
2022	738	215	738.281	428.491
2023	760	216	757.948	430.348
2024	782	218	777.615	432.204

Tabela 5 - Dados históricos e projeção das variáveis do modelo
 Fonte: Elaboração própria a partir de dados Bradesco/IBGE

Os dados do PIB foram tirados do IBGE, enquanto as taxas de projeção do PIB utilizadas foram retiradas da EPE, tendo em vista que faremos a comparação da nossa projeção com a deles. Já os dados de crescimento populacional e projeção foram tirados do Bradesco. Os dados de Consumo de Energia Elétrica foram tirados do Balanço Energético Nacional de 2016 enquanto os de Oferta de Energia Hidrelétrica tem como fonte o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). A projeção destas duas últimas variáveis foi realizada através do método de regressão linear, que tem como objetivo encaixar a melhor reta dos pontos, considerando o histórico dos dados.

4.3 Desenvolvimento do modelo

Como indicado anteriormente, o modelo de regressão linear foi utilizado separadamente para cada setor, com exceção do setor Automotivo, no qual foi necessária utilização de uma modelo temporal. As regressões foram feitas com base nas projeções encontrada na literatura para as variáveis do modelo (PIB, demanda energética, oferta hidrelétrica e crescimento populacional).

Utilizaram-se cálculos no Excel para realizar as regressões. Para a regressão linear é utilizada a equação “ $y = a.x + b$ ” onde os coeficientes a e b são calculados através de funções

do Excel.

O coeficiente a, também conhecido por coeficiente angular e b, coeficiente linear, são calculados em função das variáveis y e x, que são representadas pelos dados históricos das variáveis de interesse e variáveis do modelo, respectivamente.

Os valores utilizados como y são os valores históricos da variável de interesse, que é a demanda de gás natural para cada setor, indicados na tabela abaixo:

BALANÇO DE GÁS NATURAL (em milhões de m ³ /dia)	Industrial	Automotivo	Residencial	Comercial	Geração Elétrica	Cogeração	Outros (inclui GNC)	Demanda Total
2005	29,46	5,28	0,61	0,5	10,26	1,43	0,07	47,61
2006	30,79	6,31	0,65	0,56	7,98	1,81	0,32	48,42
2007	32,21	7,01	0,66	0,58	6,55	1,92	0,23	49,17
2008	33,4	6,63	0,72	0,61	14,94	2,26	0,15	58,71
2009	28,96	5,77	0,74	0,59	5,31	2,43	0,64	44,44
2010	35,41	5,5	0,79	0,63	15,77	2,9	0,68	61,69
2011	40,85	5,4	0,87	0,68	10,42	3,01	0,17	61,4
2012	42	5,32	0,92	0,72	23,03	2,92	0,11	75,03
2013	41,81	5,13	1	0,75	40,08	2,46	0,1	91,34
2014	42,98	4,96	0,97	0,77	46,84	2,57	0,17	99,26
2015	43,61	4,82	0,97	0,79	45,9	2,5	0,04	98,63
2016	40,82	4,96	1,11	0,83	29,59	2,37	0,58	80,26

Tabela 6 - Histórico de demanda de gás natural por setor

Fonte: Elaboração própria a partir de dados MME, Boletim mensal de acompanhamento da indústria de gás natural, 2016

Já os valores utilizados para a variável X são os correspondentes da série temporal das variáveis do modelo, indicados na seção 4.2.5, tabela 5.

Uma vez obtido, para cada setor, os coeficientes “ a ” e “ b ” pode-se equacionar “ $y = a.x + b$ ”, que será a curva característica do setor. Essa curva mede a correlação entre a demanda de gás do setor e a proposta variável de modelo.

4.4 Projeção da demanda total

Através dos cálculos descritos anteriormente, obteve-se a projeção da demanda de gás natural para cada um dos setores que compõem esse mercado. Como todo o consumo de gás (dados do MME) é considerado em algum dos setores descritos no presente estudo, pode-se obter a projeção da demanda total pelo somatório das demandas setoriais.

4.5 Validação de variáveis e avaliação da projeção

Como ressaltado na seção 3.4.2.1 Correlações e Regressão, a correlação entre as variáveis pode ser validada de forma simples através dos cálculos do R^2 para cada modelo obtido. Esse cálculo é realizado no Excel a partir da função RQUAD, em função das variáveis x e y .

Os valores de X e Y utilizados na função são os mesmos indicados na seção anterior, obtidos na literatura, sem incluir os pontos projetados.

O valor R^2 pode ser interpretado como a proporção da variação em y que pode ser atribuída à variação em x . Quanto mais próximo de 1 for o valor de R^2 , maior é a correlação entre as variáveis e conseqüentemente melhor será o modelo e as premissas propostas.

Para o presente estudo foi adotada como uma boa correlação valores de R^2 superiores à 0,80.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção são apresentados os resultados da aplicação do modelo descrito anteriormente, com o objetivo final prever a demanda de gás natural brasileira em um horizonte de curto/médio prazo.

5.1 Setor industrial

Em análise entre a demanda de gás natural e o PIB obteve-se a seguinte relação:

$$Demanda\ industrial = 0,0821.PIB - 14,4382$$

A análise do coeficiente R2 referente à correlação entre a demanda de gás e o PIB foi 84,6%. Esse valor indica que a associação lógica entre as variáveis que foram usadas como premissa é de fato relevante.

Os dados da série temporal bem como o resultado da projeção são apresentados no gráfico a seguir:

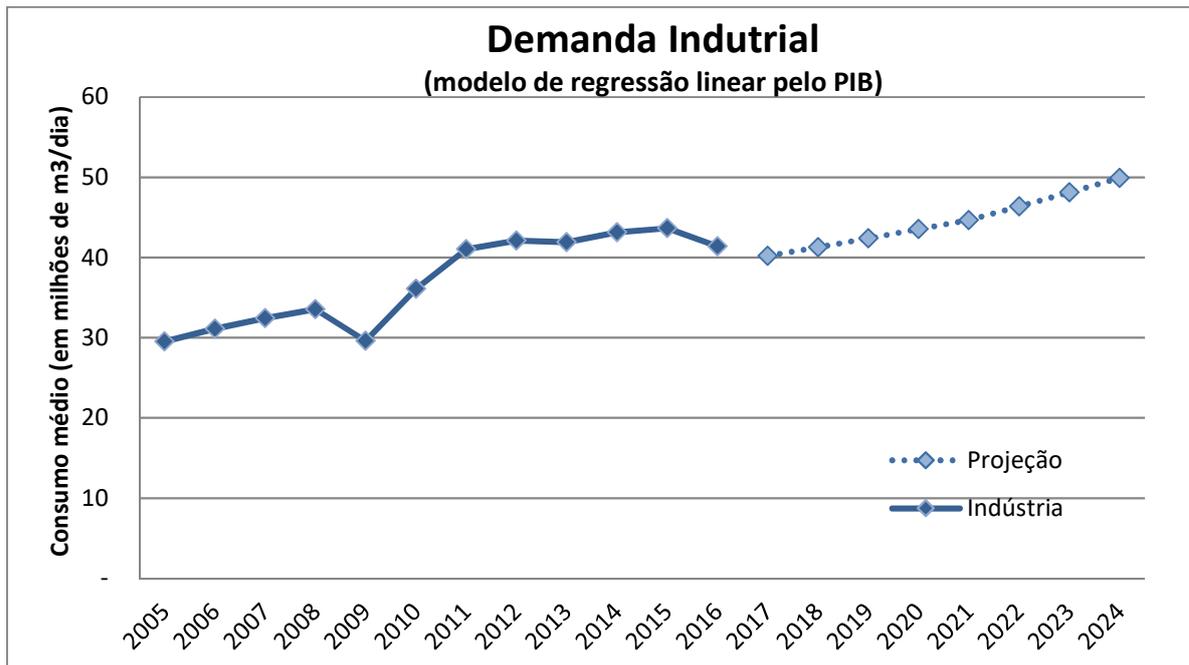


Gráfico 18 - Demanda do Setor Industrial por modelo de regressão linear com PIB

O gás é utilizado na indústria como combustível para fornecimento de calor e também como matéria prima na indústria de fertilizantes, química, petroquímica e siderúrgica (como redutor do minério de ferro). Dessa forma, na atual conjuntura econômica do país, em que é

esperada uma retomada do crescimento, pode-se prever aumento consumo de gás para suprir as necessidades da indústria.

Já em maio de 2017 verificou-se no levantamento estatístico da Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Gás Canalizado (Abegás), uma alta de 8% no consumo de gás natural no setor Industrial em relação ao mesmo período de 2016. Augusto Salomon, presidente executivo da Abegás, destacou que “É um movimento que indica uma certa recuperação na economia brasileira”.

Pela projeção calculada a demanda referente ao setor industrial deverá atingir 50,5 milhões m³/dia em 2024, um crescimento de 25% nos próximos 7 anos.

5.2 Setor de Geração Elétrica

Em análise entre a demanda de gás natural para o setor termelétrico e de cogeração e o gap de energia, chegou-se a seguinte relação:

$$Demanda\ Térmica = 0,000217\ GAP + 0,986248$$

A análise do coeficiente R² referente à correlação entre a demanda de gás e o gap de energia foi 87,3%. Esse valor indica que a associação lógica entre a variável que foi usada como premissa é relevante.

Os dados da série temporal bem como o resultado da projeção são apresentados no gráfico a seguir:

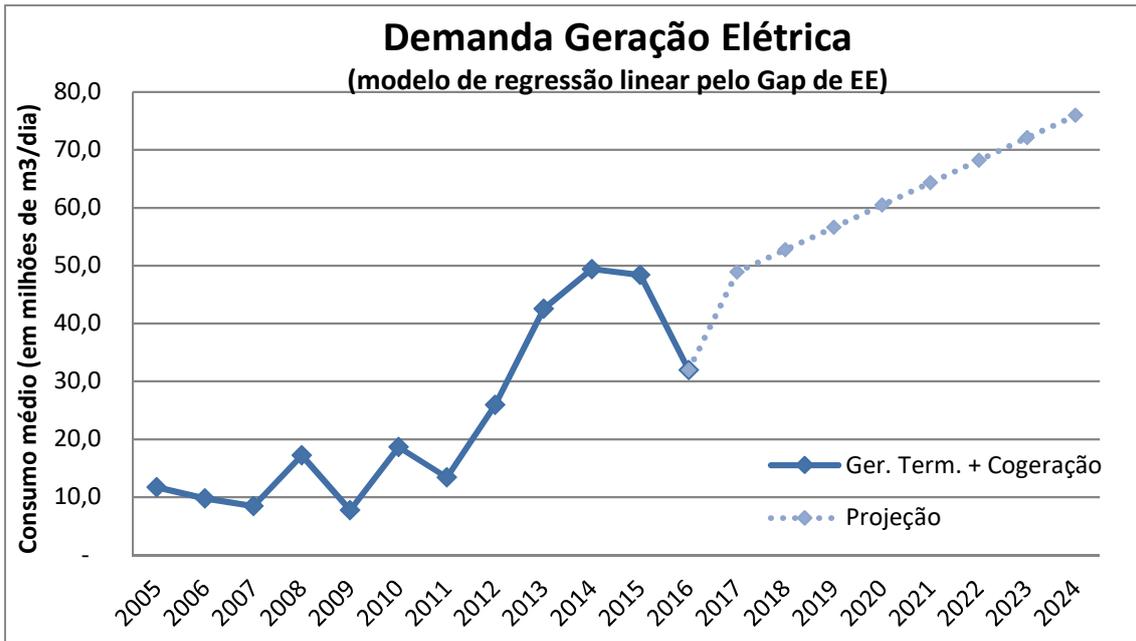


Gráfico 19 - Demanda do Setor de Geração Elétrica por modelo de regressão linear com GAP de energia

Segundo a projeção calculada, em 2024 teremos um consumo de 76 milhões de m³ por dia, o que representa um aumento de 138% quando comparado ao volume de 2016.

Uma sugestão para abordagens futuras seria a análise do setor de geração elétrica separada em dois cenários, um que considerasse a tendência de crescimento até 2014 e outro que abrangesse a redução do consumo de gás natural do setor de 2014 a 2016.

Entre 2013 e 2015 a ONS já começou a enfrentar desafios com a escassez de recurso hídrico, o que confirma a tendência de redução da representatividade da energia hidrelétrica e o crescimento do setor termelétrico e de outros de fontes renováveis.

Prevendo este cenário empresas estão investindo no setor. A Petrobras está planejando um novo terminal em Sergipe para atender uma termelétrica de 1,5 MW de capacidade com previsão de início de operação em 2020 (Governo de São Paulo, 2017) e a Prumo Logística assinou contrato com a Bolognesi Energia assumindo a responsabilidade pela construção e operação da termelétrica Novo Tempo, com capacidade instalada de 1,2 GW (Abegás, 2017).

5.3 Setor Residencial e Comercial

Associando-se a demanda de gás natural para o setor Residencial e Comercial ao

crescimento populacional, chegou-se a seguinte relação:

$$\text{Demanda Residencial e Comercial} = 0,033985 \text{ Crescimento populacional} - 5,14292$$

A análise do coeficiente R^2 referente à correlação entre a demanda de gás e o crescimento populacional para esse setor foi 95,6%. Esse valor indica que a premissa utilizada e a associação entre as variáveis é válida.

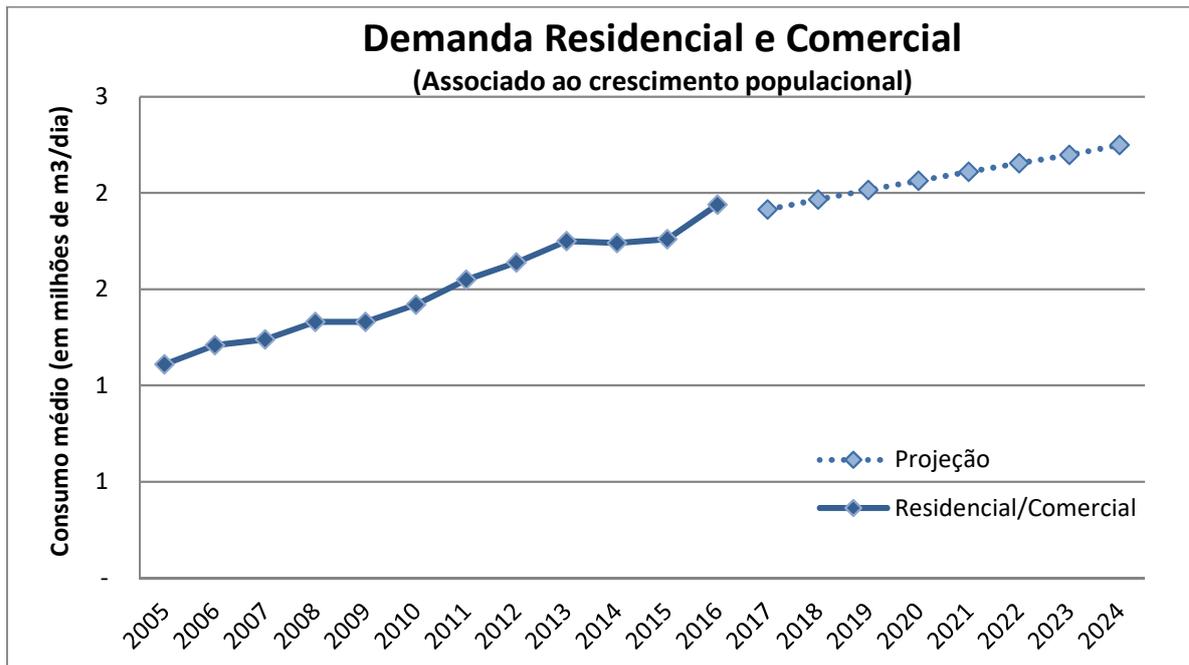


Gráfico 20 - Demanda do Setor Residencial/Comercial por modelo de regressão linear com crescimento populacional

Há diversas aplicações do gás no setor residencial e industrial como aquecimento de água, cocção, condicionamento ambiental, churrasqueiras, lareiras, entre outros. Contudo, no Brasil esses setores representam uma parcela mínima do consumo final de gás natural, muito em parte por se concentrarem nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo e por utilizarmos o gás apenas para aquecimento de água e cocção. Além disso, devido a fatores climáticos, não há utilização do gás no Brasil para outras formas de aquecimento como ocorre em países europeus.

Para o aquecimento de água, o gás natural é a segunda fonte mais utilizada em território nacional, com participação de 5,9%, sendo a eletricidade a fonte mais utilizada, com participação de 73,5%. Em relação a cocção, o principal concorrente do gás natural é o gás

liquefeito de petróleo (GLP), que está presente em cerca de 5.000 municípios e atende 95% dos domicílios brasileiros. (IEE UPS, 2017)

Portanto, apesar das aplicações restritas, existe um enorme mercado potencial para o gás natural nesse setor.

5.4 Setor Automotivo

Em análise da representatividade do consumo de GNV frente ao consumo agregado, excluindo o setor termelétrico e de cogeração, chegou-se a seguinte relação:

$$\text{Representatividade (\%)} = 0,0026\text{ANO} + 5,42$$

Os dados da série temporal bem como o resultado da projeção são apresentados no gráfico a seguir:

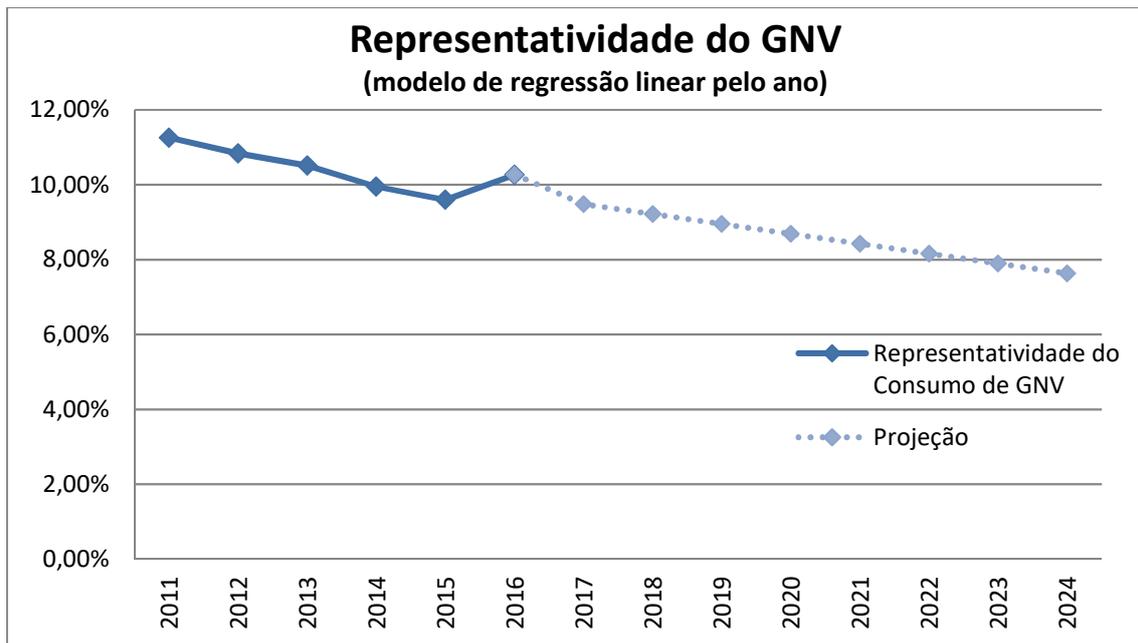


Gráfico 21 – Representatividade do GNV

Uma vez projetada a representatividade do GNV, obteve-se os seguintes valores para o consumo de GNV:

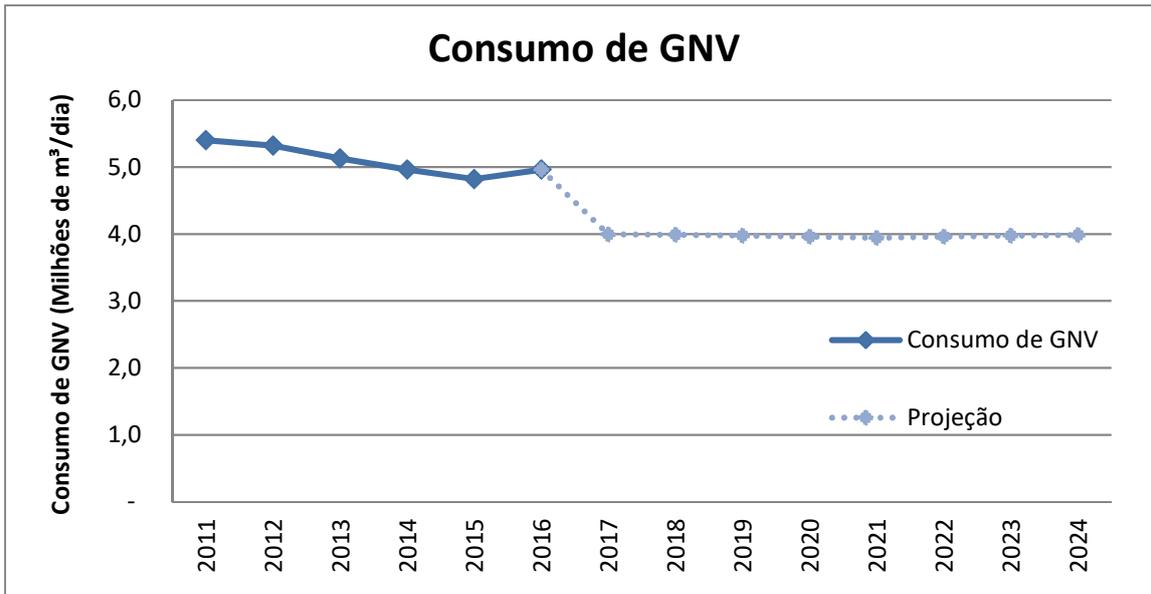


Gráfico 22 - Demanda do setor Automotivo

Segundo a projeção calculada, em 2024 teremos um consumo de 3,98 milhões de m³ por dia, o que representa uma redução de 20% quando comparado ao volume de 2016. Essa tendência pode ser explicada pela dependência da oferta importada da Bolívia, deixando em segundo plano políticas que incentivam o consumo de GNV e priorizando o setor termelétrico, que apresenta crescimento relevante.

5.5 Demanda total

A projeção da demanda total de gás natural, obtida pelo somatório das demandas de cada setor, é apresentada no gráfico a seguir:

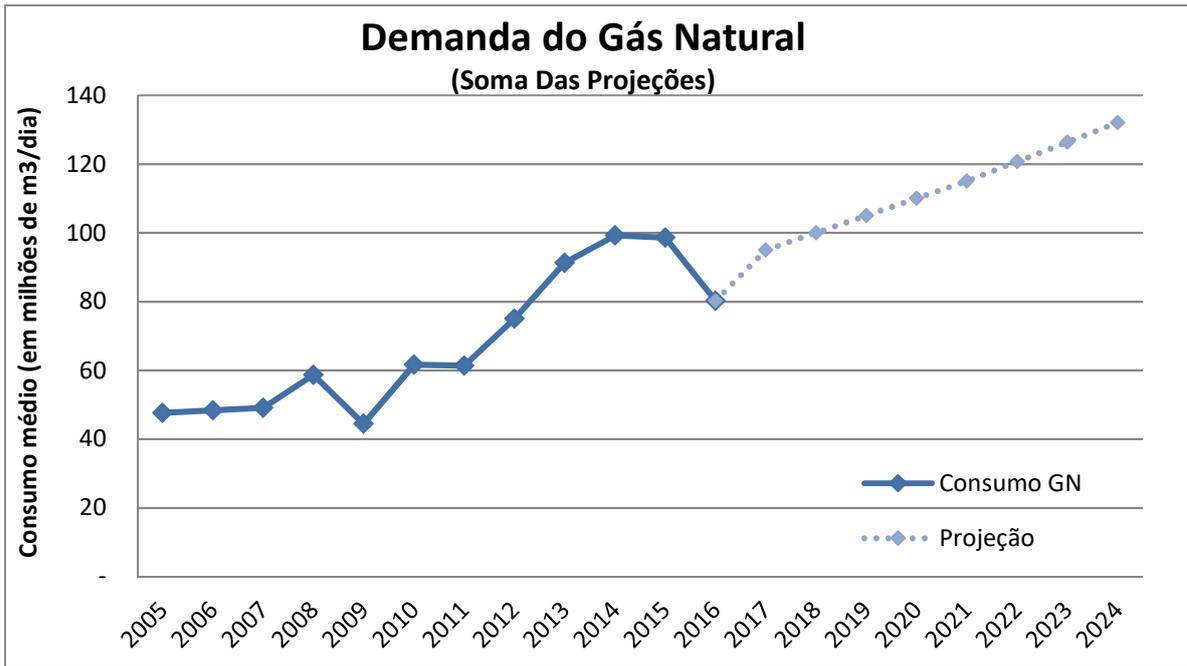


Gráfico 23 - Projeção da demanda total de gás natural

Ao desenvolver uma análise crítica do mercado de gás natural concluiu-se que o resultado da projeção de demanda obtida neste trabalho está de acordo com a tendência do setor. A expectativa de crescimento do consumo de gás natural em 65% de 2016 para 2024 pode ser atingida por diversos fatores.

Do lado da demanda, tem-se o desenvolvimento de tecnologias, que aumentam a possibilidade de uso do gás natural, além da crescente necessidade de uso de combustíveis fósseis mais limpos.

Do lado da oferta, tem-se o desenvolvimento no transporte do gás e processo de estocagem, além da desconcentração de ativos nas mãos da Petrobras, oportunidade ímpar que poderá gerar mais investimentos na área. Com isso, o Brasil aumentaria sua produção de gás natural, suprimindo o aumento da demanda e diminuindo a dependência de importação da Bolívia.

Por outro lado, há incertezas com relação a importação de gás natural, estudos já mostraram que não é garantido que a Bolívia terá gás suficiente para atender o Brasil nos mesmos volumes atuais. Por isso, o maior risco que inviabilizaria esse crescimento do setor seria a não renovação em 2019 de um contrato que supra a demanda futura do Brasil.

Comparando o resultado deste estudo com o Plano Decenal de Energia da EPE,

obtivemos um cenário mais agressivo de crescimento de 132,11 milhões de m³ por dia para 2024 versus a demanda média esperada da EPE de 104,2 milhões de m³ por dia. Acreditamos que devido ao período em que foi realizado o estudo para o PDE (2014/2015), o plano de desconcentração de ativos da Petrobras encontrava-se incipiente, por isso não foi considerado como premissa qualitativa para os cálculos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do trabalho foi mapear o atual mercado brasileiro de gás natural e desenvolver um modelo de projeção adequado para se obter a demanda de gás no médio prazo.

Uma revisão bibliográfica a respeito dos diferentes métodos de projeção foi necessária para permitir a identificação do método mais adequado aos objetivos do estudo e também às informações disponíveis.

O método de correlação por regressão linear foi aplicado, com exceção do setor automotivo, para o qual um modelo de série temporal foi mais adequado. Para o desenvolvimento do método foi necessária a segmentação da demanda em diferentes setores e a identificação de premissas válidas a serem utilizadas em cada caso.

As premissas foram propostas com base no conhecimento adquirido do setor de gás e por associações lógicas entre variáveis, sendo sua validade verificada através de métodos estatísticos.

Desta forma, pode-se obter conclusões separadamente para cada setor:

- O setor Industrial se mostra fortemente influenciado pela conjuntura econômica do país. Como é esperado que o Brasil retome seu crescimento nos próximos anos, a demanda de gás para esse setor também deverá crescer
- O setor de Geração Elétrica é hoje a principal alavanca para o mercado de gás natural. Seu forte crescimento é associado às usinas termelétricas e existem investimentos planejados para os próximos anos, aumentando ainda mais a participação do mesmo na demanda total.
- O setor Residencial e Comercial é um mercado ainda muito novo mas que guarda um grande potencial em um horizonte maior. É necessário ampliar o acesso ao gás natural para fins residenciais em outras regiões do país para permitir o crescimento desse setor.
- O setor Automotivo se mostra o menos promissor, em grande parte devido à falta de investimentos e à dependência de importações.

O cenário final da demanda total de gás foi construído pelo somatório dos resultados obtidos separadamente, de forma que variações em qualquer um dos setores impacte diretamente a projeção de demanda final.

A projeção final foi ainda comparada às projeções existentes na literatura e mostrou-se coerente. Pequenas variações se devem às diferentes premissas utilizadas em cada projeção, mas conduziram à mesma conclusão sobre o consumo de gás nos próximos anos.

Segundo as tendências observadas, teremos um forte crescimento da demanda de gás natural para os próximos 8 anos. Isso atrelado ao fato de o país ser fortemente dependente das importações de gás reforçam a importância de se prestar mais atenção a esse setor nos próximos anos, bem como a necessidade de um planejamento estratégico que permita aumentar a oferta de gás nas mesmas proporções do crescimento da demanda.

Devido à grande variedade de dados disponíveis para consulta, encontrou-se por vezes dificuldades na identificação dos dados de maior confiabilidade. Além disso, muitos dos estudos usados como base da literatura apresentavam premissas divergentes entre si, o que pode ocasionar variações nos resultados obtidos quando comparados a outros estudos similares.

Ainda, destaca-se que o atual cenário brasileiro, com a crise política e instabilidade econômica, podem tornar inválidas no futuro as premissas utilizadas para construção do modelo, prejudicando a consistência das previsões obtidas.

Como propostas de trabalhos futuros, poderia ser feita uma análise de outras variáveis, sugeridas no decorrer do trabalho, e uma comparação entre as correlações obtidas, originando um modelo mais abrangente que o então apresentado.

Além disso, a complexidade da análise do setor de geração elétrica e a importância do mesmo para o crescimento do mercado de gás, poderiam originar um estudo mais aprofundado somente desse setor. A demanda energética no mercado brasileiro depende de diversos fatores que apenas podem ser abordados em modelos mais complexos que o descrito no presente estudo.

7 BIBLIOGRAFIA

ABRACE – Associação Brasileira de Grandes Consumidores Industriais de Energia e de Consumidores Livres. **Conceitos e definições do setor de gás natural**. 2015. Disponível em: <http://abrace.org.br/wp-content/uploads/2015/12/cartilha_gas.pdf>. Acesso em: Julho de 2017.

Agência Brasil. Cade aprova venda de 49% da Gaspetro para a Mitsui. 2015. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2015-12/cade-aprova-venda-de-49-da-gaspetro-para-mitsui>>. Acesso em: Maio de 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS – ANP. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis**. Rio de Janeiro, 2010.

ALVEAL, C.; BORGES, H. 2001. **Indústria Brasileira de Gás: Rumos Recentes e Perspectivas**. Cenários Macroeconômicos e Estudos Setoriais. Rio de Janeiro, Projeto IE/UFRJ – PREVI.

ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica no Brasil**. 3.ed. 2003.

ARCHER, B. **Forecasting Demand: Quantitative and Intuitive Techniques**. International Journal of Tourism Management. USA. v.1, n.1, p. 5-12, 1980.

ARMSTRONG, J. **Principles of Forecasting: a Handbook for Researchers and Practitioners**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001a.

ARMSTRONG, J. Selecting Forecasting Methods. In: ARMSTRONG, J. **Principles of Forecasting: a Handbook for Researchers and Practitioners**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001b.

ARMSTRONG, J. Role Playing: A Method to Forecast Decisions. In: ARMSTRONG, J. **Principles of Forecasting: a Handbook for Researchers and Practitioners**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001c.

BEN - **Balço Energético Nacional 2010**, ano base 2009. Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em <www.ben.epe.gov.br> acessado em 15 de Maio de 2017;

BNDES. **Mercado de gás natural no Brasil: desafios para novo ciclo de investimentos**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro. n. 42. p. 427-470, set. 2015.

BRITISH PETROLEUM. **BP Statistical Review of World Energy**. 65.ed. Junho 2016. p. 20 - 29

BRITTO, M. P. T. de; **Desenvolvimento da Indústria de Gás Natural no Brasil: Estratégia Empresarial e Seus Desafios**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia de Produção, 2002.

CASTRO, Amparito; REZENDE, Magda. A técnica Delphi e seu uso na pesquisa de enfermagem. **Revista Mineira de enfermagem**, Minas gerais, v. 13, n. 3, nov./nov. 2009. Disponível em: <<http://www.reme.org.br/artigo/detalhes/209>>. Acesso em: 05 fev. 2017.

COLOMER, Marcelo; ALMEIDA, Edmar. **Desafios da Produção de Gás Não-Convencional no Brasil**. 5th Latin American Energy Economics Meeting, 2015. 10p.

Confederação Nacional da Indústria. **Gás natural: uma alternativa para uma indústria mais competitiva**. Brasília. CNI, 2014. 71 p. – (Propostas da indústria eleições 2014 ; v. 16)

FGV,CERI; ABRACE. **Cartilha Transporte de Gás Natural no Brasil – Aspectos Regulatórios**. 2016. 48p.

GEPEA, USP – Grupo de Estudo de Pesquisa com Estatística Aplicada. Disponível em: <<https://www.fea.usp.br/gepea-grupo-de-estudo-de-pesquisa-com-estatistica-aplicada>>. Acesso em: 10 de Junho de 2017.

GOMES, Ieda. Entrevista: Falta de planejamento de longo prazo impede autossuficiência do

Brasil em gás natural. [31 de março, 2016]. Agência de Notícias CNI. Entrevista concedida a Verene Wolke.

GOMES, Maurício Jaroski. **Estudo do Mercado Brasileiro de Gás Natural Contextualizado ao Shale Gas**. 2011. 28 p. Trabalho de diplomação em Engenharia Química – Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

HARRISON, JEFF; WEST, MIKE. **Practical Bayesian forecasting**. *The Statistician* (1987) 36, pp. 1 15-125 115. Department of Statistics, University of Warwick, Coventry CV4 7AL, U.K.

HEIZER, Jay; HENDER, Barry. **Operations management: principles of operations management**. Indiana University: Prentice Hall, 2011. 578 p.

IEE USP – Instituto de Energia e Ambiente. Disponível em: < <http://www.iee.usp.br/> >. Acesso em: 05 de Maio de 2017.

KOTLER, P. **Marketing Management: Analysis, Planning, Implementation, and Control**. New Jersey: Prentice-Hall, 1991.

LEMOS, Fernando de Oliveira. **METODOLOGIA PARA SELEÇÃO DE MÉTODOS DE PREVISÃO DE DEMANDA**. 2006. 182p. Programa de pos-graduação em engenharia de produção (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

Linstone, H. A., & Turoff, M. **The Delphi method: Techniques and applications**. 1975. p. 3-12. Addison-Wesley Publishing Company.

LO, T. Na Expert System for Choosing Demand Forecasting Techniques. *International Journal of Production Economics* v 33, n 1, p. 5—55,1994

LYNN,G. ;SCHNAARS,S. ; SKOV, R. Survey of New Product Forecasting Practices in

Industrial High Technology and Low Technology Businesses. *Industrial Marketing Management*, v 28, n 6, p. 565-571, 1999

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing: edição compacta**. São Paulo: Atlas, 1996.

McKinsey Global Institute. *Game changers: Five opportunities for US growth and renewal*. Julho, 2013.

MENTZER, J. T.; GOMES, R. Evaluating a Decision Support Forecasting System. *Industrial Marketing Management*. v. 18, n. 4, p. 313 -323, 1989.

MIT - edX. **CTL.SC0x Course - Supply chain analytics**. EDX programs, [S.L], v. 1, jul./jul. 2017. Disponível em: < <https://www.edx.org/course/supply-chain-analytics-mitx-ctl-sc0x-1>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

MME – Ministério de Minas e Energia. **Gás para crescer - Relatório técnico**. 2016.

MODENESI, Gustavo. **Modelo de previsão de demanda de gás natural**. 2007. 163 p. Trabalho de Formatura - Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MOREIRA, A. et al. PNE 2050 - Premissas Econômicas de Longo Prazo. **Estudos econômicos**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, set./set. 2015. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/Estudos/Documents/PNE2050_Premissas economicas de longo prazo.pdf](http://www.epe.gov.br/Estudos/Documents/PNE2050_Premissas_economicas_de_longo_prazo.pdf)>. Acesso em: 05 jul. 2017.

MURDICK, R. G. & GEORGOFF, D.M. **FORECASTING: a systems approach**. *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 44, n 1, p.1-16, 1993.

NEOENERGIA. **História do setor**. Disponível em: <<http://www.neoenergia.com/pages/o%20setor%20e%20o%20c3%a9trico/historiadosetor.aspx>>. Acesso em: 08 jul. 2017.

POPPE, Camilo; GOMES, Ieda; HOLANDA, Lavinia. Gás Natural. **Caderno FGV Energia**, FGV, v. 1, n. 2, p. 8-75, mai./jul. 2017. Disponível em: <<http://fgvenergia.fgv.br/publicacao/caderno-de-gas-natural-fgv-energia>>. Acesso em: 05 jul. 2017.

PORTAL DA INDÚSTRIA - CNI. **Entrevista: falta de planejamento de longo prazo impede autossuficiência do Brasil em gás natural**. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/agenciacni/noticias/2016/03/entrevista-falta-de-planejamento-de-longo-prazo-impede-autossuficiencia-do-brasil-em-gas-natural-1/>>. Acesso em: 07 mai. 2017.

PORTAL DO GOVERNO DE SÃO PAULO. **Governo do estado de São Paulo secretaria de energia e mineração**. Disponível em: <<http://www.energia.sp.gov.br/2017/07/producao-de-gas-natural-crescera-55-ate-2026-com-pre-sal-2/>>. Acesso em: 08 jul. 2017.

PRATES, Cláudia Pimentel T. Prates; PIEROBON, Ernesto Costa; COSTA, Ricardo Cunha da; FIGUEIREDO, Vinicius Samu de. **EVOLUÇÃO DA OFERTA E DA DEMANDA DE GÁS NATURAL NO BRASIL**. 2006. 68p. BNDES Setorial, Rio de Janeiro.

Stevens, C.F.; Harrison, P.J. **Bayesian forecasting**. 1976. Journal of the Royal Statistical Society. P.205-247.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica**. 2016. EPE, Rio de Janeiro. 452p.

Tolmasquim, Mauricio T.; Guerreiro, Amilcar; Gorini, Ricardo. **Matriz energética brasileira: uma prospectiva**. 2007. Novos estudos - CEBRAP n.79. São Paulo, Nov/2007

VALLE, B. et al. **Preços do Petróleo, Gás Natural e Combustíveis nos Mercados Nacional e Internacional. Boletim Anual de Preços - 2016**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 5, p. 28-33, jan. 2016. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/precos-e-defesa-da-concorrenca/precos/boletim-anual-de-precos>>. Acesso em: 06 jul. 2017.

World Energy Council. **World Energy Resources Survey**. 2013.

WRIGHT, James; GIOVINAZZO, Renata. **Delphi - uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo**. Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, v. 1, n. 12, jul./dez. 2000.