	RELATÓRIO		Nº: RL-ANP-FPL-002		
	CLIENTE: ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS				FOLHA: 1 de 40
	PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS				-
	TÍTULO: Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos- Resultados Parciais				-

Faculdades Católicas – PUC-Rio – SIMDUT

ÍNDICE DE REVISÕES

REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS
0	EMISSÃO ORIGINAL
A	REVISADO CONFORME COMENTÁRIOS DA ANP
B	REVISADO CONFORME COMENTÁRIOS DA ANP
C	INCLUSÃO DE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA
D	ALTERAÇÕES NOS ITENS 7.2.1.E E 7.2.2.L

	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E	REV. F	REV. G	REV. H
DATA	23/11/2012	05/12/2012	14/01/2013	28/01/2013	03/04/2013				
PROJETO	ANP	ANP	ANP	ANP	ANP				
EXECUÇÃO	LPires	LPires	LPires	LPires	LPires				
VERIFICAÇÃO	CVB	CVB	MVC	MVC	MVC				
APROVAÇÃO	PKrause	PKrause	PKrause	PKrause	PKrause				

AS INFORMAÇÕES DESTES DOCUMENTOS SÃO PROPRIEDADE DA ANP, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-002**

REV. C

PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS

FOLHA 2 de 38

TÍTULO: Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultados Parciais

-

-

ÍNDICE

1	CONTEXTUALIZAÇÃO	3
2	OBJETIVO	3
2.1	CARACTERIZAÇÃO DOS CONCEITOS DE CAPACIDADE DE GASODUTOS	3
3	DEFINIÇÕES LEGAIS DE CAPACIDADE.	4
4	EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL	5
4.1	UNIÃO EUROPÉIA	6
4.2	BÉLGICA	10
4.3	PORTUGAL	13
4.4	ESPANHA	16
4.5	ÍNDIA	18
4.6	ARGENTINA	20
4.7	NORUEGA	21
4.8	ALEMANHA	22
4.9	ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA	23
5	ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE A EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL E O CASO BRASILEIRO	25
6	PREMISSAS E HIPÓTESES PARA O DESENVOLVIMENTO DAS FERRAMENTAS DE CÁLCULO	27
7	PROPOSTA INICIAL PARA O CÁLCULO DE CAPACIDADE	28
7.1	CONSIDERAÇÕES SOBRE AS DEFINIÇÕES DE CAPACIDADE	29
7.2	PROPOSTA INICIAL PARA O CÁLCULO DE CAPACIDADE	30
7.3	OBSERVAÇÕES.	34
7.4	PRÓXIMAS ATIVIDADES.	34
8	BIBLIOGRAFIA	34
9	LISTA DE AUTORIDADES REGULATÓRIAS	36

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-002**REV. **C****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 3 de 38**TÍTULO:** Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultados Parciais-
-**1 CONTEXTUALIZAÇÃO**

De acordo com o inciso XXVII do Art. 8º da Lei nº 9.478/97, incluído pelo Art. 58 da Lei nº 11.909/09, é uma das atribuições da ANP o estabelecimento dos critérios para a aferição da capacidade dos gasodutos de transporte e de transferência.

A fim de cumprir com esta atribuição, a ANP contratou o serviço de consultoria da PUC-Rio, com o propósito de definir princípios e abordagens para a realização do cálculo de capacidade de transporte de gasodutos, assim como o estabelecimento dos critérios para a sua aferição, tendo como referência as definições legais de capacidade introduzidas pelo Decreto nº. 7382/2010 (“Decreto”), que regulamenta a Lei nº 11909/2009 (“Lei do Gás”).

Com base nestes princípios deverá ser definido um procedimento de cálculo de capacidade de transporte de gasodutos, levando em conta se os mesmos se encontram interconectados a uma rede de transporte ou isolados, observando os detalhes específicos para o desenvolvimento de modelos computacionais de simulação termohidráulica de uma malha de gasodutos.

Deverão, ainda, ser caracterizadas as informações condicionantes mínimas necessárias para o cálculo de capacidade de transporte de gasodutos, que devem ser divulgadas junto com os valores da capacidade, de forma a garantir sua validação e reprodução por entidade independente interessada.

Além disso, o projeto prevê o desenvolvimento dos modelos computacionais dos gasodutos de transporte nacionais em operação.

2 OBJETIVO

Conforme estabelecido no Plano de Trabalho (RL-ANP-FPL-001, rev. A), o primeiro objetivo do projeto consiste na “Caracterização dos conceitos de capacidade de gasodutos”, a ser apresentado em duas etapas, conforme segue:

2.1 Caracterização dos conceitos de capacidade de gasodutos

A caracterização dos conceitos de capacidade de gasodutos deve ser formulada de modo a atender às determinações do Decreto nº. 7382/2010 (“Decreto”), que regulamenta a Lei nº 11909/2009 (“Lei do Gás”), estabelecendo as definições de Capacidade de Transporte, Capacidade Disponível e Capacidade Ociosa. Em especial, deve ser considerado o art. 72 do Decreto, que trata da atribuição da ANP em editar normas que caracterizem a ampliação de capacidade de gasodutos de transporte, bem como o art. 15 e o parágrafo primeiro do art. 48, que tratam da troca operacional de gás natural (swap) como forma de acesso a terceiros.

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-002**REV. **C****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 4 de 38**TÍTULO:** Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultados Parciais-
-

O procedimento proposto de cálculo de capacidade de transporte deve abranger os diferentes cenários de oferta, demanda e operacionais a serem identificados como relevantes para a determinação das vazões para o cálculo da capacidade máxima de transporte do gasoduto, assim como para o cálculo da capacidade disponível que pode ser oferecida pelo transportador de maneira firme, levando em conta a integridade do sistema e as condições operacionais da rede de transporte.

É importante destacar, que o conceito de capacidade deve levar em conta premissas básicas para o seu cálculo, considerando tanto aspectos técnico-operacionais quanto contratuais/comerciais.

2.1.1 Fundamentação Teórica para o Cálculo de Capacidade

A fundamentação teórica para o cálculo das capacidades de gasodutos (transporte, disponível e ociosa) foi desenvolvida pelo SIMDUT/PUC-Rio e avaliada pela ANP.

Foi realizada uma análise da experiência nacional e internacional no cálculo da capacidade, em especial de países como Argentina, Alemanha, Espanha, Bélgica, Portugal, Reino Unido e Índia.

A proposição do conceito inicial de capacidade para o caso brasileiro foi elaborada pelo SIMDUT/PUC-Rio considerando, em um primeiro momento, um gasoduto de transporte que não se encontra interconectado a uma rede de transporte. A aplicabilidade desta conceituação foi verificada por meio de um estudo de caso, definido entre as partes.

2.1.2 Conceito Final de Cálculo de Capacidade

O conceito inicial terá sua aplicabilidade verificada para o caso de gasodutos interconectados em rede. Além disso, a ANP irá convidar outros interessados, como o Ministério de Minas e Energia e demais interessados do mercado de gás natural (transportadores, carregadores, etc), para uma discussão mais ampla dos conceitos consolidados na fase anterior. A partir daí, o SIMDUT/PUC-Rio consolidará o conceito final de capacidade, detalhando todas as limitações e pressupostos considerados a partir da análise do caso real brasileiro, para a aprovação da ANP.

Neste documento são apresentados os resultados relativos ao item 2.1.1.

3 DEFINIÇÕES LEGAIS DE CAPACIDADE.

A caracterização dos conceitos de capacidade de gasodutos deverá ser formulada de modo a atender às determinações do Decreto nº. 7382 de 02/12/2010, que regulamenta a Lei 11909/09 (Lei do Gás), estabelecendo os princípios para o seu cálculo.

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-002**REV. **C**

PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS

FOLHA 5 de 38

TÍTULO: Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultados Parciais

-

-

Na Lei do Gás e na sua regulamentação são estabelecidas as definições de:

- Capacidade Contratada de Transporte: volume diário de gás natural que o transportador é obrigado a movimentar para o carregador, nos termos do respectivo contrato de transporte;
- Capacidade de Transporte: volume máximo diário de gás natural que o transportador pode movimentar em um determinado gasoduto de transporte;
- Capacidade Disponível: parcela da capacidade de movimentação do gasoduto de transporte que não tenha sido objeto de contratação sob a modalidade firme;
- Capacidade Ociosa: parcela da capacidade de movimentação do gasoduto de transporte contratada que, temporariamente, não esteja sendo utilizada;

Além disso, devem ser consideradas outras definições vigentes, como as estabelecidas por meio da Resolução ANP nº 27/2005: destacadas abaixo:

- Capacidade Contratada de Entrega: capacidade diária de retirada de gás natural em determinado Ponto de Entrega a qual o Transportador se obriga a disponibilizar para o Carregador, conforme o respectivo contrato de transporte;
- Capacidade Não Utilizada de Transporte: diferença entre a Capacidade Máxima de Transporte e o volume diário de gás natural programado para o Serviço de Transporte Firme;
- Capacidade Ociosa de Transporte: diferença entre a soma das Capacidades Contratadas de Transporte para Serviço de Transporte Firme e o volume diário de gás natural programado para o Serviço de Transporte Firme.

4 EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL

A revisão bibliográfica da experiência internacional pretende apresentar como os conceitos de capacidade e suas aplicações são trabalhados por diversos autores e países e como esses conceitos podem ser estendidos para auxiliar o entendimento do problema brasileiro.

Inicialmente deve-se observar que o assunto pode ser separado em três pontos:

- a) Definição dos conceitos de capacidade;
- b) Procedimento para aplicação dos conceitos para gasodutos reais;
- c) Premissas e hipóteses para o desenvolvimento das ferramentas de cálculo.

Os itens *a* e *b* serão divididos por país. Já o item *c* será apresentado de forma conjunta, inclusive com a situação nacional.



4.1 União Européia

4.1.1 Definição dos Conceitos de Capacidade

Do ponto de vista dos transportadores, seu principal objetivo é transportar gás natural das fontes geradoras para os consumidores de uma forma segura, confiável e eficiente.

Do ponto de vista do agente regulador, seu principal objetivo é manter a operação da infraestrutura de transporte de gás natural num ambiente capaz de produzir os mesmos resultados que seriam atingidos em um ambiente de efetiva concorrência, se esta fosse possível (Ref. 8.10), sujeito ao arcabouço legal e adequado às políticas econômicas nacionais.

Os dois objetivos, para serem alcançados, necessitam de conceitos e procedimentos claros e bem estabelecidos para que o diálogo entre as partes tenha uma base sólida e comum. Nesse ponto, um dos principais conceitos está relacionado à quantidade de gás que pode ser transportada e oferecida aos consumidores. De maneira geral, esse conceito é chamado de capacidade.

O GTE Capacity and Congestion Report de 20 de junho de 2001 (Ref. 8.7) deixa claro que:

“There is no uniform definition of capacity which could unilaterally be applied. The evaluation what capacity actually means can generally only be made on a case by case basis”

Isso é explicado pelo fato de que, se por um lado capacidade (e deve-se reparar que o Report não especifica qual) pode ser definida de uma forma genérica (como a Lei do Gás estabelece) baseada em características físicas e técnicas do gasoduto, por outro lado, a capacidade de um gasoduto ou de uma malha específica depende de uma série de parâmetros. Assim, enquanto a capacidade de um gasoduto simples, ponto a ponto, em regime permanente, pode ser objetivamente determinada, esse cálculo pode se tornar muito mais complexo dependendo da configuração do gasoduto estudado, por necessitar de uma série de hipóteses e considerações.

Em malhas com um grande número de gasodutos e interconexões, além de diversos pontos de entrega e recebimento, a capacidade não é só uma questão da máxima vazão que é possível ocorrer devido a um diferencial de pressão entre dois extremos do duto, mas também uma função das condições operacionais e contratuais dos diversos pontos de recebimento e entrega da malha. Normalmente para lidar com o grande número de variáveis e equações deve-se procurar segmentar a malha, através de uma abordagem de restrições operacionais ou por simplificação do modelo físico (Ref. 8.13)

Antes de entrar num detalhamento dos diversos tipos de capacidade, deve-se observar que essas capacidades podem ser contextualizadas num trecho de gasoduto (modelo nocional) ou num ponto de recebimento ou entrega de gás (modelo recebimento/entrega).

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-002**REV. **C****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 7 de 38**TÍTULO:** Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultados Parciais

-

-

- a) A aplicação dos modelos nocionais nos mercados internacionais tem maior utilização quando se analisa a malha nacional como um todo, na qual existe transmissão de gás para dentro do país, e trânsito de gás através da malha. A capacidade assim calculada é obtida através de simulações computacionais complexas com uma série de hipóteses como a disponibilidade de gás em determinados pontos de recebimento, vazões de entregas e de trânsito através do sistema. A capacidade é colocada como a existente entre um ponto de recebimento e um ponto de entrega.
- b) Nos modelos de capacidade de pontos de recebimento/entrega (basicamente Reino Unido e Itália), essas são baseadas em pontos específicos de recebimento e retirada. O operador deve fazer seus cálculos baseados em valores máximos e mínimos de recebimento e os valores de entrega baseados nos perfis de consumo. A oferta de capacidade disponível pode ser feita em base anual, sazonal, mensal ou diária. O operador da rede deve se encarregar de controlar os desbalanceamentos caso ocorram desvios entre os valores ofertados e contratados.

Além dessas duas possíveis abordagens para o cálculo de capacidade, a União Européia define alguns conceitos de capacidade (Ref. 8.19):

- a) *Capacity*: significa a vazão máxima, expressa em unidade de volume ou de energia por unidade de tempo, a que o usuário da rede tem direito, de acordo com o as disposições do contrato de transporte.
- b) *Unused capacity*: significa a capacidade firme adquirida por um usuário da rede num contrato de transporte, mas não nomeada para utilização dentro do prazo definido no contrato.
- c) *Firm capacity*: significa a capacidade de transporte de gás contratualmente garantida como não interruptível pelo operador da rede de transporte.
- d) *Technical capacity*: significa a capacidade firme máxima que o operador da rede pode oferecer aos usuários da rede, tendo em conta a integridade da rede e os requisitos operacionais da rede de transporte.
- e) *Contracted capacity*: significa a capacidade que o operador da rede de transporte atribuiu a um usuário da rede mediante um contrato de transporte.
- f) *Available capacity*: significa a parte da capacidade técnica (*technical capacity*) que não é atribuída e que ainda se encontra disponível para a rede num determinado momento.

Por essas definições pode-se estabelecer a seguinte correlação com as definições existentes na Lei do Gás nacional:

<i>Technical capacity</i>	Capacidade de transporte
<i>Available capacity</i>	Capacidade disponível

*Contracted capacity*

Capacidade contratada de transporte (de todos os usuários)

Unusued capacity

Capacidade ociosa

Nessa comparação deve-se chamar a atenção para o fato da legislação nacional definir os diversos conceitos de capacidade para “gasoduto de transporte”, enquanto que as definições europeias se aplicam a um sistema de transporte de gás.

4.1.2 Procedimento para aplicação dos conceitos para gasodutos reais

Apesar da importância da aplicação dos diversos conceitos de capacidade a sistemas reais, os regulamentos, as instruções normativas e os trabalhos acadêmicos existentes são poucos e quando presentes, geralmente trazem aplicações para dutos simples.

Especificamente no que diz respeito a capacidade em pontos de interconexões (através de fronteiras), o *GTE Report* (Ref. 8.8) propõe uma metodologia para calcular capacidade disponível (*available capacity*). Esse relatório deixa claro que a capacidade disponível depende do cálculo da capacidade técnica (*technical capacity*), que por sua vez é função das características técnicas do sistema e das hipóteses utilizadas para a confecção dos cenários nos pontos de recebimento e entrega. Apesar de alguns exemplos serem apresentados, todos são estabelecidos em configurações de gasodutos simples, deixando dúvidas de como estender esses conceitos para configurações mais complexas. A seguir serão apresentados procedimentos para calcular capacidade em dois países da União Européia: Hungria e Reino Unido.

Na Hungria, de forma a atender a regulamentação europeia (Ref.8.19) o operador *National Mineral Oil and Natural Gas Transportation Company* publica no seu site uma metodologia para o cálculo de capacidade nominada (*allocated capacity*) e disponível (*available capacity*) (Ref.8.15) nos pontos de entrada e saída da rede de transmissão de gás natural. Dessa forma, verifica-se que essa metodologia está diretamente ligada ao tipo de serviço prestado e a pontos específicos, e não a um gasoduto ou trecho de gasoduto. O interesse maior é garantir a operacionalidade da malha húngara nos pontos de conexão com a rede internacional.

A metodologia apresentada para o cálculo de capacidade nominada deve considerar os valores de capacidade alocados pelos usuários nos pontos de entrada e saída do sistema, obedecendo aos contratos existentes. Devem ser consideradas as capacidades firmes e interruptíveis.

Na metodologia para a determinação da capacidade disponível, devem ser consideradas as máximas vazões e pressões dos sistemas ligados a malha (unidades produtoras, terminais de importação, armazenamento, etc). A determinação da máxima vazão nos pontos de entrada e

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-002**REV. **C****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 9 de 38**TÍTULO:** Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultados Parciais

-

-

saída da rede deve ser calculada por modelos termohidráulicos. O cálculo da capacidade disponível firme num ponto de entrada é obtido da seguinte forma:

Capacidade disponível firme = (máxima capacidade de um ponto de entrada)-(soma de todas as capacidades firmes alocadas para o ponto). Entretanto, a possibilidade de explorar essa capacidade disponível teórica depende das características hidráulicas do sistema de transporte, isso é, dependem da origem, do destino e das condições de contorno da rede de transmissão. Esse conceito é o mesmo definido na Lei do Gás brasileira, como Capacidade Disponível, porém aplicada a um ponto de entrega, e não ao gasoduto como um todo.

Por outro lado, a capacidade disponível interruptível deve considerar a máxima vazão e pressão dos pontos de entrada e a capacidade firme alocada pelos usuários. A capacidade interruptível deve ser calculada para os pontos nos quais a capacidade disponível já esteja completamente alocada (encontrando paralelo com a capacidade ociosa da legislação brasileira). O valor final é obtido por:

Capacidade disponível interruptível = (máxima capacidade de um ponto de entrada)-(soma de todas as capacidades interruptíveis alocadas para o ponto). Entretanto, a possibilidade de explorar essa capacidade disponível teórica depende das características hidráulicas do sistema de transporte, isso é, dependem da origem, do destino e das condições de contorno da rede de transmissão.

No Reino Unido, a Autoridade Reguladora estabelece obrigações para o operador da malha de gás de forma a ofertar capacidades nos pontos de entrada e saída da malha. A Ref. 8.14 é um documento produzido pelo transportador (*National Grid Gas*) de forma a apresentar os procedimentos para o cálculo de capacidade nos pontos notáveis da rede.

Em relação a um ponto de entrada, a metodologia considera esse ponto de forma isolada. De forma a determinar a máxima capacidade, a vazão de gás entrando nesse ponto é elevada acima do cenário de fornecimento previsto até que algum parâmetro limitante da rede seja atingido, indicando o limite máximo da capacidade (*capability*). Para manter a rede balanceada, a vazão de outros pontos de fornecimento ao longo da rede é reduzida. A seleção desses pontos é feita baseada na observação da menor interação desses pontos com o original. A diferença entre a capacidade máxima (*capability*) e as condições de base originais são designadas como incremento livre (*free increment*), isso é a capacidade adicional que poderia ser liberada em cada ponto de entrada, considerado de forma isolada, acima do caso base. Deve-se observar que é impossível acomodar todos os incrementos em todos os pontos de entrada de forma simultânea.

A capacidade nos pontos de saída do sistema de transporte é determinada utilizando uma metodologia chamada de Máxima Capacidade Prática Física (*“Practical Maximum Physical*



Capacity”). Esse procedimento leva em conta a interação existente entre os diversos pontos da malha. Assim tem-se:

- O ponto de partida é a obtenção de um regime permanente baseado na oferta e demanda provável;
- O transportador deve ser capaz de atender simultaneamente as demandas de cada retirada sem a necessidade de investimentos para ampliação nos pontos de entrega;
- A demanda de um ponto de entrega deve ser elevada para determinar a máxima capacidade no ponto de entrega, elevando-se as ofertas nos pontos de recebimento baseado em hipóteses do provável perfil de fornecimento;
- A simulação continua até que a vazão de entrega só é possível com investimentos extras na rede;
- Esse procedimento identifica a capacidade máxima do ponto de entrega (saída da rede) que foi utilizado e, conseqüentemente, a capacidade técnica do ponto.

4.2 Bélgica

4.2.1 Definição dos Conceitos de Capacidade

Na Bélgica, o órgão regulador “Commission de Régulation de l'Électricité et du Gaz (CREG)” é responsável pela manutenção da transparência e da concorrência no mercado de gás. O órgão determina as metodologias de cálculo das tarifas do sistema de transmissão de gás natural, armazenamento e de operação dos terminais de GNL. Além disso, a legislação belga, seguindo as diretivas de regulação da União Europeia (Ref. 8.19) estabeleceu a separação entre os operadores do sistema, dos fornecedores de gás (carregadores) e produtores. Nesse contexto, foi criada a operadora Fluxys Belgium. Essa operadora trabalha num modelo de serviço de entrada/saída. Por esse modelo o gás natural é recebido e entregue na malha nos pontos de interconexão, e pode deixar a malha em outro ponto ou ser consumido pelo cliente doméstico final. Para garantir a operação eficiente e confiável do sistema de transmissão, a quantidade total de gás natural entrando na rede deve ser igual à quantidade de gás saindo da malha, numa base diária. Esse balanço é monitorado e atualizado numa base horária pelas solicitações do mercado.

Pinon and Cuijplers (Ref. 8.9) da CREG apresentam uma metodologia para o cálculo de capacidade de forma a atender melhor as necessidades dos usuários e elevar a eficiência da malha. Inicialmente são apresentados os conceitos de capacidade útil (*useful capacity*) que é igual a capacidade teórica total (*total theoretical capacity* ou *technical capacity*) menos a capacidade reservada pelo transportador para atender a integridade do sistema e os requerimentos operacionais. Gráficamente esses conceitos estão apresentados na Figura 1



pelas duas linhas superiores. Deve-se observar que o autor estabelece esses conceitos para um ponto de recebimento e não para o gasoduto como um todo.

Por essa figura pode-se traçar uma paralelo com as definições de capacidade previstas na Lei do Gás:

- *Booked firm capacity* Capacidade contratada na modalidade firme
- *Nominated capacity* Parcela da capacidade contratada nominada pelo carregador para o dia
- *Available firm capacity* Capacidade disponível
- *Operationally available capacity* Capacidade não utilizada de transporte

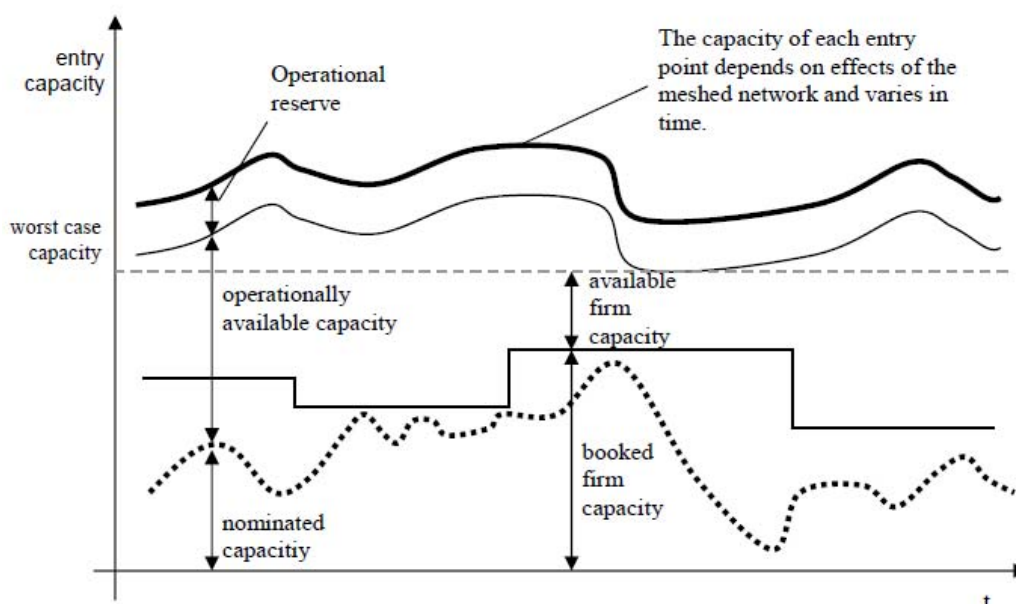


Figura 1: Representação de conceitos de capacidade segundo a Referência 8.9

A variação da capacidade técnica é devida a efeitos operacionais da malha e a capacidade útil acompanha essa variação por apresentar uma diferença constante em relação a capacidade técnica. A capacidade contratada firme varia em degraus porque diferentes carregadores podem contratar diferentes quantidades ao longo do tempo. No mercado Belga, os carregadores devem nominar a capacidade contratada numa base diária e essa pode variar fortemente em função do perfil de consumo diário, semanal ou sazonal. Já a capacidade ociosa deve ser ofertada ao mercado para o dia imediatamente a frente e numa base de serviço não firme.

Como resultado, a capacidade disponível depende de parâmetros “estáticos” (estrutura física da rede) e de parâmetros “dinâmicos” (o modo com o a rede é operada e utilizada pelos carregadores), além de restrições operacionais estabelecidas pelos diversos atores (por



exemplo, pressões mínimas contratuais). Logo, a capacidade disponível, principal parâmetro para acesso de terceiros a malha não é um número absoluto, pois depende de como os cenários operacional e contratual são modelados.

4.2.2 Procedimento para aplicação dos conceitos para gasodutos reais

O esquema apresentado na Figura 2 apresenta o fluxograma para o cálculo da “*available capacity*”, que representa a diferença entre a capacidade técnica e a nominação dos carregadores (similar ao conceito de Capacidade Não Utilizada de Transporte da Resolução ANP nº. 027/2005). Na Figura 1 esta capacidade é representada pela “*operationally available capacity*”, que considera a capacidade técnica útil na sua determinação.

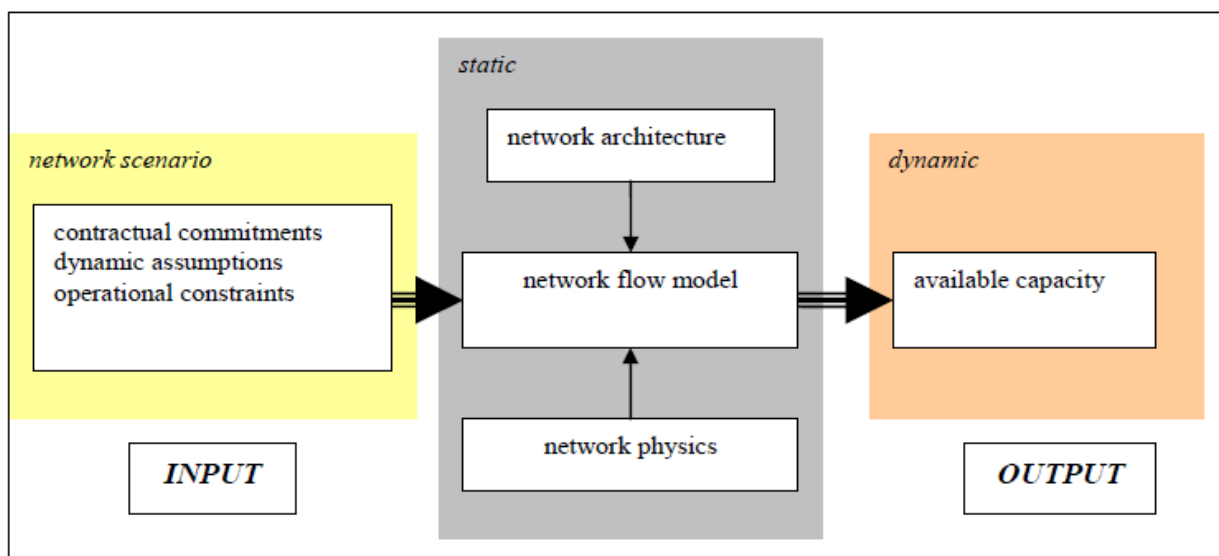


Figura 2: Representação esquemática do processo de cálculo de capacidade segundo a Ref. 8.9

Apesar da modelagem dos parâmetros estáticos poder levantar alguns questionamentos, a modelagem dos parâmetros dinâmicos é de longe o principal fator de dúvida e de influência no resultado. O primeiro passo para caracterização desse cenário é identificar os compromissos contratuais, isto é, as capacidades contratadas e as especificações de pressão mínima contratuais. O passo seguinte é tentar definir o pior cenário no qual é avaliada a capacidade técnica (por exemplo, configuração operacional da malha, disposição dos valores contratados pelos diversos pontos de retirada, etc) e posteriormente uma reserva estratégica operacional. Deve-se observar que eventos de “força maior” não devem ser considerados nesses cenários.



4.3 Portugal

4.3.1 Definição dos Conceitos de Capacidade

Em Portugal, a Entidade Reguladora de Serviços Energéticos apresentou em 2008 um documento que estabelece uma metodologia para o cálculo de capacidade (Ref. 8.5). Inicialmente são estabelecidos os seguintes conceitos de capacidade:

- a) Capacidade Técnica Máxima.
- b) Capacidade Máxima Efetiva Considerando as Restrições Técnicas.
- c) Capacidade Disponível para Fins Comerciais.

Segundo esse documento (Ref. 8.5), a capacidade Técnica Máxima é determinada da seguinte forma para os diferentes pontos relevantes da Rede Nacional de Transporte de Gás Natural (RNTGN):

a) *Pontos de entrada na RNTGN* – A menor das capacidades entre a capacidade nominal das infraestruturas a montante destes pontos, que determinam a capacidade máxima de entrega de gás natural nestes pontos, e a capacidade das estações de medição localizadas nos mesmos. A capacidade técnica máxima no ponto de entrada de interligação será disponibilizada pelo operador da rede interligada. No ponto de ligação ao terminal de GNL será disponibilizada pelo operador desta infraestrutura.

b) *Ponto de ligação ao armazenamento subterrâneo* – As capacidades no ponto de ligação entre a RNTGN e o armazenamento subterrâneo de gás natural devem distinguir dois processos. O processo de entrega de gás natural a partir da RNTGN para injeção nas cavernas e o processo de recepção de gás natural na RNTGN extraído das cavernas. Para a saída de gás natural da RNTGN para o armazenamento subterrâneo considera-se a menor das capacidades entre a capacidade nominal das infraestruturas de injeção do armazenamento e a capacidade da estação de medição localizada nesse ponto. Para a entrada de gás natural na RNTGN a partir do armazenamento subterrâneo considera-se a menor das capacidades entre a capacidade nominal das infraestruturas de extração do armazenamento e a capacidade da estação de medição localizada nesse ponto.

c) *Restantes pontos de ligação* – A capacidade nominal das estações localizadas em cada um desses pontos.

As capacidades máximas efetivas considerando as restrições técnicas dos pontos relevantes da Rede Pública de Gás Natural (RPGN) serão as resultantes das respectivas capacidades técnicas máximas, tendo em conta as restrições técnicas existentes durante o período a que se refere a determinação da capacidade. Consideram-se restrições técnicas as resultantes da:

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-002**REV. **C****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 14 de 38**TÍTULO:** Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultados Parciais-
-

1. Indisponibilidade das infraestruturas da Rede Nacional de Transporte, Infraestruturas de Armazenamento e Terminais de GNL (RNTIAT) previstas no plano anual de manutenção.
2. Indisponibilidade pontual e não prevista nas infraestruturas da RNTIAT.
3. Necessidade de garantir a interoperabilidade entre a RNTGN e as infraestruturas interligadas.
4. Necessidade de garantir o cumprimento de pressões mínimas de entrega.

Nos casos dos pontos de entrada na RNTGN e do ponto de saída de interligação, as respectivas capacidades máximas efetivas considerando as restrições técnicas deverão ser previamente validadas através de processos de simulação.

Ainda segundo a Ref. 8.5, as capacidades disponíveis para fins comerciais dos pontos relevantes da RPGN, serão as resultantes das respectivas capacidades máximas efetivas considerando as restrições técnicas, determinadas no ponto anterior, menos as quantidades necessárias para garantir:

1. A operação das infraestruturas da RNTIAT com segurança e fiabilidade.
2. A absorção do perfil intra-diário de consumos na RNTGN.
3. A utilização eficaz das reservas operacionais, constituídas pelos agentes de mercado nas infraestruturas da RNTIAT, por parte do operador da RNTGN.

Nos casos dos pontos de entrada na RNTGN e do ponto de saída de interligação, as respectivas capacidades disponíveis para fins comerciais deverão ser previamente validadas através de processos de simulação.

No caso do ponto de ligação ao armazenamento subterrâneo, a capacidade disponível para fins comerciais será igual à capacidade máxima efetiva considerando as restrições técnicas, quer para o modo de injeção quer para o modo de extração, em função das existências previstas na infraestrutura do armazenamento subterrâneo.

Nos casos dos restantes pontos de ligação, as respectivas capacidades disponíveis para fins comerciais serão iguais às correspondentes capacidades máximas efetivas.

4.3.2 Procedimento para aplicação dos conceitos para gasodutos reais

A Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos de Portugal (Ref. 8.5) apresenta alguns conceitos a serem utilizados na montagem dos cenários para o cálculo das diversas capacidades. Em relação à determinação da capacidade máxima efetiva considerando as restrições técnicas para os pontos de entrada e saída da RNTGN, deverão ser consideradas as seguintes situações:

- a) Pontos de entrada na RNTGN – A maior capacidade que a RNTGN poderá transportar em cada um dos pontos de entrada (interligação e terminal de GNL), obtida por simulação e desde que não ultrapasse a capacidade técnica máxima, considerando:

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-002**REV. **C****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 15 de 38**TÍTULO:** Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultados Parciais

- As atuais infraestruturas da RNTIAT.
 - A capacidade máxima efetiva considerando as restrições técnicas, dos pontos de saída da RNTGN.
 - O cenário de consumos nos pontos de saída na RNTGN que maximize a capacidade determinada para os pontos de entrada.
- b) Ponto de interligação de saída – A maior capacidade que a RNTGN poderá transportar nesta interligação, obtida por simulação e desde que não ultrapasse a capacidade técnica, considerando:
- As atuais infraestruturas da RNTIAT.
 - A capacidade máxima efetiva considerando as restrições técnicas dos pontos de saída da RNTGN.
 - O cenário de consumos nos pontos de saída da RNTGN que maximize a capacidade determinada para esta interligação, garantindo a interoperabilidade com a rede interligada.

Com base nos requisitos necessários ao funcionamento da RNTGN, o operador desta infraestrutura procederá à simulação das novas condições de operação da rede, determinando a capacidade disponível para fins comerciais nos seguintes pontos relevantes, tomando como base:

- a) Pontos de entrada na RNTGN – A maior capacidade que a RNTGN poderá transportar em cada um dos pontos de entrada (Interligação e terminal de GNL), obtida por simulação e desde que não ultrapasse a capacidade máxima efetiva considerando as restrições técnicas, considerando:
- As atuais infraestruturas da RNTIAT.
 - A capacidade máxima efetiva considerando as restrições técnicas dos pontos de saída da RNTGN.
 - O cenário de maiores consumos nos pontos de saída na RNTGN previsto para cada período temporal em estudo.
 - O cenário de maiores consumos possíveis nos pontos de saída do mercado eletroprodutor.
 - A capacidade máxima efetiva considerando as restrições técnicas no ponto de ligação ao armazenamento subterrâneo no modo de injeção.
 - A capacidade na interligação da rede que maximize a capacidade nos pontos de entrada, garantindo a interoperabilidade com a rede interligada.

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-002**REV. **C****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 16 de 38**TÍTULO:** Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultados Parciais-
-

b) Ponto de interligação de saída de interligação – A capacidade que a RNTGN poderá transportar nesta interligação, obtida por simulação e desde que não ultrapasse a capacidade máxima efetiva considerando as restrições técnicas, considerando:

- As atuais infraestruturas da RNTIAT.
- A capacidade máxima efetiva considerando as restrições técnicas dos pontos de saída da RNTGN.
- O cenário de maiores consumos nos pontos de saída na RNTGN previsto para cada período temporal em estudo.
- O cenário de maiores consumos possíveis nos pontos de saída do mercado electroprodutor.
- A capacidade máxima efetiva considerando as restrições técnicas no conjunto dos dois pontos de entrada, na interligação e no terminal de GNL, garantindo a interoperabilidade, respectivamente, com a rede e a infraestrutura interligada.

4.4 Espanha

4.4.1 Definição dos Conceitos de Capacidade

Na Espanha (Ref. 8.2) as normas de gestão do sistema de gás natural estabelecem diversas definições de capacidade:

- a) Capacidade nominal (*Capacidad nominal*): É a capacidade máxima autorizada pelo órgão competente na autorização administrativa correspondente a instalação e que seja tecnicamente possível conforme o projeto da mesma sem considerar os equipamentos de emergência e reservas e sem considerar as possíveis margens operacionais e restrições devido as características das instalações a que o sistema esteja conectado;
- b) Capacidade máxima de uma instalação (*Capacidad máxima de una instalación*): é a capacidade que, respeitando todos os parâmetros de segurança e confiabilidade da própria instalação, pode ser obtida utilizando todos os equipamentos da mesma, inclusive os reservas, e sem considerar as possíveis margens operacionais e restrições devido as características das instalações a que o sistema esteja conectado;
- c) Capacidade útil de uma instalação (*Capacidad útil de una instalación*): É a capacidade máxima da instalação menos a capacidade mínima, caso exista. Caso não exista, a capacidade útil coincide com a máxima.
- d) Capacidade contratada (*Capacidad contratada*): É a parte correspondente da capacidade útil que está contratada pelos usuários do sistema.
- e) Capacidade disponível (*Capacidad disponible*): É a diferença entre a capacidade útil e a capacidade contratada.



Observa-se que os conceitos de *Capacidad nominal, disponible e contratada* encontram um paralelo com as definições da Lei do Gás. Porém, o conceito de capacidade ociosa não é contemplado. Esquematicamente, esses conceitos estão apresentados na Figura 3.

Capacidad máxima o punta.	Capacidad de los equipos de reserva.		
	Capacidad nominal.	Capacidad útil, operativa o técnica.	Capacidad disponible.
		Capacidad contratada.	
		Capacidad mínima de operación.	

Figura 3: Representação de conceitos de capacidade segundo a Referência 8.2

4.4.2 Procedimento para aplicação dos conceitos para gasodutos reais

A Ref. 8.12 estabelece que o cálculo da capacidade de um sistema de transporte é realizado pela combinação das capacidades dos elementos que o constitui, pela máxima produção de plantas de regaseificação, pelas máximas vazões que podem ser realizadas nos gasodutos e estações de compressão, pelas máximas injeções provenientes dos armazenamentos subterrâneos e pela máxima vazão das estações de regulação e medida. Assim, verifica-se uma primeira diferença entre o procedimento espanhol e o brasileiro. Nesse último, os limites operacionais das unidades de regaseificação e de produção de gás natural (e armazenamentos, se houvesse) não são restritivos do sistema de transporte visto que essas instalações são dos carregadores. Logo não fazem parte do sistema de transporte. Apesar disso, o procedimento descrito na Ref. 8.12, por ser um dos pouco disponíveis com certo grau de detalhes, pode ser de utilidade para o presente estudo.

Inicialmente é descrito o procedimento para o cálculo da capacidade de um gasoduto simples, cujo resultado será a vazão produzida pela máxima diferença de pressão entre um ponto de recebimento e um de entrega. Essa definição clássica não trás nova luz sobre o problema. Porém, a referência também apresenta uma metodologia para o cálculo de capacidade de um sistema de transporte.

Inicialmente, em relação ao cálculo da capacidade dos pontos de entrega, deve-se identificar as vazões dos principais pontos de recebimento e entrega do sistema. Depois, devem ser estabelecidos, ainda, três cenários:

- Ponta
- Inverno
- Verão

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-002**REV. **C**

PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS

FOLHA 18 de 38

TÍTULO: Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultados Parciais

-

-

Para cada um desses cenários, deve-se separar os três segmentos de consumidores: geração elétrica, industrial e doméstico, considerando as seguintes características:

- Geração elétrica: 100% do consumo
- Industrial: em função dos dados de consumo horários deverá ser calculado um consumo médio
- Doméstico: variação do consumo em função da estação do ano (inverno ou verão) e dos padrões característicos desses consumidores

Em relação aos pontos de recebimento (entradas no sistema) as máximas pressões e vazões das unidades de regaseificação, dos operadores internacionais a montante e dos equipamentos do sistema devem ser utilizadas. Na referência também são estabelecidas as condições para os armazenamentos subterrâneos.

Uma vez que os cenários foram definidos, se calculará a capacidade máxima levando o sistema a sua saturação, isso é, as vazões internas do sistema serão elevadas até que alguma restrição da rede seja atingida.

A partir desses cenários base, deve-se calcular a capacidade, de forma incremental, em função dos novos cenários que sejam solicitados a cada momento.

Finalmente, para determinar a viabilidade de uma nova conexão (recebimento ou entrega) será necessário analisar o comportamento da rede em função desse novo ponto de conexão, única forma de garantir adequadamente o atendimento aos antigos e ao novo cliente.

Observando o procedimento, novamente percebe-se que não fica claro como se deve levar o sistema “a saturação”, uma vez que o padrão de elevação das vazões interferirá no resultado final.

4.5 Índia

4.5.1 Definição dos Conceitos de Capacidade

No mercado Indiano, verifica-se uma preocupação da legislação em estabelecer conceitos de capacidade semelhantes aos existentes no Brasil. O *Petroleum & Natural Gas Regulatory Board*, emitiu uma notificação (Ref. 8.18) visando, principalmente, prover acesso à capacidade disponível em bases não discriminatórias e a determinação de tarifas de transporte. Essa notificação, não só estabelece as definições como define a influência de alguns parâmetros e o procedimento para o cálculo das capacidades. No seu item de definições são apresentados os seguintes conceitos:

- a) *capacity for the pipeline system*: significa a máxima quantidade de gás que pode ser injetada num sistema ou retirado dele em pontos específicos, em regime permanente;



- b) *declared capacity of pipeline*: significa o volume de gás natural que um gasoduto é capaz de transportar por dia em regime permanente. Essa capacidade deve ter sido determinada com base em equações e programas selecionados e aprovados;
- c) *section capacity*: significa a capacidade de uma seção particular do gasoduto que contém um ponto de recebimento ou um ponto de entrega ou ambos. Em outras palavras, a capacidade de uma seção é a máxima vazão que pode ser obtida numa seção sem perturbar as condições de outros carregadores em outros pontos de recebimento ou entrega;

Apesar dessas definições, em item referente a metodologia de cálculo de capacidade, a notificação apresenta uma capacidade numa junção (*capacity at a juncture*), uma capacidade do gasoduto (*pipeline capacity*), e uma capacidade do trecho analisado (*capacity wise section*), termos que não obedecem necessariamente as definições anteriores.

4.5.2 Procedimento para aplicação dos conceitos para gasodutos reais

O órgão regulador indiano também apresenta uma metodologia para o cálculo das capacidades definidas (Ref.8.18). O seguinte procedimento passo a passo é definido:

- a) Todo o gasoduto deve ser configurado no programa de simulação selecionado. Deve ser obtida a situação em regime permanente baseado nas condições contratuais (vazão, pressão e temperatura) nos pontos de recebimento e entrega.
- b) Nos pontos iniciais e intermediários na direção do escoamento, deve-se ajustar a pressão correspondendo a pressão máxima de operação admissível (PMOA) ou a máxima pressão disponível nas estações de compressão e deve ser calculada a máxima pressão nos pontos de entrega com a vazão contratual.
- c) Depois disso, assumindo que o ponto de entrada não tem limite de vazão, deve-se rodar o programa (“...the selected software will be run till any customer...”) até que um consumidor conectado a rede atinja o limite de pressão (mínima) no respectivo ponto de entrega ou até que a vazão máxima seja atingida no ponto de recebimento ou que a potência máxima de uma estação de compressão seja alcançada ou a velocidade do gás alcance um valor limite num trecho do duto. A capacidade nessa junção será a máxima capacidade possível do gasoduto.

O documento continua o procedimento para uma situação com múltiplos pontos de recebimento e depois para uma seção do gasoduto. Porém, para continuar com essas etapas deve-se fazer alguns comentários sobre o passo c. Observa-se que o objetivo desse passo é aumentar a vazão de todo o sistema até um valor máximo. Isso só é alcançado elevando os valores de vazão dos pontos de entrega. Porém não é informado de que maneira essas vazões devem ser elevadas nos pontos de entrega e sabe-se que esse padrão influi no resultado final.



Por exemplo, essa elevação poderia ser feita baseada em projeções de demanda ou prioridades contratuais ou outro cenário identificado pelo transportador.

Além disso, é colocado inicialmente que o ponto de recebimento não deve ter limite de vazão (“... assuming gas at the entry point (single source of gas) is unlimited...”), mas observa-se que a capacidade máxima pode ser definida quando a vazão atinge um limite nesse ponto (“...or maximum flow capacity is reached at entry or...”). Uma outra observação relativa ao item *b* é que o procedimento indica que deve ser ajustada a vazão contratual nos pontos de entrega e calcular a máxima pressão nesses pontos, quando o interessante seria obter as mínimas pressões, que normalmente são os limitantes contratuais.

Tendo em vista a dificuldade de entender o procedimento não foi possível seguir as etapas posteriores.

4.6 Argentina

4.6.1 Definição dos Conceitos de Capacidade

Na América Latina, profissionais da área de gás na Argentina apresentaram artigos técnicos visando apresentar definições e metodologia para o cálculo de capacidade. Alvarez et al (Ref. 8.16) postulam que a capacidade de projeto de um gasoduto é baseada em hipóteses feitas antes da construção e que a “capacidade real” representa o desempenho do duto obtido após sua partida e operação comercial. Essa referência acrescenta que qualquer definição de capacidade é uma fotografia, uma visão de uma situação operacional em regime permanente. Quando se informa que um gasoduto possui uma capacidade de $4,0 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$, está implícito que “.. em algum momento da operação do gasoduto...sob certas circunstâncias assumidas...em algum ponto do duto..”. Mesmo assim, os autores apresentam uma definição para Capacidade de Transmissão Nominal:

“(...) the total gas quantity capable to be injected in a gas pipeline system, expressed in Mcf/d (Mm^3/d), to give a firm transmission service to a group of client in agree with the assumptions described in the Nominal Transmission Capacity Technical Report.”

Assim, percebe-se que essa capacidade está diretamente ligada aos contratos de serviço firme que podem ser ofertados, os quais devem estabelecer as condições para esses serviços, como vazões e pressões limites. Esta definição se aproxima da definição de Capacidade Máxima de Transporte da Resolução ANP nº 027/2005: “(...) máximo volume diário de gás natural que o Transportador pode movimentar em sua Instalação de Transporte, considerando as pressões dos Pontos de Recepção e Entrega, dentro das faixas de variação estabelecidas em contrato”. Além disso, os autores apontam que esse número só tem valor se for



RELATÓRIO

Nº **RL-ANP-FPL-002**

REV. C

PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS

FOLHA 21 de 38

TÍTULO: Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultados Parciais

-

-

acompanhado de um relatório que apresente toda a metodologia e hipóteses utilizadas para esse cálculo.

Em relação a possibilidade de atendimento a novas demandas (com ou sem a criação de novos pontos de recebimento e entregas) novo cálculo deve ser realizado para se verificar se existe possibilidade técnica de atendimento, sem comprometer a situação contratual anterior. A diferença entre a nova situação e a anterior é chamada de *spare capacity* (que poderia ser traduzido livremente por capacidade excedente ou reserva). De fato, a situação final com as novas demandas (se possível de atender) representam uma Capacidade de Transporte Nominal nessa nova situação. O estudo apresenta uma metodologia para seu cálculo, através de simulação termohidráulica em regime permanente.

4.6.2 Procedimento para aplicação dos conceitos para gasodutos reais

O modelo argentino proposto na Ref. 8.16 define uma capacidade nominal de transmissão. Porém, o exemplo apresentado no artigo estabelece um procedimento para avaliar se existe capacidade disponível, a partir de uma provocação de terceiros. Inicialmente, calcula-se um regime permanente baseado nas demandas existentes dos pontos de entrega e nas máximas pressões nos pontos de recebimento. Em seguida postula-se um novo perfil de demanda, baseado nas demandas dos pontos de entrega originais, acrescidos das novas demandas (inclusive para eventuais novos pontos de entrega demandados). Caso seja possível o atendimento à essa nova situação, essa capacidade “extra” pode ser ofertada ao mercado. Esse resultado só é validado através de simulações termohidráulicas, onde todo o procedimento deve ser apresentado e passível de reprodução por terceiros. No caso específico do estudo, as demandas dos pontos de entrega possuem uma forte variação diária e o estudo verifica se a capacidade extra levantada é atendida em regime transiente.

4.7 Noruega

4.7.1 Definição dos Conceitos de Capacidade

Em relação ao mercado da Noruega, Langelandsvik et al. (Ref. 8.11) apresentam um trabalho desenvolvido pela operadora Gassco AS visando reduzir a incerteza no cálculo de capacidade de forma a atender as capacidades reservadas pelos usuários. Porém, os autores ressaltam que a maioria dos dutos operados pela transportadora são do tipo “*single leg*”, isto é, o gasoduto possui um ponto de recebimento e um ponto de entrega, o que facilita a aplicação dos conceitos. Nesse trabalho são apresentados diversos conceitos de capacidade utilizados pela operadora:



- a) *Hydraulic capacity*: é a máxima vazão obtida utilizando a máxima pressão no recebimento e a mínima pressão na entrega;
- b) *Available Technical Capacity*: leva em conta limitações nas condições de contorno do sistema, por exemplo, limitações na pressão de recebimento devido a dependências com outros gasodutos. Um fator de utilização de combustível também é deduzido para considerar erros de medição e do gás consumido nos compressores;
- c) *Committable capacity*: é a capacidade disponibilizada para entregas firmes. Uma flexibilidade operacional de 1 a 2% é usualmente deduzida da capacidade técnica disponível para garantir que pequenas perturbações operacionais não comprometam a capacidade de entrega de gás;
- d) *Bookable capacity*: a operadora tem a possibilidade de reter volumes de gás durante certos períodos. Quando esses volumes são deduzidos da “*committable capacity*”, obtém-se a “*bookable capacity*”. Essa capacidade é que é ofertada aos carregadores em bases diárias.

4.8 Alemanha

4.8.1 Definição dos Conceitos de Capacidade

A preocupação das definições de capacidade em mercados europeus mais desenvolvidos, como o da Alemanha, é ligeiramente diferente dos mercados de Portugal e Espanha. No primeiro observa-se grandes malhas de gasodutos e uma grande possibilidade de trabalhar com o empacotamento das redes durante as estações do ano. Além disso, devido ao grande volume e grande comprimento da rede, as variações de temperatura na Alemanha influem significativamente na capacidade da rede. Como observado na Ref. 8.3, a possibilidade de contratar e utilizar a capacidade de redes de transmissão de gás é a base para o acesso a essas instalações. Capacidade é um recurso escasso, principalmente nas regiões de fronteiras nacionais das malhas.

A capacidade técnica (*technical capacity que é a capacidade passível de comercialização*) de redes de transmissão de gás na Alemanha é determinada, para todos os pontos onde ela pode ser nominada, através de um número único. Porém, como observado nos boletins dos operados de movimentações realizadas das redes, muitas vezes a malha opera com capacidade acima da técnica durante certos períodos, indicando que a infraestrutura de transporte não está sendo comercializada em sua condição máxima. Nesse contexto, não é possível apresentar o mesmo número de capacidade disponível para diferentes estações do ano, devido às características do mercado em relação ao inverno e verão. Dessa forma, o



agente regulador apresentou em consulta pública (Ref.8.3) medidas para o gerenciamento mais eficiente de capacidade, a fim de facilitar o acesso a novos mercados.

Como proposto no artigo, deveria ser considerado inicialmente um ajuste conveniente das ofertas de capacidade com um ajuste conveniente do mercado. Dessa forma é proposta uma redução da capacidade firme anual para o que estaria realmente disponível numa base mais conservativa (período do verão). A Figura 4 apresenta esquematicamente essa proposta. A oferta de capacidade firme anual (área azul) deveria ficar restrita a mínima capacidade técnica sazonal (curva vermelha). Durante os demais períodos do ano, a diferença entre a capacidade técnica sazonal e a capacidade contratada firme em base anual poderia ser ofertada em bases trimestrais, mensais ou semanais. Os cálculos de capacidades em períodos curtos apresentam previsões de vazões com grau de confiabilidade relativamente elevado, o que permite a maximização dos recursos da malha. Deve-se observar que o transporte desses conceitos para a realidade nacional deve ser feito com cautela. No Brasil não existem variações de demanda significativas entre o inverno e o verão. Um possível paralelo de sazonalidade seria a necessidade de geração térmica durante os períodos de seca e chuva, observando o nível dos reservatórios das hidroelétricas, de forma a gerar uma previsibilidade. Porém, os objetivos de maximizar os recursos e abrir o mercado devem ser os mesmos.

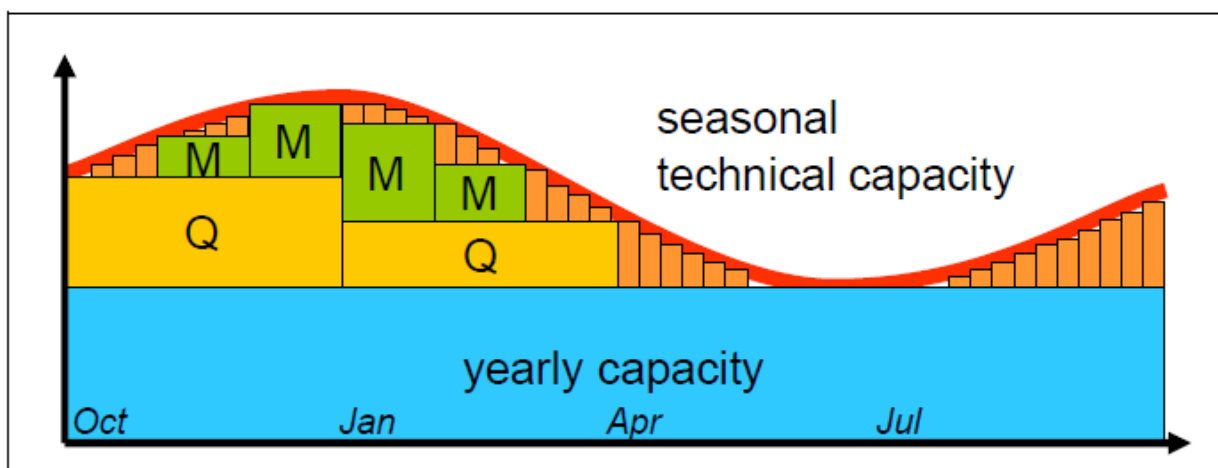


Figura 4: Representação de conceitos de capacidade segundo a Referência 8.3

4.9 Estados Unidos da América

4.9.1 Definição dos Conceitos de Capacidade

A situação do mercado norte americano é diferente de diversas outras partes por existir um grande número de atores em todos os seguimentos do mercado. Juris (Ref. 8.1) apresenta um



trabalho sobre a desregulamentação desse mercado. Uma vez que a maioria dos produtores e consumidores são separados por diversos estados americanos, a desregulamentação das transações interestaduais teve um grande impacto nas operações e eficiência de toda a indústria. Esse processo se iniciou em 1978 quando o Congresso Americano autorizou a liberalização desse mercado. Com isso as transações do mercado mudaram gradualmente das áreas produtoras (*well heads*) e consumidoras para hubs de maior interconexão interestaduais e dutos interestaduais. Esse procedimento permite que os participantes do mercado adquiram gás natural de diferentes fontes e contratem o transporte para diferentes mercados. Isso eliminou a necessidade de contratar capacidade de transporte diretamente da produção ao ponto de consumo. Em vez disso os carregadores podem combinar rotas de fornecimento através de diversos hubs.

Basicamente os carregadores nominam os volumes diários de gás a serem recebidos, entregues ou armazenados para as companhias transportadoras com um dia de antecedência. Os carregadores também nominam a capacidade em pontos específicos de entrada e saída. Por outro lado, as companhias transportadoras integram as nominações de capacidade e determinam se a rede de dutos pode atender as nominações e em caso negativo, solicitam ajustes. Com essa informação consolidada a transportadora determina o padrão de operação, ajustando as vazões de todos os pontos de recebimento e de entrega. Os carregadores são responsáveis pelas injeções e retiradas de gás natural e são responsáveis por manter as diferenças dentro de volumes acordados comercialmente.

Na Ref. 8.4 verifica-se uma preocupação maior no que diz respeito à regulamentação dos contratos, de forma que os serviços sejam realizados de forma não discriminatória. Esses contratos são divididos em dois tipos:

- *Service on a firm basis*: (serviço em base firme): significa que esse serviço não está sujeito a reclamação por outro usuário ou por outra classe de serviço;
- *Service on an interruptible basis* (serviço em base interruptível): significa que a capacidade utilizada para esse serviço está sujeita à solicitação de outro usuário, ou outra classe de serviço, recebendo uma prioridade menor.

No § 13 da Ref. 8.4 fica estabelecido que as companhias que prestam serviços de transporte interestadual de gás devem publicar diversas informações, entre elas:

- Dados dos contratos firmes e interruptíveis; e
- Capacidade e dados de vazões, o que inclui dados de capacidade disponível nos pontos de recebimento e entrega, nas linhas tronco e locais de armazenamento; a capacidade de projeto de cada ponto; a capacidade programada em cada ponto, entre outras informações.



Porém, não houve uma preocupação do legislador em aprofundar o detalhamento nas definições de capacidade e em como elas devem ser calculadas. Isso pode ser devido ao fato do mercado ser altamente desenvolvido e as operadoras dos sistemas de transporte procurarem elevar cada vez mais a qualidade e quantidade de seus serviços, tendo em vista a concorrência existente.

5 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE A EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL E O CASO BRASILEIRO

A Lei 11909/09 (Lei do Gás), regulamentada pelo Decreto nº. 7382 de 02/12/2010, dispõe sobre as atividades relativas ao transporte de gás natural, de que trata o art. 177 da Constituição Federal, bem como sobre as atividades de tratamento, processamento, estocagem, liquefação, regaseificação e comercialização de gás natural. Em especial, ressaltam-se os seguintes artigos:

Art. 32. Fica assegurado o acesso de terceiros aos gasodutos de transporte, nos termos da lei e de sua regulamentação, observado o disposto no § 2º do art. 3º e no § 3º do art. 30 desta Lei.

Art. 33. O acesso aos gasodutos de transporte dar-se-á, entre outras formas previstas em regulamentação, por contratação de serviço de transporte:

- I - firme, em capacidade disponível;
- II - interruptível, em capacidade ociosa; e
- III - extraordinário, em capacidade disponível.

Parágrafo único. O acesso aos gasodutos dar-se-á primeiramente na capacidade disponível e somente após sua integral contratação é que ficará garantido o direito de acesso à capacidade ociosa, observado o disposto no § 2º do art. 3º e no § 3º do art. 30 desta Lei.

Art. 34. O acesso ao serviço de transporte firme, em capacidade disponível, referido no inciso I do caput do art. 33 desta Lei, dar-se-á mediante chamada pública realizada pela ANP, conforme diretrizes do Ministério de Minas e Energia.

Parágrafo único. Os acessos aos serviços de transporte interruptível, em capacidade ociosa, e extraordinário, em capacidade disponível, dar-se-ão na forma da regulamentação, assegurada a publicidade, transparência e garantia de acesso a todos os interessados.

Dessa forma, para a aplicação da Lei é necessário definir os diversos conceitos de capacidade. A própria Lei do Gás apresenta as seguintes definições:

“Art. 2º. Ficam estabelecidas as seguintes definições para os fins desta Lei e de sua regulamentação:

(...)

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-002**REV. **C****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 26 de 38**TÍTULO:** Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultados Parciais

-

-

V - Capacidade Contratada de Transporte: volume diário de gás natural que o transportador é obrigado a movimentar para o carregador, nos termos do respectivo contrato de transporte;

VI - Capacidade de Transporte: volume máximo diário de gás natural que o transportador pode movimentar em um determinado gasoduto de transporte;

VII - Capacidade Disponível: parcela da capacidade de movimentação do gasoduto de transporte que não tenha sido objeto de contratação sob a modalidade firme;

VIII - Capacidade Ociosa: parcela da capacidade de movimentação do gasoduto de transporte contratada que, temporariamente, não esteja sendo utilizada.

(...)

A aplicação destas definições a gasodutos em operação, com contratos de serviço de transporte estabelecidos, deve ser avaliada levando em conta as características do escoamento termohidráulico do gás no duto, as diversas modalidades contratuais, os limites operacionais dos sistemas e também da forma como as demandas e ofertas são configuradas.

Como comentário final sobre a Lei do Gás, deve-se observar que os conceitos de capacidade se aplicam a gasodutos de transporte, que segundo a definição é:

“ (...) Gasoduto de Transporte: gasoduto que realize movimentação de gás natural desde instalações de processamento, estocagem ou outros gasodutos de transporte até instalações de estocagem, outros gasodutos de transporte e pontos de entrega a concessionários estaduais de distribuição de gás natural, ressalvados os casos previstos nos incisos XVII e XIX do caput deste artigo, incluindo estações de compressão, de medição, de redução de pressão e de entrega, respeitando-se o disposto no § 2 do art. 25 da Constituição Federal;

A aplicação dessa definição em algumas situações da malha nacional pode gerar problemas na aplicação dos conceitos de capacidade. Por exemplo, pode-se observar os gasodutos REDUC – ESVOL (GASVOL), ESVOL - São Paulo (GASPAL) e RPBC – Capuava (GASAN) da malha sudeste do Brasil. Basicamente, a existência dessa diferenciação está amparada no histórico de evolução física da malha. Apesar de existir uma mudança de diâmetros (de 18” para 22”) no fim do GASVOL e no início do GASPAL, existe um desenvolvimento linear desses gasodutos, e a separação desse sistema em gasodutos isolados pode limitar a aplicação dos conceitos de capacidade. A flexibilização dessa definição para um trecho de um gasoduto ou de vários gasodutos deve ser considerada.

No Brasil poucos trabalhos foram desenvolvidos no intuito de deixar claro os conceitos de capacidade estabelecidos em lei, e suas aplicações aos gasodutos reais. A ANP, atenta à complexidade do problema, estabeleceu no Regulamento nº. 1/2003, que os transportadores deveriam publicar regularmente seus relatórios de simulação termohidráulica de capacidade. Porém, em face da inexistência de um procedimento para o cálculo de capacidade e de uma padronização do relatório, diversas dúvidas ainda estão presentes entre o agente regulador e os transportadores.

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-002**REV. **C****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 27 de 38**TÍTULO:** Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultados Parciais

-

-

Silva e Santos, em trabalho de 2009 (Ref. 8.17) realizaram uma extensa pesquisa bibliográfica sobre as definições e aplicações internacionais do conceito de capacidade, de forma a traçar um paralelo com o sistema nacional. É destacada a importância da definição de capacidade e seu papel em relação a transparência e consequente acesso de terceiros à infraestrutura de transporte de gás natural. Nesse trabalho também é destacada a importância do relatório de simulação termohidráulica e a necessidade de padronização.

Gama (Ref. 8.6) apresenta um trabalho onde são discutidos parâmetros que influenciam a capacidade máxima de transporte de um gasoduto. Todas as discussões são trabalhadas num caso de um duto simples, mas a definição de capacidade contratada e de como as vazões podem ser distribuídas pelos pontos de entrega não são abordados. Também não é apresentada uma metodologia para o cálculo de capacidade ociosa. Tipicamente, não é descrito como a ociosidade de um determinado gasoduto, ou ponto de entrega, deve ser avaliada para permitir a previsibilidade de uma oferta futura dessa capacidade.

Existe um consenso em todos os mercados de gás natural que é necessário promover acesso à utilização da infraestrutura de transporte de forma não discriminatória e eficiente.

A utilização da infraestrutura está sempre associada aos volumes de gás transportados num período de tempo, sob certas condições. De acordo com o contexto, é possível definir diversas capacidades. Como apresentado anteriormente, a legislação nacional define quatro conceitos: Capacidade Contratada de Transporte, Capacidade de Transporte, Capacidade Disponível e Capacidade Ociosa. Todas essas definições estão relacionadas a um gasoduto, e não a uma rede ou ponto notável. Apesar da nomenclatura variar em outros países, existem paralelos entre os conceitos. Isso ocorre principalmente nos conceitos de capacidade disponível e ociosa, que normalmente estão diretamente ligadas ao acesso ao sistema de transporte. Assim, na maioria das vezes, cada capacidade é definida em relação aos pontos de entrada, pontos de saída ou pontos notáveis da malha de transporte.

Verifica-se que cada país tem uma experiência própria e uma legislação própria. Mesmo no mercado europeu, onde existe uma forte regulamentação visando padronizar os procedimentos, não existe uma definição única e uma metodologia única. Dessa forma, a experiência internacional pode balizar algumas decisões, mas a solução nacional será única e apropriada para o mercado brasileiro.

6 PREMISSAS E HIPÓTESES PARA O DESENVOLVIMENTO DAS FERRAMENTAS DE CÁLCULO

Diversos artigos apresentam os requisitos e equações utilizadas numa ferramenta computacional para o cálculo de capacidade (Ref. 8.11, 8.18, 8.20, 8.6). Verifica-se que diversas hipóteses são adotadas nessas ferramentas. Normalmente tem-se:

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-002**REV. **C****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 28 de 38**TÍTULO:** Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultados Parciais

-

-

- escoamento unidimensional
- transferência de calor para o ambiente
- coeficiente de atrito baseado em Colebrook
- fluido newtoniano
- equação de estado que represente a variação da massa específica com a pressão e a temperatura
- análises em regime permanente ou transiente

Além disso, as características físicas do sistema de transporte devem ser reproduzidas no modelo computacional. Parâmetros como diâmetro, rugosidade do duto (quando novo), posição dos pontos notáveis e comprimento são representados com precisão. O perfil de elevação de maneira geral é simplificado e a rugosidade de dutos antigos é aproximada. Em relação às características operacionais, as máximas pressões operacionais dos dutos e equipamentos devem estar representadas no modelo. As características do gás, sejam os percentuais dos componentes ou a composição simplificada, também devem ser identificadas e utilizadas.

Todos esses conceitos são normalmente utilizados na engenharia de simulação computacional de dutos e largamente aceitos na indústria de gás, não apresentando nenhuma dificuldade ou inovação. O cuidado que se deve ter é documentar esses elementos de modo que tenham um embasamento e dessa forma seja passível de sua reprodução e análise. Esse fato é bem ressaltado na referência 8.16. A ANP, tendo a mesma preocupação, estabeleceu o Regulamento n. 1/2003 no qual os transportadores de gás devem publicar seus relatórios de simulação termohidráulica, de forma a identificar suas capacidades de transporte (Ref. 8.17). Porém, a regulamentação não definiu um padrão para esse relatório e cada transportador possui uma certa liberdade em relação ao conteúdo.

A grande variável na construção dos modelos diz respeito às condições de contorno. Essas condições vêm dos próprios conceitos de capacidade que se deseja calcular e como não existe uma metodologia para o cálculo de capacidade, essas condições nem sempre produzem uma aderência regulatória, como desejado pelo órgão regulador.

7 PROPOSTA INICIAL PARA O CÁLCULO DE CAPACIDADE

Apesar de a legislação definir os vários conceitos de capacidade, essa não estabelece os procedimentos técnicos necessários para o seu cálculo. Em relação à legislação, as definições de capacidade são utilizadas, principalmente para orientar a celebração dos contratos de serviço de transporte e tornar possível o acesso de terceiros à infraestrutura existente. Assim, deve haver um compromisso entre a viabilidade técnica para o cálculo de capacidade e a obrigação da lei.

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-002**REV. **C****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 29 de 38**TÍTULO:** Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultados Parciais

-

-

De forma simplificada, a movimentação de um gás num duto ocorre devido à existência de um diferencial de pressão. Quando estamos diante de uma pressão máxima em uma extremidade e mínima na outra, ocorrerá a máxima vazão de gás possível e, consequentemente, a máxima capacidade de transporte desse duto. Porém, a extensão desse conceito a gasodutos reais, em configurações mais complexas (interligados em rede), requer uma análise mais aprofundada.

Os procedimentos para o cálculo de capacidade descritos a seguir são uma primeira proposta, aplicáveis para sistemas simples. A aplicação desses conceitos para dutos em malhas complexas, com diversos pontos de recepção, interconexões, sistemas de compressão, etc ainda será analisada.

7.1 Considerações sobre as Definições de Capacidade

A preocupação do legislador brasileiro ao estabelecer as definições de capacidade está relacionada à otimização da infraestrutura de transporte a ao livre acesso a mesma. E esse acesso deve ser baseado em contratos firmes, em capacidade disponível, até que essa esteja completamente contratada. Assim, identifica-se um relacionamento entre valores otimizados técnicos, ligados ao escoamento do gás no gasoduto, e comerciais, definidos pelas condições contratuais.

Porém, em termos práticos, disponibilizar uma capacidade para ser ofertada, só tem sentido se for indicado onde está capacidade **estar** disponível. E como o gás a mais que sairá nesse ponto deve entrar no sistema por um ou mais pontos de recebimento, a capacidade disponível deve ser definida, não em relação ao gasoduto como um todo, mas sim em relação a um trecho do gasoduto, limitada pela direção do escoamento entre um ponto de recebimento e o ponto de entrega. Essa abordagem é o principal conceito introduzido na presente formulação, na qual os números globais do gasoduto (ou de uma malha) não são relevantes, mas sim um trecho do gasoduto (ou gasodutos), compreendido entre um ponto de recepção e um de entrega, onde efetivamente o gás será transportado.

Além dos termos definidos anteriormente, deve-se considerar:

- **Pressão mínima/máxima contratada:** limites acordados no contrato de serviço de transporte
- **Pressão mínima/máxima de operacional:** limites definidos em documentos de projeto, devendo ser considerado o mais recente (fluxograma de engenharia,

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-002**REV. **C****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 30 de 38**TÍTULO:** Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultados Parciais

-

-

memorial descritivo, relatório de simulação termohidráulica, etc) ou, na ausência destes, no contrato de serviço de transporte

- **Vazão mínima/máxima contratada:** limites acordados no contrato de serviço de transporte
- **Vazão mínima/máxima operacional:** limites definidos em documentos de projeto, devendo ser considerado o mais recente (fluxograma de engenharia, memorial descritivo, relatório de simulação termohidráulica, etc) ou, na ausência destes, no contrato de serviço de transporte
- **Pressão máxima operacional admissível (PMOA) do gasoduto:** limite estabelecido no memorial descritivo do projeto do gasoduto.
- **Pontos notáveis:** pontos de entrega, pontos de interconexão com outros gasodutos, etc.

7.2 Proposta Inicial para o Cálculo de Capacidade

Inicialmente, todo o gasoduto deve ser configurado em um programa de simulação apropriado para tal, gerando o modelo numérico de simulação. Nesse modelo também estarão definidas as características do gás e as equações que governam o escoamento

A proposta inicial para utilização dos diversos conceitos de capacidade está estabelecida no procedimento abaixo:

7.2.1 Capacidade de Transporte

A Capacidade de Transporte de um trecho do gasoduto compreendido entre um ponto de recebimento e um ponto de entrega deverá ser obtido pelo procedimento abaixo:

- Nos pontos de recebimento contidos no trecho em análise do gasoduto, as condições deverão ser ajustadas pela Pressão Máxima Operacional Admissível (PMOA) do trecho do gasoduto, ou limitadas pela vazão e pressão máxima de projeto do ponto de recebimento.
- Nas estações de compressão contidas no trecho, deverão ser ajustadas as pressões máximas de descarga dos equipamentos, limitada pela pressão máxima operacional admissível (PMOA) do gasoduto. Deverão ser observados os limites de pressão mínima de sucção e de potência máxima.
- No caso de ramais que atendem pontos de entrega e que tenham estações redutoras de pressão (ERP), o ponto de ajuste da ERP deverá ser igual à pressão máxima de operação admissível (PMOA) do ramal.
- Em relação aos pontos de entrega (PEs) contidos no trecho do gasoduto, deverão ser ajustadas as vazões contratuais de cada PE, que não podem ser superiores a vazão máxima de projeto. No caso do(s) contrato(s) abranger(em)

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-002**REV. **C****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 31 de 38**TÍTULO:** Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultados Parciais

-

-

uma área com vários pontos de entrega, e sem definir valores específicos para cada um, deverão ser ajustadas as vazões por PE que gerar o menor valor de capacidade final (situação mais conservativa).

- e. Através do modelo de cálculo desenvolvido, a vazão do PE em estudo deverá ser elevada, acima da vazão contratual já ajustada, até que algum limite operacional ou contratual de algum ponto do gasoduto seja atingido. As vazões dos demais PEs devem ser mantidas nos valores já ajustados.
- f. A vazão final será a **Capacidade de Transporte** do trecho do gasoduto. Como esse cálculo é baseado nos contratos existentes, qualquer mudança nos contratos deverá gerar um novo cálculo.
- g. Deve-se observar que para dutos interligados em uma malha, esse procedimento deve ser adaptado para atender características específicas da malha. Também devem ser identificadas técnicas que permitam segmentar ou simplificar as malhas de forma a facilitar a construção dos modelos de simulação e a análise dos resultados. Esses itens ainda estão em análise.

7.2.2 Capacidade Contratada de Transporte

A Capacidade de Contratada de Transporte de um trecho do gasoduto compreendido entre um ponto de recebimento e um ponto de entrega deverá ser obtida pelo procedimento abaixo:

- h. Nos pontos de recebimento contidos no trecho em análise do gasoduto, as condições deverão ser ajustadas pela Pressão Máxima Operacional Admissível (PMOA) do trecho do gasoduto, ou limitadas pela vazão e pressão máxima de projeto do ponto de recebimento.
- i. Nas estações de compressão contidas no trecho, deverão ser ajustadas as pressões máximas de descarga dos equipamentos, limitada pela pressão máxima operacional admissível (PMOA) do gasoduto. Deverão ser observados os limites de pressão mínima de sucção e de potência máxima.
- j. No caso de ramais que atendem pontos de entrega e que tenham estações redutoras de pressão (ERP), o ponto de ajuste da ERP deverá ser igual à pressão máxima de operação admissível (PMOA) do ramal.
- k. Em relação aos pontos de entrega (PEs) contidos no trecho do gasoduto, deverão ser ajustadas as vazões contratuais de cada PE, que não podem ser superiores a vazão máxima de projeto do PE. No caso do(s) contrato(s) abranger(em) uma área com vários pontos de entrega, e sem definir valores específicos para cada um, deverão ser ajustadas as vazões por PE que gerar o menor valor de capacidade final (situação mais conservativa).



- I. Deverá ser realizado o cálculo com essa situação, identificando as pressões resultantes nos pontos de entrega. Esses valores não poderão ser inferiores a nenhum valor de pressão mínima contratada para cada ponto. A vazão final de cada PE será a **Capacidade Contratada de Transporte** de cada PE. A variação da pressão ao longo do gasoduto e seu valor em pontos notáveis (PEs e pontos de conexão com outros gasodutos, por exemplo) representa a condição operacional do duto. Como esse cálculo é baseado nos contratos existentes, qualquer mudança nos contratos deverá gerar um novo cálculo.

7.2.3 Capacidade Disponível

A Capacidade Disponível, por definição da Lei, é a diferença entre a capacidade de transporte (obtida pelo procedimento descrito no item 7.2.1) e a capacidade contratada de transporte (obtida pelo procedimento descrito no item 7.2.2). Porém, como dito anteriormente, disponibilizar uma capacidade para ser ofertada, só tem sentido se for indicado onde está capacidade estará disponível e onde o gás deverá entrar no sistema. Logo, a capacidade disponível será definida pelo procedimento atual, não em relação ao gasoduto como um todo, mas sim em relação a um trecho do gasoduto, limitada pela direção do escoamento entre um ponto de recebimento e o ponto de entrega.

Deve-se observar que se os contratos existentes apresentarem variações do valor contratado na base firme, em função de sazonalidades, a Capacidade Disponível também refletirá essa variação, e como consequência poderão existir valores diferentes de capacidade disponível, dependendo do período analisado. Além disso, como esse cálculo é baseado nos contratos existentes, qualquer mudança nos contratos deverá gerar um novo cálculo.

7.2.4 Capacidade Ociosa

A Capacidade Ociosa, por definição é a parcela da Capacidade Contratada que, temporariamente, não esteja sendo utilizada. Dessa forma, para a definição da capacidade ociosa é necessária a definição do que “não esteja sendo utilizada”. O Inciso V do Art. 2º da RANP nº 027/2005 define desta forma Capacidade Não Utilizada de Transporte: “(...) diferença entre a Capacidade Máxima de Transporte e o volume diário de gás natural programado para o Serviço de Transporte Firme;”. Por analogia, o termo “Capacidade Máxima de Transporte” pode ser entendido como a Capacidade de Transporte abordada neste documento. Assim, a Capacidade Ociosa deve ser divulgada com antecedência, com base em volumes programados. Adicionalmente, para conferir confiabilidade aos valores calculados, deve-se adotar a observação de um histórico dos valores programados e realizados. Tendo em vista a natureza do mercado brasileiro, uma média semanal do volume nominado diário poderia ser



comparada com a Capacidade Contratada para definir a Capacidade Ociosa futura. Nos mercados maduros, realizando algumas analogias, essa capacidade ociosa é ofertada pelos transportadores no dia gás imediatamente anterior ao dia gás ofertado. Como esse é um serviço de transporte interruptível, essa programação poderá não se realizar integralmente caso as solicitações de transporte firme sejam superiores as projeções de ociosidade previstas pelo transportador.

7.2.5 Representação Esquemática do Procedimento Proposto

A Figura 5 apresenta esquematicamente a situação onde a vazão máxima de projeto do ponto de entrega é igual a Capacidade de Transporte do trecho entre um ponto de recebimento e o PE. Nessa figura, o eixo horizontal representa o tempo e o eixo vertical representa vazões ou capacidades. No exemplo, a variação da Capacidade Contratada pode ser devido à sazonalidade existente nos contratos ou ao início/término de contratos. A capacidade disponível do trecho até o PE é a diferença entre a Capacidade de Transporte (linha vermelha pontilhada) e a Contratada (linha preta contínua).

A vazão total realizada no PE, que passou pelo trecho em estudo, está representada pela linha traço-ponto em preto (chamada na figura de Capacidade Realizada). Porém, por lei, a Capacidade Ociosa só pode ser ofertada após toda Capacidade Disponível ter sido contratada. E isso só ocorre quando a Capacidade Contratada é igual a Capacidade de Transporte. A partir dessa situação, a Capacidade Ociosa desse trecho no PE é representada pela diferença entre a linha vermelha tracejada e a linha traço-ponto preta.

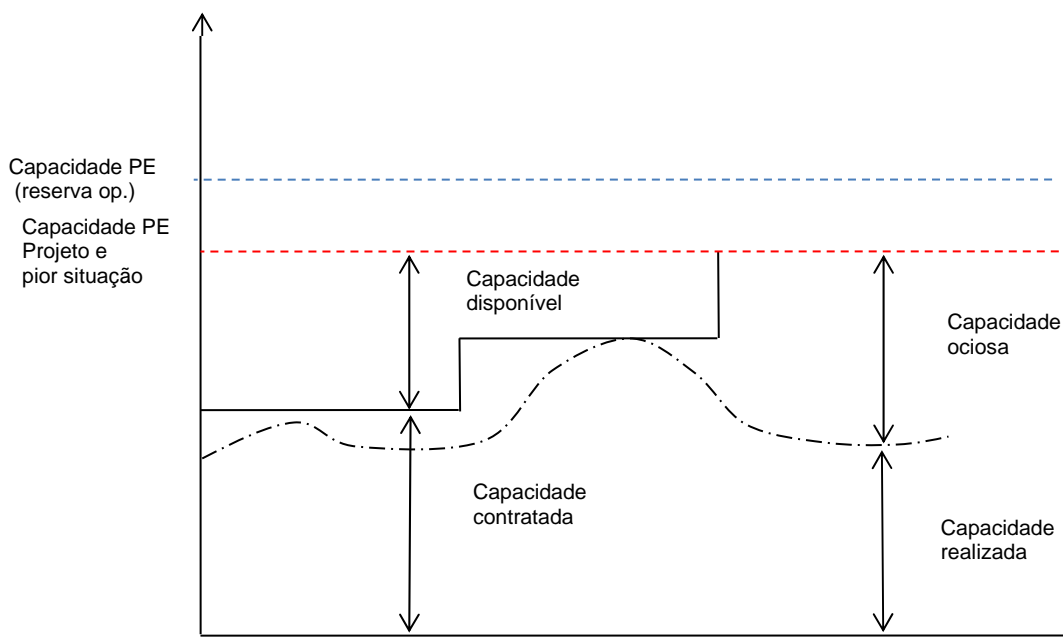




Figura 5 – Esquema simplificado da proposta para cálculo de capacidades (baseado na Ref. 8.9)

7.3 Observações.

Os seguintes pontos são as principais alterações que podem implicar na elaboração de um novo cálculo de capacidade:

- Alteração nas condições contratuais.
- Mudança da PMOA devido a fatores como corrosão ou manutenção, uma vez que os limites de pressão dependem da PMOA.
- Alterações nos limites de projetos de pontos de entrega e de recebimento.
- Inclusão ou retirada desses pontos.
- Qualquer alteração na configuração nos limites operacionais das estações de compressão.


7.4 Próximas Atividades.

Pontos a serem observados na continuação do trabalho:

- Aplicação desses conceitos em gasodutos com configurações que incluam mais de um ponto de recebimento, estações de compressão, conexões com outros gasodutos, mais de um carregador, etc .
- Realização de análise de sensibilidade para os parâmetros adotados na modelagem do gasoduto.
- O procedimento proposto para cálculo das diversas capacidades partiu da premissa que o cálculo poderia ser executado em regime permanente. Essa hipótese ainda deverá ser confirmada.
- Nesses procedimentos não foram considerados valores estratégicos para garantir a confiabilidade do sistema, normalmente necessários no caso manutenção programada ou de contingências. Esses valores deverão ser definidos separadamente para cada sistema.

Outros pontos a serem observados:

- Limites operacionais definidos pelos padrões de engenharia deverão ser observados, como a máxima velocidade de escoamento de projeto do duto.
- Não foram considerados os valores de vazão do gás destinados às estações de compressão, *surges*, purgas, etc. Como esses valores dependem das condições operacionais do gasoduto, eles devem ser calculados para cada situação e subtraídos dos valores de capacidade disponível e ociosa.

 anp <small>Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis</small>	RELATÓRIO		Nº RL-ANP-FPL-002	REV. C
	PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS			FOLHA 35 de 38
	TÍTULO: Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultados Parciais			- -

8.1

Andrej Juris “Development of Natural Gas and Pipeline Capacity Markets in the United States” 30 de abril de 1998, disponível em <http://documents.worldbank.org/curated/en/1998/04/693642/development-competitive-natural-gas-markets-united-states>

8.2

Boletim Oficial del Estado n 115, Resolution 9765 de 20 de abril de 2007 que se modifican determinadas Normas de Gestion Técnica del Sistema Gasista, de 11 de outubro de 2005, Madri

8.3

Bundesnetzagentur, Restructuring capacity management in the German gas Market, Key elements for consultin as for 22 May 2009

8.4

Code of Federal Regulation, Title 18, Conservation of Power and Water Resources , Part 284 Certain sales and transportation of natural gas under the natural gas policy act of 1978 and related authorities

8.5

Entidade Reguladora de Serviços Energéticos, Metodologia dos Estudos para a Determinação de Capacidade da RNTGN. Fevereiro 2008

8.6

Gama, L. S. C., Estudo para Regulamentação da Capacidade de Gasodutos, Dissertação de mestrado, PUC-Rio, fevereiro 2001, Rio de Janeiro

8.7

GTE (Gas Transmission Europe) report 20/06/2001, Capacity and Congestion Report

8.8

GTE (Gas Transmission Europe) report, 10/07/2003, “Definitions of available capacities at cross-border points in liberalized markets”

8.9

J.P. Pinon and C. Cuijpers, “The Marketing And Calculation Of Gas Transmission Capacity In The EU” 23rd World Gas Conference, Amsterdam 2006

8.10

Khan A. E. , The Economics of Regulation: Principles and Institutions, MIT Press, 1988

8.11

Leif Idar Langelandsvik, Willy Postvoll, Britt Aarhus, Kristin Kinn Kaste, “Accurate Calculation Of Pipeline Transport Capacity”, Gassco AS

8.12

Ministerio de Industria, Turismo Y Comercio, Protocolo de Detalhe PD-10: Calculo de la Capacidad de Las Instalaciones, Madri, Espanha, 2007

8.13

Mohring J., Halfmann T. Hoffmann J., Zemits A., Basso G., Lagoni P., Capacity calculation in complex gas pipeline networks

8.14

National Grid, Determination of the Technical Capacity of the National Transmission System, Compliance with Regulation EC 715/2009, <http://www.nationalgrid.com/NR/rdonlyres/2310128B-05CE-4C69-B903-FDE195AFD214/45722/DeterminationofTechnicalCapacity.pdf>

8.15

National Mineral Oil and Natural gas Transportation Company, Methodology for calculating technical capacities of the transmission system, 2009, http://fgsz.hu/en/EU715_3_1_2_m, Hungria

8.16


Oscar G. Alvarez, TGN; Hugo A. Carranza, TOTAL Gas y Electricidad de Argentina; Fernando J. Pillon, TGN, Nominal Gas Pipeline Transmission Capacity. A procedure to define nominal capacity. Pipeline Simulation Interesse Group, 2009, paper 0609.

8.17

Patrícia Mannarino Silva, Almir Beserra dos Santos, The Relevance of Thermal Hydraulic Pipeline Simulation as a Regulatory Support Tool, Rio Pipeline Conference, , IBP1250-09, setembro de 2009.

8.18

Petroleum & Natural Gas Regulatory Board Notification GRS 476 (E), Determining capacity of Petroleum, Petroleum products and Natural Gas Pipeline, 07 June 2010, New Delhi

 anp <small>Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis</small>	RELATÓRIO	Nº RL-ANP-FPL-002	REV. C
	PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS		FOLHA 36 de 38
	TÍTULO: Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultados Parciais		-
8.19 Regulation (EC) n. 715/2009 of the European Parliament and of the Council, on conditions for access to the natural gas transmission network and repealing Regulation (EC) n. 1775/2005, July 13 2009			
8.20 Santos M. A. F., Estudo do comportamento dinâmico da rede nacional de transporte de gás natural, Instituto Superior Politécnico, Universidade Técnica de Lisboa, outubro de 2010			
9 LISTA DE AUTORIDADES REGULATÓRIAS			
Áustria Energie-Control GmbH www.e-control.at			
Bélgica Commission de Régulation de l'Electricité et du Gaz (CREG) www.creg.be			
Bulgária Communications Regulation Comission (CRC) www.crc.bg			
Croácia Hrvatska Agencija za telekomunikacije www.telekom.hr			
Chipre Office of the Commissioner of Electronic Communications and Postal Regulation www.octpr.org.cy/ (OCECPR)			
República Tcheca Energy Regulatory Office (ERÚ / ERO) www.eru.cz			
Dinamarca Danish Energy Regulatory Authority (DERA) www.energitilsynet.dk			
Estonia Energy Market Inspectorate (EMI) www.eti.gov.ee			
Finlândia The Energy Market Authority (EMV) www.energiatarkkinavirasto.fi			
France Commission de Régulation de l'Energie (CRE) www.cre.fr			

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-002**REV. **C**PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE
CAPACIDADE DE GASODUTOS

FOLHA 37 de 38

TÍTULO: Caracterização do Conceito de Capacidade de
Transporte de Gasodutos – Resultados Parciais

-

-

Grécia

Regulatory Authority for Energy of Greece (RAE)

www.rae.gr**Hungria**

Hungarian Energy Office (MEH / HEO)

www.eh.gov.hu**Islândia**

National Energy Authority (Orkustofnun)

www.os.is**Irlanda**

Commission for Energy Regulation (CER)

<http://www.cer.ie>**Italia**

Autorita per l'Energia Elettrica e il Gas (AEEG)

www.autorita.energia.it**Latvia**

Public Utilities Commission (PUC)

www.sprk.gov.lv**Liechtenstein**

Amt für Kommunikation (AK)

www.ak.li**Lituania**

National Control Commission for Prices and Energy (NCC)

www.regula.is.lt**Luxemburgo**

Institut Luxembourgeois de Régulation (ILR)

www.etat.lu/ILR**Malta**

Malta Resources Authority (MRA)

www.mra.org.mt**Holanda**

Dienst uitvoering en toezicht Energie (DTE) (Office for Energy Regulation)

www.dte.nl**Noruega**

Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE)

www.nve.no**Polónia**

Urząd Regulacji Energetyki (URE) Energy Regulatory Office

www.ure.gov.pl

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-002**

REV. C

PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS

FOLHA 38 de 38

TÍTULO: Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultados Parciais

-

-

Portugal

Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE)

www.erse.pt**Romênia**

Romanian Electricity and Heat Regulatory Authority (ANRE)

www.anre.ro**Eslováquia**

Telekomunikacný úrad Slovenskej republiky

www.teleoff.gov.sk**Eslovênia**

Energy Agency of the Republic of Slovenia (TU SR)

www.agen-rs.si**Espanha**

Comisión nacional de Energía (CNE)

www.cne.es**Suécia**

Swedish Energy Agency (STEM)

www.stem.se**Suiça**

Office fédéral de la Communication (OFCOM)

www.bakom.ch/de**Turquia**

Energy Market Regulatory Authority (EMRA)

www.emra.org.tr**United Kingdom**

The Office of Gas and Electricity Markets (ofgem)

www.ofgem.gov.uk**USA**

Federal Energy Regulatory Commission (FERC)

www.ferc.gov