

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-012**REV. **A****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 2 de 16**TÍTULO:**

Metodologia para Cálculo de Capacidade

-

-

ÍNDICE

1	OBJETIVO	3
2	REFERÊNCIA	3
3	INTRODUÇÃO	3
4	METODOLOGIA PARA O CÁLCULO DA CAPACIDADE	4
4.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	4
4.2	CAPACIDADE DE TRANSPORTE	6
4.3	CAPACIDADE CONTRATADA DE TRANSPORTE	5
4.4	CAPACIDADE DISPONÍVEL	6
4.5	CAPACIDADE OCIOSA	8
5	CONCLUSÃO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-012**REV. **A****PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS****FOLHA** 3 de 16**TÍTULO:**

Metodologia para Cálculo de Capacidade

-

-

1 OBJETIVO

Conforme estabelecido no item 2.5 do Plano de Trabalho (referência 2.1), este relatório visa consolidar a metodologia de cálculo de capacidade desenvolvida durante o projeto.

2 REFERÊNCIA

- 2.1. RL-ANP-FPL-001_RD – Plano de Trabalho
- 2.2. RL-ANP-FPL-002_RD – Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultados Parciais
- 2.3. RL-ANP-FPL-004_RA – Conceito Consolidado de Capacidade de Transporte de Gasodutos
- 2.4. RL-ANP-FPL-005_R0 – Procedimentos para Segmentação de Redes de Gasodutos
- 2.5. RL-ANP-FPL-006_RB - Definição dos Requisitos para os Programas de Simulação
- 2.6. RL-ANP-FPL-008_RD – Indicadores Relacionados à Avaliação de Capacidade
- 2.7. RL-ANP-FPL-009_RF – Estudo das Condições de Contorno para o Cálculo de Capacidade
- 2.8. RL-ANP-FPL-010_R0 – Relatório Padronizado para Apresentação de Capacidade
- 2.9. RL-ANP-FPL-011_RA – Modelo de Relatório de Simulação Termo-hidráulica para Cálculo de Capacidade de Gasoduto
- 2.10. RL-ANP-FPL-013_R0 - Requisitos para Elaboração de Relatório de Documentação de Modelo de Simulação

3 INTRODUÇÃO

A metodologia desenvolvida para o cálculo das capacidades de transporte, contratada, disponível e ociosa foi discutida durante o projeto, seguindo o planejamento estabelecido no Plano de Trabalho (Ref. 2.1). Aspectos ligados à concepção filosófica do cálculo, ao tratamento dado à configuração física de uma malha de gasodutos, ao tratamento dado às condições de contorno e à forma de apresentação dos resultados, estão documentados nas Refs. 2.2, 2.3, 2.4, 2.7, 2.8, 2.9 e 2.10, incluindo diversos exemplos ilustrativos. Dessa forma, o presente relatório faz uma compilação desses diversos trabalhos, de forma a sistematizar o emprego da metodologia. Para maiores detalhes e exemplos deverão ser consultadas as referências citadas.

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-012**REV. **A****PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS****FOLHA** 4 de 16**TÍTULO:**

Metodologia para Cálculo de Capacidade

-

-

4 METODOLOGIA PARA O CÁLCULO DA CAPACIDADE**4.1 Considerações Gerais**

A oferta de serviços de transporte para contratação (a oferta de contratação de capacidade), só tem sentido se for indicado onde esta capacidade estará disponível. Desta forma, considerando que esta quantidade disponível de gás que sairá num determinado ponto de entrega deve entrar no sistema por um ou mais pontos de recebimento (PTR), a capacidade disponível relevante para divulgação e oferta deve ser definida, não em relação ao gasoduto como um todo, mas sim em relação a cada ponto de entrega (PTE), no qual seja possível retirar esta quantidade adicional. Cabe destacar que o PTE pode ser atendido por um ou mais PTRs que estejam contidos no mesmo gasoduto ou em outros gasodutos interligados em rede¹.

Toda a metodologia é baseada numa configuração física e contratual existente no momento do cálculo. Nos casos em que haja interesse de terceiros em acessar capacidade de transporte com injeções e retirada de gás natural em ponto(s) de recebimento e ponto(s) de entrega futuros ou não previstos, ou, ainda, caso o referido interesse seja o da retirada de uma capacidade superior à capacidade de projeto de ponto(s) de entrega existentes, a condição de escoamento do gás natural decorrente da configuração física do gasoduto será diferente da situação atual. Nestes casos, essa avaliação deverá ser efetuada pelo transportador após a provocação do interessado.

Por fim, os conceitos de cálculo de capacidade desenvolvidos podem ser aplicados para um gasoduto ou uma seção de gasoduto quanto para gasodutos ligados em rede ou uma seção desta rede. Para simplificar o cálculo, sempre que possível, a rede poderá ser modelada de forma simplificada. Essa segmentação da rede deve seguir a lógica de que os resultados obtidos para qualquer ponto com o modelo da rede integral serão os mesmos que os obtidos com a rede segmentada. A abordagem desse assunto encontra-se detalhada na Ref. 2.4.

A referida seção deve ser configurada em um programa de simulação apropriado para tal (segundo definido da Ref. 2.5), gerando o modelo numérico de simulação. Nesse modelo também estarão definidas as características do gás e as equações que governam o escoamento, além de outros parâmetros, seguindo o padrão apresentado na Ref. 2.9.

A consolidação da aplicação dos diversos conceitos de capacidade está estabelecida abaixo. Conforme consta no Anexo B e foi discutido na Ref. 2.7, deve-se ressaltar que a folga operacional dos transportadores, ou estoque estratégico, ainda que não considerada

¹ Nos casos em que há interesse de contratar o transporte de gás natural em uma seção compreendida entre dois gasodutos de transporte que são operados por dois transportadores distintos, cada transportador deve ofertar o serviço de transporte referente ao seu respectivo gasoduto, de forma que o carregador deve celebrar dois contratos de transporte distintos.



explicitamente, deverá ser considerada na definição dos limites utilizados no cálculo de capacidade.

4.2 Capacidade Contratada de Transporte

A Capacidade Contratada de Transporte entre um ponto de recebimento e um ponto de entrega deverá ser calculada seguindo os itens abaixo:

- a. Nos pontos de recebimento que delimitam a seção em análise, as condições de pressão deverão ser ajustadas pela Pressão Máxima Operacional Admissível (PMOA) do(s) trecho(s) do(s) gasoduto(s).
- b. No caso de ramais que atendam pontos de entrega e que tenham estações redutoras de pressão (ERP), a pressão máxima da ERP deverá ser igual à pressão máxima de operação admissível (PMOA) do ramal.
- c. Em relação aos pontos de entrega (PTEs) contidos na seção em análise, deverão ser ajustadas as vazões contratuais máximas de cada PTE, que não podem ser superiores à vazão máxima de projeto do PTE.
- d. Nesse processo, as estações de compressão contidas na seção em análise deverão ter as pressões de descarga dos equipamentos ajustadas de forma a atender as condições contratadas dos PTEs, minimizando a potência requerida. A pressão de descarga está limitada pela pressão máxima operacional admissível (PMOA) do gasoduto na qual a estação de compressão está instalada. Deverão ser observados os limites de pressão mínima de sucção e de potência máxima.
- e. Deverá ser realizado o cálculo termohidráulico 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 PTE será a **Capacidade Contratada de Transporte** da seção em análise para cada PTE. A variação da pressão ao longo dos gasodutos e seu valor em pontos notáveis (PTEs e pontos de conexão com outros gasodutos, por exemplo) representa a condição operacional do duto. Deve-se ressaltar que como esse cálculo é baseado na configuração física da rede de gasodutos e nos contratos existentes, qualquer mudança física ou nos contratos deverá gerar um novo cálculo.

Uma explicação mais detalhada para a configuração das condições de contorno para o cálculo da capacidade de transporte e da capacidade contratada encontra-se no Anexo A e na Ref. 2.7.



4.3 Capacidade de Transporte

A Capacidade de Transporte entre um ponto de recebimento e um ponto de entrega deverá ser calculada seguindo os itens abaixo:

- a. O modelo de cálculo deverá, inicialmente, ser configurado conforme descrito nos subitens a, b e c do item 4.2 Capacidade Contratada de Transporte.
- b. Em relação às estações de compressão contidas na seção em análise, essas deverão ter as pressões de descarga dos equipamentos ajustadas de forma a maximizar a vazão em cada PTE estudado, limitada pela pressão máxima operacional admissível (PMOA) do gasoduto na qual a estação de compressão está instalada. Deverão ser observados os limites de pressão mínima de sucção e de potência máxima.
- c. Através do modelo de cálculo desenvolvido, a vazão do PTE em análise deverá ser elevada acima da vazão contratual máxima já ajustada, até que algum limite operacional ou contratual de algum equipamento da seção em análise seja atingido. As vazões dos demais PTEs devem ser mantidas nos valores já ajustados.
- d. A vazão final do PTE em estudo será a **Capacidade de Transporte** dessa seção em análise para o PTE. Deve-se ressaltar que como esse cálculo é baseado na configuração física da rede de gasodutos e nos contratos existentes, qualquer mudança física ou nos contratos deverá gerar um novo cálculo.

4.4 Capacidade Disponível

A Capacidade Disponível, com base na Lei 11.909/09 (Lei do Gás), é a diferença entre a capacidade de transporte (obtida pelo procedimento descrito no item 4.3) e a capacidade contratada de transporte (obtida pelo procedimento descrito no item 4.2). Porém, como dito anteriormente, disponibilizar uma capacidade para ser ofertada, só tem sentido se for indicado onde esta capacidade estará disponível. Logo, a capacidade disponível será definida pelo procedimento descrito neste documento, não em relação ao gasoduto como um todo, mas sim em relação a cada ponto de entrega contido na rede de gasodutos em estudo, segmentada conforme discorrido na Ref. 2.4.

A apresentação dos valores de capacidade deverá seguir o padrão apresentado nas referências 2.7 e 2.8, cujos principais elementos são tabelas para cada ponto de entrega, conforme apresentado na Tabela 1.



Tabela 1 – Capacidades para o PTE

Capacidade de Transporte		
Margem Operacional	Capacidade Comercial	
	Capacidade Contratada	Capacidade Disponível

* Incremento do GUS

onde:

- Capacidade de Transporte deve ser entendida como a vazão máxima que pode ser transportada para um ponto de entrega quando aplicada a metodologia de cálculo de capacidade, sem considerar fatores como flexibilidade e confiabilidade, que podem diminuir tal Capacidade de Transporte.

- Capacidade Comercial é aquela que pode ser motivo de contrato e é obtida quando a Margem Operacional é retirada da Capacidade de Transporte. Quando somente uma parte da Capacidade Comercial está contratada, a diferença entre as duas representa a Capacidade Disponível.

- Margem Operacional é necessária para acomodar flutuações comerciais e operacionais. Essa margem é composta por uma parcela demandada pelo carregador, representada pelo percentual de desequilíbrio e outra devido à operação do sistema, de responsabilidade do transportador, que representa uma flexibilidade do transportador para acomodar mudanças na configuração operacional do sistema (por exemplo, manutenção programada). Esta parcela não abrange falhas de serviço de transporte, usualmente elencadas no contrato de prestação de serviço de transporte:

- GUS inclui o gás combustível necessário para a operação dos equipamentos (compressores, trocadores de calor, etc.), gás não contabilizado e perdas. Ao se realizar o cálculo da capacidade segundo a metodologia apresentada, a influência do GUS já está contabilizada no processo.

Especificamente em relação ao gás combustível de um determinado compressor, não é possível identificar qual parcela desse gás combustível é necessária para atender um determinado ponto de entrega e, conseqüentemente, não é possível quantificar o seu valor em relação a capacidade de transporte do ponto de entrega. Porém, é possível quantificar o incremento do gás combustível a partir de uma determinada situação, por exemplo a Capacidade Contratada, para um outra, por exemplo a Capacidade Comercial. Esse incremento representa a quantidade de gás que o carregador deve disponibilizar para contratar a Capacidade Disponível de um ponto de entrega e pode ser incluído como observação da Tabela 1. Maiores informações sobre a Margem Operacional encontram-se no Anexo B e na Ref. 2.7.



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 na configuração física da rede de gasodutos e nos contratos existentes, qualquer mudança física ou nos contratos deverá gerar um novo cálculo.

4.5 Capacidade Ociosa

A Capacidade Ociosa, também fazendo referência à Lei do Gás, 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 significa “**não esteja sendo utilizada**”. O que não está sendo utilizado é facilmente calculado pela observação do que foi programado e realizado no passado. Porém, para que a Capacidade Ociosa possa ser efetivamente utilizada, ela deve ser calculada para uma condição futura, de forma que possa ser divulgada e ofertada com uma antecedência suficiente para a realização da contratação.

Conforme apresentado na Ref. 2.3, duas condições devem ser utilizadas para definir as condições futuras:

- Utilização dos valores definidos na programação diária;
- Utilização de valores definidos através de uma previsão para vários dias.

A utilização dos valores definidos na programação diária para cada PTE pode ser encarada como uma grande certeza do que deve ocorrer no futuro, uma vez que ela deve ser definida com um dia de antecedência. E ao realizar a diferença entre o valor contratado e o programado diário, obtém-se o que não será utilizado para o próximo dia, o que deixa somente um dia para a divulgação, oferta e contratação da Capacidade Ociosa.

Para que a operação do sistema de transporte de gás natural possa ser realizada de forma segura e eficiente, ela deve ser baseada num compromisso entre os carregadores e transportadores em relação aos volumes movimentados, segundo os contratos existentes. Assim, os carregadores devem realizar uma requisição contendo a previsão dos volumes diários de gás a serem recebidos nos pontos de recebimento e os volumes que serão entregues nos pontos de entrega num período de tempo, normalmente de um mês, com uma determinada antecedência. Essas requisições devem ser consolidadas pelo transportador que gerará uma programação de transporte para esse período. Ao se realizar a diferença entre os valores de capacidade contratados e os valores programados, obtém-se a Capacidade Ociosa para o período programado para cada PTE e cada PTR.

Os critérios técnicos que os carregadores utilizariam para realizar suas previsões devem ser baseados nas demandas dos clientes, nas previsões dos volumes de gás produzido/adquirido

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-012**REV. **A****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 9 de 16**TÍTULO:**

Metodologia para Cálculo de Capacidade

-

-

e em outros parâmetros, como o histórico de consumo e oferta de períodos semelhantes. Mesmo considerando as diversas abordagens técnicas do como realizar essa previsão, essa produziria uma projeção do que não **estaria sendo** utilizado durante o período considerado e, consequentemente, com uma incerteza associada devido às características dinâmicas do transporte. Em comparação com a condição anterior (condição “a”), tem-se a vantagem de prazos maiores para divulgação e contratação e uma desvantagem produzida pela incerteza decorrente da projeção. Porém, como esse é um serviço de transporte interruptível, está implícito que a Capacidade Ociosa calculada poderá não se realizar integralmente caso as solicitações de transporte firme sejam superiores às programações previstas.

Cabe à ANP estabelecer critérios relativos ao(s) período(s) a que se refere a Capacidade Ociosa ofertada, à antecedência com que a oferta deve ser realizada, bem como à(s) forma(s) para sua publicação e contratação.

Cabe ressaltar que, da mesma forma adotada para o cálculo da capacidade disponível, a capacidade ociosa será definida pelo procedimento atual, não em relação ao gasoduto como um todo, mas sim em relação aos pontos de entrega do gasoduto ou da malha a partir dos pontos de recebimento.



ANEXO A

CONFIGURAÇÃO DETALHADA DAS CONDIÇÕES DE CONTORNO

Neste anexo são listados os diversos elementos de uma rede de gasodutos que podem estar presentes nos modelos de simulação termo-hidráulica e suas possíveis condições de contorno.

Deve-se ressaltar que um elemento do modelo de simulação pode estar sujeito a mais de uma condição de contorno, tanto de origem técnica como comercial, e que alguns programas de simulação computacional podem não estar preparados para receber essa situação. Assim, cabe ao responsável pela simulação termo-hidráulica verificar, para cada elemento do modelo, se alguma condição de contorno não foi atendida, e consequentemente, a validade do resultado obtido

a. Duto

O duto não possui uma condição de contorno própria, no entanto a sua pressão de operação está limitada à sua pressão máxima operacional admissível (PMOA). A PMOA é calculada com base nos seus dados construtivos, como diâmetro, espessura, material do duto, classe de locação, assim como nas pressões de teste hidrostático, entre outros parâmetros.

Cada trecho de um gasoduto ou malha de gasodutos tem um valor de PMOA. A interligação de trechos com valores diferentes é feita através de estações reguladoras de pressão, que controlam a pressão de acordo com o trecho de menor valor de PMOA, garantindo a segurança operacional.

Embora a PMOA não seja uma condição de contorno, o seu valor deve ser observado e pode servir de condição de contorno para outros elementos do modelo, visando uma operação segura e dentro dos limites do sistema de dutos.

Quando a simulação requer uma análise não isotérmica, a distribuição de temperatura do solo normalmente está associada às condições de contorno do duto. Nesse caso, o coeficiente de transferência de calor entre o duto e o solo pode ser fornecido diretamente ou ter seu valor calculado a partir das propriedades do solo e de possíveis revestimentos do duto.

b. Ponto de recebimento

Quando o ponto de recebimento (PTR) representa um ponto de injeção de gás no duto deve ter a pressão configurada para o limite do equipamento ou até o valor da pressão máxima operacional admissível (PMOA) naquele ponto do gasoduto ou rede de gasodutos.

A vazão no PTR não foi considerada como condição de contorno, conforme descrito na referência 2.2, na qual é explicado o fato de que novos carregadores precisam construir um



novo tramo de medição, acarretando o dimensionamento dos equipamentos para atender a vazão que se deseja injetar a mais no duto.

No caso do PTR estar representando uma interconexão entre dois gasodutos de transportadores distintos e que não exista injeção de nova quantidade de gás natural no sistema, os limites dos equipamentos existentes na interconexão devem ser observados. Além disso, os limites de pressão e vazão dos acordos de interconexão devem ser usados como condição de contorno.

Para um PTR que represente o ponto de conexão entre um terminal de GNL e o gasoduto, esse é tratado como um ponto de recebimento normal e a sua condição de contorno de pressão é a PMOA e não é considerado um limite de vazão. Se um segundo carregador desejar se conectar ao gasoduto no mesmo ponto, a condição de contorno para os dois carregadores será a pressão, limitada a PMOA. O carregador responsável pelo terminal de GNL deverá de alguma forma compensar a perda de carga do ramal, para que a pressão na conexão com o gasoduto seja a mesma do segundo carregador e limitada a PMOA.

A Tabela 2 apresenta um resumo para as condições de contorno de um PTR para as capacidades de transporte e a capacidade contratada de transporte.

Tabela 2 - Resumo das condições de contorno para o PTR

Representação do PTR	Condição de contorno	
	Capacidade de transporte	Capacidade contratada de transporte
PTR como ponto de injeção de gás no duto	Pressão = PMOA	Pressão = PMOA
PTR como ponto de interconexão	Pressão e vazão descritos nos acordos de interconexão	Pressão e vazão descritos nos acordos de interconexão
PTR como terminal de GNL	Pressão = PMOA	Pressão = PMOA

No caso de uma análise não isotérmica, a temperatura de entrada do gás natural deve ser fornecida complementando as condições de contorno do PTR.

c. Ponto de entrega

Nos pontos de entrega, que representam os consumidores, devem ser observadas as condições de contorno de vazão e pressão mínima de entrega.

Seguindo a metodologia descrita na referência 2.2, para cada etapa do cálculo, deve ser ajustado um valor de vazão para o PTE. Assim, para o cálculo da capacidade contratada de transporte no PTE, a vazão no ponto de entrega deve ser ajustada para a vazão contratual. Durante o procedimento do cálculo da capacidade de transporte, posteriormente, a vazão deve ser elevada para um valor máximo que não infrinja algum limite operacional ou contratual em outro ponto qualquer do gasoduto ou trecho analisado. Caso o contrato permita uma variação



da vazão ao longo do tempo, a mesma deve ser analisada a luz da legislação vigente para determinar se será utilizado um valor médio ou perfil de consumo definido no contrato.

A pressão mínima deve ser controlada para que não fique abaixo do valor contratual, mesmo que alguns contratos permitam um percentual inferior a este valor sem a decorrência de penalidades para o transportador. A pressão contratual está sendo definida a montante do ponto de entrega e o modelo não considera perdas de carga que ocorrem dentro do ponto de entrega. Se houver necessidade de incluir a perda de carga no modelo, o seu valor deve ser explicitado.

A interconexão entre dois gasodutos de transportadores diferentes pode ser tratada como um ponto de entrega para o transportador cujo gasoduto está fornecendo gás para o outro. Essas interconexões, como envolvem transferência de custódia, são caracterizadas pela existência de Estações de Medida (EMED). Nesse caso, as condições de contorno que devem ser controlados são a pressão e a vazão dos acordos de interconexão. Os valores usados no binário da interconexão, ponto de recebimento e ponto de entrega, devem ser iguais para os dois transportadores.

A Tabela 3 apresenta um resumo das condições de contorno para os PTE presentes no modelo de simulação.

Tabela 3 - Resumo das condições de contorno para o PTE

Representação do PTE	Condição de contorno	
	Capacidade de transporte	Capacidade contratada de transporte
PTE como ponto de retirada de gás no duto	Pressão = Pressão mínima contratual Vazão = Vazão máxima até o limite do PTE ou até que um limite operacional ou contratual seja atingido em qualquer elemento do trecho analisado	Pressão = PMOA Vazão = Vazão máxima contratual
PTE representando ponto de interconexão	Pressão e vazão descritos nos acordos de interconexão	Pressão e vazão descritos nos acordos de interconexão

d. Estação de compressão

As estações de compressão compreendem uma série de equipamentos como compressores, válvulas, acionadores, aquecedores, entre outros. Quanto maior for o número de equipamentos da estação de compressão traduzidos no modelo de simulação, maior será a complexidade na hora de configurar as condições de contorno das mesmas.

Para o cálculo de capacidade de transporte, a condição de contorno que se deve configurar é a pressão máxima de descarga. A pressão de descarga deve estar limitada à PMOA do duto para aquele ponto. Porém, dependendo da configuração dos demais equipamentos e da lógica



de cálculo, outras condições de contorno devem ser observadas como limitante no cálculo de capacidade: pressão de sucção, vazão, diferencial de pressão entre a sucção e a descarga ou uma taxa de compressão.

A potência de operação, velocidade de rotação, vazão de *surge* e de *stonewall* também devem ser observadas para não ultrapassarem os reais limites do equipamento. Para o acompanhamento dessas variáveis é necessário que o responsável técnico conheça os equipamentos e possua as curvas características de operação dos mesmos.

Existem outros equipamentos que estão presentes e podem ser modelados, pois possuem suas próprias condições do contorno, como por exemplo, os trocadores de calor, que devem ser configurados através da temperatura de descarga ou da diferença de temperatura do gás natural que deve ser aplicada pelo trocador de calor.

Deve-se lembrar que todos os equipamentos presentes na estação de compressão provocam uma perda de carga que, caso seja significativa, deve ser incluída no modelo. Porém esse efeito não se caracteriza como condição de contorno.

A Tabela 4 resume as condições de contorno para as estações de compressão.

Tabela 4 – Resumo das condições de contorno para a estação de compressão

Estação de compressão	Condição de contorno	
	Capacidade de transporte	Capacidade contratada de transporte
	Pressão = Pressão de descarga ajustada para maximizar a vazão no PTE estudado e pressão de sucção acima da pressão mínima de sucção	Pressão = Pressão de descarga ajustada para atender a vazão no PTE estudado pressão de sucção acima da pressão mínima de sucção

e. Válvulas de controle

As válvulas de controle normalmente são utilizadas para a redução de pressão (ERP) ou para controle de vazão o que determina a condição de contorno. No caso da válvula de controle de pressão, a pressão máxima de descarga deve estar limitada ao valor da PMOA do duto a jusante da válvula. Essa condição também é mandatória para o cálculo da capacidade de transporte. O controle pode ser configurado como um diferencial de pressão ou um valor fixo da válvula controladora, respeitando também os valores contratuais quando existirem.

No cálculo da capacidade contratada de transporte, o valor da condição de pressão que deve ser utilizado é o da pressão máxima contratual, que não pode ser maior que a PMOA do duto a jusante da válvula de controle.

Para a válvula de controle de vazão, a condição de contorno ajustada é a vazão e deve ser limitada ao valor máximo contratual, sem infringir os valores máximos e mínimos de projeto.

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-012**REV. **A****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 14 de 16**TÍTULO:**

Metodologia para Cálculo de Capacidade

-

-

Na Tabela 5 são listadas as condições de contorno para as válvulas de controle de vazão e pressão.

Tabela 5 - Resumo das condições de contorno para as válvulas de controle

Válvula de controle	Condição de contorno	
	Capacidade de transporte	Capacidade contratada de transporte
Pressão	Pressão = PMOA	Pressão = Pressão máxima contratual
Vazão	Vazão = Vazão máxima de projeto	Vazão = Vazão máxima contratual

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-012**REV. **A****PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS****FOLHA** 15 de 16**TÍTULO:**

Metodologia para Cálculo de Capacidade

-

-

ANEXO B**MARGEM OPERACIONAL**

Como discutido na referência 2.4, se um gasoduto estiver operando com um empacotamento mínimo (pulmão igual a zero), não será possível acomodar qualquer variação para maior nas vazões dos pontos de entrega ou oscilações operacionais nos equipamentos. Nesse caso, as pressões nos pontos de entrega iriam para valores abaixo dos contratados, caracterizando falha na entrega. Com um pulmão diferente de zero, parte do volume de gás do pulmão pode ser temporariamente adicionado aos valores já disponibilizados nos pontos de entrega, considerando os limites operacionais desses pontos. Logo, o pulmão garante a flexibilidade operacional do sistema, ou seja, variações no recebimento, nos pontos de entrega ou em equipamentos podem ser acomodadas temporariamente pelo volume de gás do pulmão. Quanto maior o pulmão, maior a flexibilidade do sistema, e o pulmão máximo representa a máxima flexibilidade do sistema.

Quando o sistema está operando na capacidade de transporte, isso é, com a capacidade contratada igual à capacidade de transporte, o estoque operacional e o mínimo serão iguais. Por definição o pulmão será igual a zero e o sistema não disporá de flexibilidade.

Deve-se observar que embora exista uma vazão contratual máxima para os pontos de entrega, elas podem variar de acordo com a programação mensal ou diária definida pelo carregador. Além disso, a soma das vazões realizadas nos pontos de entrega não necessariamente corresponde à soma das vazões dos pontos de recebimento, condição tipicamente definida como desequilíbrio operacional. Por outro lado, a operação do gasoduto depende de equipamentos que apresentam flutuações operacionais e que estão sujeitos a falha.

Logo, a margem operacional representa uma parcela da capacidade de transporte necessária para acomodar as variações operacionais decorrentes do desequilíbrio (situação gerada pelo carregador), das mudanças das configurações operacionais para atender a programação e da confiabilidade da rede de transporte (essas duas últimas de responsabilidade do transportador). No entanto, a introdução de uma margem operacional para dar flexibilidade ao sistema de transporte afeta diretamente a capacidade disponível.

Segundo modelo desenvolvido na Europa (GTE (Gas Transmission Europe) report, 10/07/2003, "Definition of available capacities at cross-border point in liberalized markets), é definida a Capacidade Disponível como sendo a diferença entre a máxima capacidade operacional (Capacidade de Transporte) e a capacidade operacional, sendo esta a necessária para atender a Capacidade Contratada e uma margem operacional que garanta uma operação eficiente, conforme representado na Figura 1.

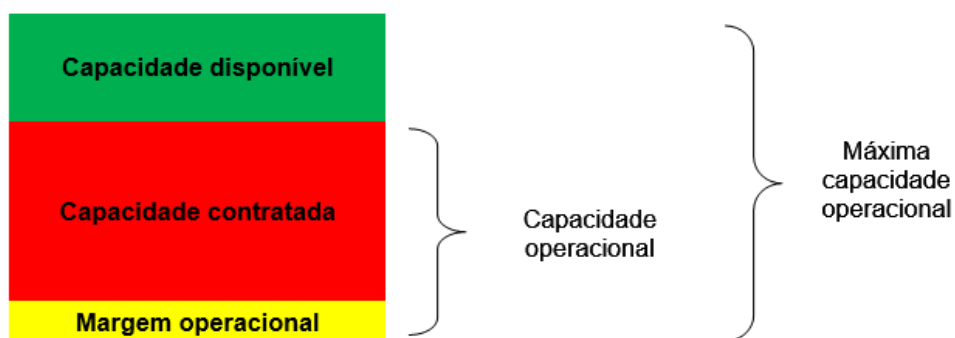


Figura 1 – Composição da máxima capacidade operacional

Deve-se observar que essa referência considera que a Capacidade Contratada inclui todos os compromissos contratuais. Assim, além do atendimento aos valores de vazão explicitamente contratados, outras garantias contratuais dadas pelo transportador ao carregador, como o percentual de desequilíbrio, também devem ser considerados como parte integrante da Capacidade Contratada. Logo, a Margem Operacional deve ser dimensionada para todas essas variáveis. Fisicamente, a Margem Operacional é representada por um volume de gás estocado no duto (estoque estratégico) que fornecerá a flexibilidade necessária para uma operação segura e confiável.

Uma adaptação do modelo europeu é apresentada na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, onde a Capacidade de Transporte é uma capacidade técnica, que deve ser entendida como a vazão máxima que pode ser transportada para um ponto de entrega quando aplicada a metodologia de cálculo de capacidade, sem considerar fatores como flexibilidade e confiabilidade, que podem diminuir tal Capacidade de Transporte.

A Capacidade Comercial é aquela que pode ser motivo de contrato e é obtida quando a Margem Operacional é retirada da Capacidade de Transporte. Quando somente uma parte da Capacidade Comercial está contratada, a diferença entre as duas representa a Capacidade Disponível.