

 anp <small>Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis</small>	RELATÓRIO		Nº: RL-ANP-FPL-001		
	CLIENTE: ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS				FOLHA 1 de 12
	PROGRAMA: Modelo Teórico e Computacional para Avaliação de Capacidade de Gasodutos				-
	CONTRATO Nº: 4.023/12-ANP-015.372				-
	TÍTULO: Plano de Trabalho				-

Faculdades Católicas – PUC-Rio – SIMDUT									
ÍNDICE DE REVISÕES									
REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS								
0	EMISSÃO ORIGINAL								
A	Acerto de conteúdo								
B	Revisão da Tabela 2 do item 8.1; revisão do item 8.3; inclusão do item 8.4								
C	Ajuste de datas do plano								
D	Ajuste de datas do plano de trabalho								

	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E	REV. F	REV. G	REV. H
DATA	14/09/2012	27/09/2012	28/12/2012	19/04/2012	14/05/2013				
PROJETO	ANP	ANP	ANP	ANP	ANP				
EXECUÇÃO	LPires	LPires	LPires	LPires	LPires				
VERIFICAÇÃO	CVB	CVB	CVB	CVB	CVB				
APROVAÇÃO	PKrause	PKrause	PKrause	PKrause	PKrause				

AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA ANP, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-001**

REV. D

PROGRAMA: Modelo Teórico e Computacional para Avaliação de Capacidade de Gasodutos

FOLHA 2 de 12

TÍTULO:

Plano de Trabalho

-

-

ÍNDICE

1	OBJETIVO	3
2	DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO.	3
2.1	CARACTERIZAÇÃO DOS CONCEITOS DE CAPACIDADE DE GASODUTOS	3
2.2	ESTUDO DAS CONDIÇÕES DE CONTORNO PARA O CÁLCULO DE CAPACIDADE	4
2.3	DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS PARA O CÁLCULO DE CAPACIDADE DE TRANSPORTE COM A MALHA INTEGRADA OU COM O GASODUTO SEGREGADO.	4
2.4	DEFINIÇÃO DA INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS UTILIZADOS NO MODELO DE CÁLCULO DA CAPACIDADE.	5
2.5	APRESENTAÇÃO DE UMA METODOLOGIA PARA PADRONIZAÇÃO DO CÁLCULO	6
2.6	DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS PARA PROGRAMAS DE SIMULAÇÃO	6
2.7	INDICADORES RELACIONADOS À AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE	6
2.8	CONFECÇÃO DOS MODELOS DE SIMULAÇÃO TERMO-HIDRÁULICA DE GASODUTOS PARA CÁLCULO DE CAPACIDADE.	6
2.9	PASSAGEM DE CONHECIMENTO	6
3	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	7
4	MANUTENÇÃO	7
5	EQUIPE TÉCNICA	7
6	REUNIÕES DE TRABALHO E COMUNICAÇÃO ENTRE AS PARTES	8
7	BIBLIOGRAFIA	8
8	CRONOGRAMA	9
8.1	DATAS DOS PRODUTOS	9
8.2	DADOS DOS GASODUTOS	10
8.3	REUNIÕES PÚBLICAS	10

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-001**

REV. D

PROGRAMA: Modelo Teórico e Computacional para Avaliação de Capacidade de Gasodutos

FOLHA 3 de 12

TÍTULO:

Plano de Trabalho

-

-

1 OBJETIVO

Definição do plano de trabalho para desenvolvimento do projeto.

2 DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO.

O projeto será dividido nas seguintes etapas:

2.1 Caracterização dos conceitos de capacidade de gasodutos

A caracterização dos conceitos de capacidade de gasodutos será 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

2.1.1 Fundamentação Teórica para o Cálculo de Capacidade

A fundamentação teórica para o cálculo das capacidades de gasodutos (transporte, disponível e ociosa) será desenvolvida pelo SIMDUT/PUC e apresentada para avaliação pela ANP.

Pretende-se realizar uma análise da experiência nacional e internacional no cálculo da capacidade, em especial de países como Estados Unidos da América, Portugal, Alemanha, Dinamarca, Argentina, Índia e Austrália.

A proposição de conceito inicial de capacidade para o caso brasileiro será elaborada pelo SIMDUT/PUC considerando, em um primeiro momento, um gasoduto de transporte que não se encontra interconectado a uma rede de transporte. A verificação da aplicabilidade desta conceituação ocorrerá por meio de estudo de caso, a ser definido entre as partes. Comprovada a aplicabilidade, a mesma será verificada para o caso de gasodutos interligados em malha (rede).

2.1.2 Conceito Consolidado de Cálculo de Capacidade

Numa segunda etapa, 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 consolidará o conceito final de capacidade, detalhando todas as limitações e

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-001**

REV. D

PROGRAMA: Modelo Teórico e Computacional para Avaliação de Capacidade de Gasodutos

FOLHA 4 de 12

TÍTULO:

Plano de Trabalho

-

-

pressupostos considerados a partir da análise do caso real brasileiro, para a aprovação da ANP.

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

2.2 Estudo das condições de contorno para o cálculo de capacidade

Nessa etapa serão estudadas e definidas as condições de contorno que promovam a aderência regulatória da metodologia de cálculo de capacidade. Os conceitos desenvolvidos serão avaliados em modelos de simulação numérica, baseados em gasodutos simplificados, de forma que os parâmetros possam ser avaliados de forma isolada. Os seguintes aspectos serão abordados:

2.2.1 Pressões máximas operacionais dos dutos

2.2.2 Ajustes operacionais das válvulas de controle

2.2.3 Condições de vazão, pressão e temperatura dos pontos de suprimento de gás natural

2.2.4 Condições de vazão, pressão e temperatura dos pontos de entrega de gás natural

2.2.5 Configuração das estações de compressão, observando em especial

- Modelagem genérica ou detalhada das estações
- Modelagem dos acionadores, calculando o gás consumido
- Limites operacionais de potência, vazão, rotação, *surge* e *stonewall*

2.2.6 Estudo da influência no cálculo da capacidade da análise em regime permanente ou transiente, considerando os perfis de consumo dos pontos de entrega

2.2.7 Estudo da influência no cálculo de capacidade dos critérios para o cálculo do estoque estratégico para garantia operacional da malha e/ou gasodutos

Outros parâmetros podem ser considerados ao longo do trabalho, em especial os contratuais.

2.3 Definição dos requisitos para o cálculo de capacidade de transporte com a malha integrada ou com o gasoduto segregado.

A lei estabelece que a capacidade deve ser declarada para o duto. Porém, a maioria dos gasodutos nacionais não opera de forma isolada. A operação do sistema é realizada considerando a rede como um todo, onde num determinado duto, ou trecho de duto, o gás que por ali é transportado pode ser proveniente de outro gasoduto e, conseqüentemente, a operação de um interfere no outro. Nesse ponto será consolidado o estudo a respeito da

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-001**

REV. D

PROGRAMA: Modelo Teórico e Computacional para Avaliação de Capacidade de Gasodutos

FOLHA 5 de 12

TÍTULO:

Plano de Trabalho

-

-

possibilidade, ou não, de se segregar um duto ou trecho de duto para avaliação da capacidade e os procedimentos para tal.

2.4 Definição da influência de parâmetros utilizados no modelo de cálculo da capacidade.

Nesta etapa do trabalho será estudada a influência sobre a capacidade de transporte dos dutos dos diversos parâmetros físicos que determinam as características do escoamento. Os parâmetros a serem estudados estão relacionados a seguir.

2.4.1 Influência da geometria do gasoduto, observando em especial:

- Detalhamento do perfil de elevação
- Localização dos pontos de entrega
- Localização das estações de compressão
- Detalhamento da espessura do duto
- Estimativa da incerteza na capacidade produzida por cada parâmetro estudado

2.4.2 Influência da correlação utilizada para cálculo do coeficiente de atrito, observando em especial:

- Incerteza na rugosidade
- Procedimento para cálculo baseado em valores operacionais
- Ajuste da rugosidade ou da “eficiência” do duto
- Estimativa da incerteza na capacidade produzida por cada parâmetro estudado

2.4.3 Influência da equação de estado utilizada, observando em especial:

- Equação de estado: SAREM, BWRS, Peng-Robinson, AGA, etc
- Utilização da composição simplificada ou detalhada do gás
- Utilização da composição detalhada do gás com *tracking* da composição
- Estimativa da incerteza na capacidade produzida por cada parâmetro estudado

2.4.4 Influência da correlação utilizada para variação da viscosidade com temperatura em comparação com a utilização de viscosidade constante:

- Estimativa da incerteza na capacidade produzida por cada parâmetro estudado

2.4.5 Influência dos parâmetros utilizados na equação da energia

- Cálculo isotérmico ou não isotérmico
- Utilização de um coeficiente global de troca de calor
- Transferência de calor radial: perfil de temperatura do solo
- Estimativa da incerteza na capacidade produzida por cada parâmetro estudado

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-001**REV. **D**

PROGRAMA: Modelo Teórico e Computacional para Avaliação de Capacidade de Gasodutos

FOLHA **6** de **12**

TÍTULO:

Plano de Trabalho

-

-

2.5 Apresentação de uma metodologia para padronização do cálculo

Nessa etapa será apresentada uma metodologia para padronização do cálculo de capacidade de transporte, bem como do formato de relatório que deverá acompanhar a sua publicação pelos transportadores.

O procedimento proposto de cálculo de capacidade de transporte deve abranger os diferentes cenários que sejam identificados como relevantes para o cálculo da capacidade do gasoduto (de transporte, disponível e ociosa), levando em conta tanto aspectos operacionais (inclusive a integridade do sistema) quanto aspectos contratuais.

2.6 Definição dos requisitos para programas de simulação

Nessa etapa serão definidos os requisitos mínimos de programas de simulação termo-hidráulica de gasodutos para a utilização em cálculos de capacidade de transporte.

2.7 Indicadores relacionados à avaliação de capacidade

Nessa etapa, serão sugeridos indicadores relacionados à capacidade de transporte para permitir uma avaliação preliminar rápida da situação operacional de um determinado gasoduto.

2.8 Confeção dos modelos de simulação termo-hidráulica de gasodutos para cálculo de capacidade.

Nessa etapa serão confeccionados os modelos de simulação termo-hidráulica de gasodutos para cálculo de capacidade. Estes modelos incluirão todos os gasodutos nacionais de transporte que estiverem em operação no início da execução do projeto, bem como novos gasodutos e modificações em gasodutos existentes (ex. novos pontos de entrega, estações de compressão, etc.), que tiverem sua operação autorizada pela ANP até o prazo final de execução deste item, conforme previsto no cronograma em anexo. As informações necessárias para esta tarefa, como geometria, limites operacionais, composição dos gases, etc, deverão ser disponibilizadas pela ANP. O início da execução de modelagem de cada malha ou gasoduto fica condicionado ao recebimento destas informações.

A PUC Rio irá adquirir uma licença do software de simulação e irá disponibilizar um *notebook* para que a ANP possa consultar os modelos elaborados de acordo com a metodologia de cálculo de capacidade, objeto do contrato. A ANP terá acesso ao *notebook* e aos modelos desenvolvidos durante todo o período contratual.

2.9 Passagem de conhecimento

Nessa etapa será realizado um processo de passagem de conhecimento para utilização dos modelos. Esta atividade será realizada em duas etapas. Na primeira, com carga horária de

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-001**REV. **D**

PROGRAMA: Modelo Teórico e Computacional para Avaliação de Capacidade de Gasodutos

FOLHA **7** de **12**

TÍTULO:

Plano de Trabalho

-

-

24h, serão informados os procedimentos para utilização do programa de simulação termo-hidráulica de gasodutos. Na segunda etapa, com carga horária de 36h, serão utilizados os modelos para o cálculo de capacidade desenvolvidos para o programa de simulação.

3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados desse objetivo serão apresentados em relatórios técnicos compreendendo os itens apresentados na Tabela 1 de acordo com o cronograma apresentado em anexo. Ao final do trabalho será apresentado um relatório resumindo todos os resultados obtidos.

Tabela 1: Formato de apresentação dos resultados

2.1 Caracterizar o conceito de capacidade	
Desenvolvimento do plano de trabalho	Relatório
Conceito de Capacidade: definição inicial	Relatório
Conceito de capacidade: definição consolidada	Relatório
2.2 Estabelecer as condições de contorno	Relatório
2.3 Requisitos para o cálculo com a malha ou gasoduto segregado	Relatório
2.4 A influência das configurações utilizadas no modelo de cálculo	Relatório
2.5 Apresentação de uma metodologia para cálculo de capacidade	Relatório
2.6 Definição de requisitos para programa de simulação	Relatório
2.7 Indicadores para capacidade	Relatório
2.8 Confeccção dos modelos de simulação	Arquivos
2.9 Passagem de informação	Reuniões
Manutenção das malhas	Atualizações

Os modelos confeccionados para o simulador termo-hidráulico de gasodutos serão entregues em arquivos eletrônicos e será disponibilizado o acesso às ferramentas necessárias ao uso desses arquivos.

4 MANUTENÇÃO

Até o término do contrato, a ANP poderá solicitar ao SIMDUT ajustes e atualizações dos modelos de simulação confeccionados, tendo em vista as alterações que ocorram na malha de gasodutos do país.

5 EQUIPE TÉCNICA

A equipe técnica responsável pelo desenvolvimento do trabalho será formada por:

- Luis Fernando A. Azevedo, Eng. Mec. PhD

lfaa@puc-rio.br

Coordenador

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-001**

REV. D

PROGRAMA: Modelo Teórico e Computacional para Avaliação de Capacidade de Gasodutos

FOLHA 8 de 12

TÍTULO:

Plano de Trabalho

- Luis Fernando Gonçalves Pires, Eng. Mec. DSc

lpires@simdut.com.br

Gerência de Projeto e executor

- Marcelo Varejão Casarim, Eng. Mec.

mvarrejao@simdut.com.br

Executor

- Philipe Krause, Eng. Mec. MSc

pkrause@simdut.com.br

Executor

- Claudio Veloso Barreto, Eng. Mec. MSc

cveloso@simdut.com.br

Executor

6 REUNIÕES DE TRABALHO E COMUNICAÇÃO ENTRE AS PARTES

A reuniões de trabalho, com presença das equipes técnicas da PUC e da SCM, deverão ocorrer:

- i) pelo menos uma vez a cada 30 dias, em data a ser acordada entre as partes; e
- ii) poderão ser realizadas nas instalações da PUC, para melhor acompanhamento do desenvolvimento das atividades;

A ANP deverá informar um email de grupo que deverá ser adotado em todas as trocas de informações por meio eletrônico relativas ao contrato.

7 BIBLIOGRAFIA

Abaixo são apresentadas algumas referências bibliográficas, entre outras, que poderão servir de base para o estudo.

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

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

Chris Cuijpers and Dominique Woitrin, “*Network interconnectivity and capacity reservation behaviour: an investigation of the Belgian gas transmission network*”, 7th Conference on Applied Infrastructure Research, Berlin, 10-11 October 2008

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-001**REV. **D**

PROGRAMA: Modelo Teórico e Computacional para Avaliação de Capacidade de Gasodutos

FOLHA **9** de **12**

TÍTULO:

Plano de Trabalho

-

-

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

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 CRONOGRAMA

8.1 Datas dos produtos

O cronograma para o desenvolvimento do projeto está apresentado na figura abaixo, considerando a assinatura do contrato no dia 30/08/2012. Deve-se destacar as seguintes datas apresentadas na Tabela 2:

Tabela 2: Datas de entrega de produtos para revisão e final

Item	Atividade	Data de entrega versão preliminar	Entrega para revisão	Data de entrega documento
2.1	Caracterização dos conceitos de capacidade de gasodutos			
	Desenvolvimento do plano de trabalho		20/09/2012	27/09/2012
2.1.1	Fundamentação Teórica para o Cálculo de Capacidade		23/11/2012	29/11/2012
2.1.2	Conceito Consolidado de Cálculo de Capacidade	06/05/2013	17/05/2013	24/05/2013
2.4	Definição da influência dos parâmetros utilizados no modelo de cálculo de capacidade	12/07/2013	19/07/2013	26/07/2013
2.2	Estudo das condições de contorno para o cálculo de capacidade	15/08/2013	6/9/2013	13/09/2013
2.3	Definição dos requisitos para o cálculo de capacidade de transporte com a malha integrada ou com gasoduto segregado	23/10/2013	6/11/2013	13/11/2013
2.5	Apresentação de uma metodologia para padronização do cálculo	29/11/2013	6/12/2013	11/12/2013
2.6	Definição dos requisitos para programas de simulação	12/07/2013	19/07/2013	26/07/2013
2.7	Indicadores relacionados à avaliação de capacidade	15/08/2013	6/9/2013	13/09/2013
2.8	Confecção dos modelos de simulação termo-hidráulica de gasodutos para o cálculo de capacidade	23/10/2013	22/11/2013	29/11/2013
2.9	Passagem de conhecimento			20/12/2013
	Manutenção das malhas			21/08/2015

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-001**

REV. D

PROGRAMA: Modelo Teórico e Computacional para Avaliação de Capacidade de Gasodutos

FOLHA 10 de 12

TÍTULO:

Plano de Trabalho

-

-

8.2 Dados dos gasodutos

Para a confecção dos modelos dos gasodutos, os seguintes dados de todos os gasodutos da malha brasileira serão necessários:

- Características físicas do gasoduto (diâmetro, espessuras, PMOA e perfil de elevação, características do solo, temperatura média, etc);
- Informações na forma preferencial de folha de dados dos equipamentos do gasoduto (válvulas, SDVs, etc)
- Informações na forma preferencial de folha de dados dos compressores e dos acionadores (com as curvas características);
- Características físicas do fluido de trabalho;
- Localização dos pontos de fornecimento e entrega de produto;
- Volumes operacionais e restrições contratuais dos pontos de fornecimento e retirada.

Como definido pelo contrato, esses dados deverão ser passados a PUC pela ANP. A data de início dessa atividade é 27/05/2013. Porém, para que isso seja possível, os dados deverão ser tratados, filtrados e identificadas possíveis faltas. Para isso será necessário que os dados estejam disponíveis até 25/02/2013, nada impedindo que a ANP disponibilize essas informações antes dessa data.

8.3 Reuniões Públicas

Tendo em vista que para a definição final do conceito de capacidade, estão previstas reuniões públicas, são sugeridas duas datas:

- 01/02/2013: Primeira reunião para apresentação de resultados consolidados
- 07/06/2013: Segunda reunião para apresentação dos resultados finais

8.4 Eventos para Faturamento

Tendo em vista compatibilizar os produtos e eventos apresentados nas Tabelas 1 e 2, o faturamento de cada etapa prevista no contrato será realizado após a aceitação dos produtos de acordo com a Tabela 3.

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-001**REV. **D****PROGRAMA:** Modelo Teórico e Computacional para Avaliação de Capacidade de Gasodutos**FOLHA** 11 de 12**TÍTULO:****Plano de Trabalho**

-

-

Tabela 3: Valor de cada Etapa

Atividade	Valor
Desenvolvimento do Plano de Trabalho	R\$ 18,000.00
2.1.1 Caracterizar o conceito de capacidade: definição inicial	R\$ 46,708.48
2.1.2 Caracterizar o conceito de capacidade: definição consolidada	R\$ 46,708.48
2.4 Influência de parâmetros utilizados no modelo de simulação e 2.6 Definição dos requisitos para os programas de simulação	R\$ 58,955.68
2.2 Estudo das condições de contorno e 2.7 Indicadores relacionados à avaliação de capacidade	R\$ 32,767.63
2.3 Requisitos para o cálculo com a malha ou gasoduto segregado e 2.5 Apresentação de uma metodologia para cálculo de capacidade	R\$ 30,000.00
2.8 Confeção dos modelos de simulação para cálculo de capacidade	R\$ 58,253.56
2.9 Passagem de informação	R\$ 21,626.17
Manutenção	R\$ 42,000.00
Manutenção	R\$ 42,000.00



RELATÓRIO

Nº **RL-ANP-FPL-001**

REV. **D**

PROGRAMA: Modelo Teórico e Computacional para Avaliação de Capacidade de Gasodutos

FOLHA 12 de 12

TÍTULO: **Plano de Trabalho**

