


**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-043**REV. **A****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 2 de 13**TÍTULO:** Documentação do Modelo de Simulação do Ramal Atalaia II e do gasoduto Atalaia-Laranjeiras

-

-

ÍNDICE

1	OBJETIVO	3
2	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	3
3	DESCRIÇÃO GERAL DO MODELO	3
4	PREMISSAS DE CÁLCULO	4
4.1	CONDIÇÕES DE REFERÊNCIA	4
4.2	MODELO DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR	5
4.3	TEMPERATURA DO SOLO	5
4.4	CORRELAÇÕES ADOTADAS	5
4.5	SOFTWARE UTILIZADO	5
4.6	CARACTERÍSTICAS DO GÁS	5
4.7	TEMPERATURA AMBIENTE	5
4.8	VISCOSIDADE	6
5	CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS DE GASODUTOS	6
5.1	DIÂMETRO, ESPESSURA E PMOA	6
5.2	PERFIL ALTIMÉTRICO	6
5.3	RUGOSIDADE	7
5.4	ESTAÇÕES DE REDUÇÃO DE PRESSÃO (ERP)	7
5.5	PONTOS DE ENTREGA (PTE)	7
5.6	PONTOS DE RECEBIMENTO (PTR)	8
6	CONDIÇÕES DE CONTORNO	8
6.1	PERFIL DE CONSUMO	8
6.2	MÁXIMA PRESSÃO ADMISSÍVEL DE OPERAÇÃO	8
6.3	PRESSÃO DE ENTREGA NOMINAL CONTRATUAL	8
7	RESULTADOS DA SIMULAÇÃO	8
8	ANEXOS	10
8.1	“STEADY STATE REPORT” DO MODELO	10

	RELATÓRIO	Nº RL-ANP-FPL-043	REV. A
	PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS		FOLHA 3 de 13
	TÍTULO: Documentação do Modelo de Simulação do Ramal Atalaia II e do gasoduto Atalaia-Laranjeiras		-

1 OBJETIVO

Documentar as informações necessárias para a criação dos modelos computacionais de parte da rede de gasodutos denominada pelo Transportador como malha Nordeste Meridional, composta pelo Ramal Atalaia II e pelo gasoduto Atalaia-Laranjeiras (GAL) e apresentar as características físicas e valores limite de projeto dos diversos elementos que compõem os modelos de simulação termo-hidráulica. Permitindo, assim, a reprodutibilidade do modelo por qualquer interessado.

O modelo foi criado para o programa de simulação *PipelineStudio* versão 3.4.1.0 da *Energy Solutions*.

2 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA


Os documentos técnicos codificados utilizados como referência para elaboração do Relatório são:

- 2.1. RL-ANP-FPL-012_Rev.A – Metodologia para Cálculo de Capacidade
- 2.2. RL-ANP-FPL-007_Rev.A – Análise da Influência de Parâmetros Utilizados no Modelo de Cálculo da Capacidade
- 2.3. MO-5TP-00092-A – Manual de Operação do gasoduto Atalaia Laranjeiras e do Ramal Atalaia II
- 2.4. DE-877.1-374.080-BOP-01 a 28 – Perfil do Gasoduto Atalaia Laranjeiras
- 2.5. Processo ANP nº 48610.010500/2012-40
- 2.6. RL-ANP-FPL-044_RA - Cálculo de Capacidade do Ramal Atalaia II e do gasoduto Atalaia-Laranjeiras

3 DESCRIÇÃO GERAL DO MODELO

A rede de gasodutos denominada pelo Transportador como malha Nordeste Meridional foi composta por vários modelos, de acordo com a metodologia apresentada na referência 2.1. Ela se liga a malha Nordeste Setentrional no PTR de Pilar e a do Espírito Santo no PTR de Cacimbas. O modelo em questão se refere ao Ramal Atalaia II e ao Gasoduto Atalaia-Laranjeiras.

De acordo com a referência 2.3, o Ramal Atalaia II foi construído em 2009 e começou a operar em 2010. O Ramal Atalaia II tem diâmetro nominal de 14 polegadas, 1,077 km de extensão e está localizado no estado de Sergipe, transportando gás natural da UPGN Atalaia-SE até a Estação de Distribuição de Gás (EDG) Atalaia.

	RELATÓRIO	Nº RL-ANP-FPL-043	REV. A
	PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS		FOLHA 4 de 13
	TÍTULO: Documentação do Modelo de Simulação do Ramal Atalaia II e do gasoduto Atalaia-Laranjeiras		-

Na EDG Atalaia, o Ramal Atalaia II transfere o gás natural para o gasoduto Atalaia-Laranjeiras (GAL), que possui o mesmo diâmetro nominal que o Ramal, ou seja, 14 polegadas. O Gasoduto Atalaia-Laranjeiras foi construído em 1980 e começou a operar em 1981. O GAL também está localizado inteiramente no estado de Sergipe, com extensão de 28 km. Esses dois gasodutos juntos interligam a UPGN-Atalaia até a FAFEN-SE, por meio da EDG Atalaia, possibilitando, assim, o transporte de gás natural entre as duas unidades. Uma visão geral do sistema está apresentada na Figura 1.

O modelo de simulação desenvolvido compreende todos os dutos e ramais existentes no sistema. Para o desenvolvimento do modelo foi utilizado o programa comercial Pipeline Simulator da EnergySolutions Inc, versão 3.4.1.0. A representação gráfica do modelo está apresentada na Figura 2.

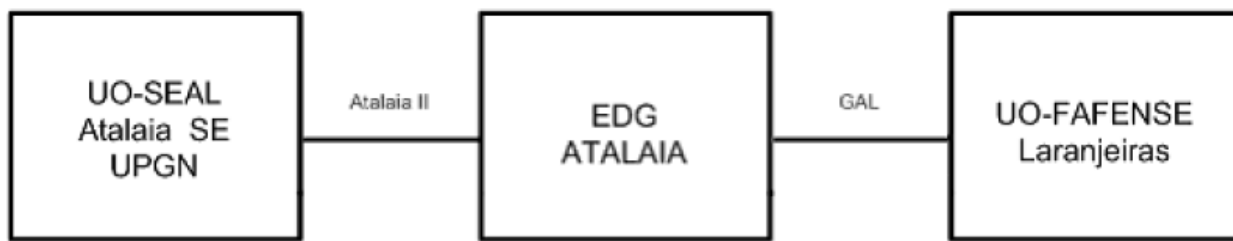


Figura 1 – Visão geral da rede modelada

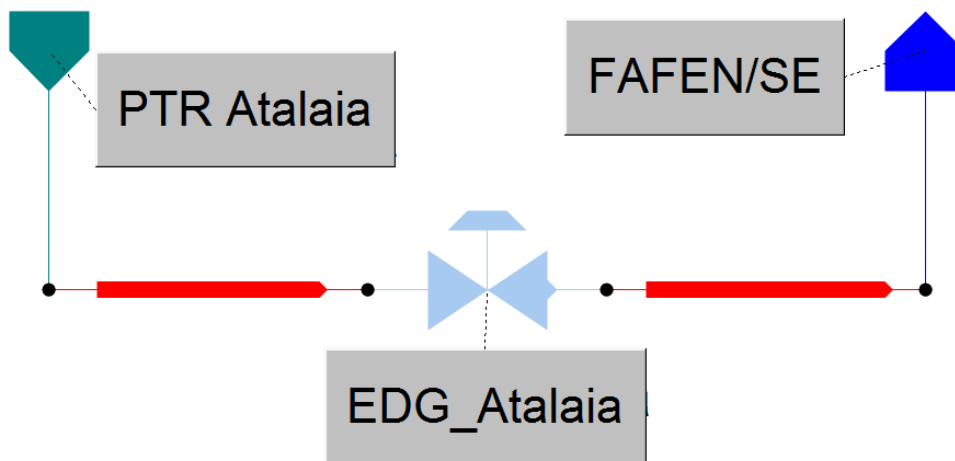


Figura 2 – Fluxograma do modelo

4 PREMISSAS DE CÁLCULO

4.1 Condições de Referência

As vazões volumétricas apresentadas neste relatório utilizam os seguintes valores de pressão e temperatura como referência.

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-043**REV. **A****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 5 de 13**TÍTULO:** Documentação do Modelo de Simulação do Ramal Atalaia II e do gasoduto Atalaia-Laranjeiras

-

-

- Pressão: 1 atm
- Temperatura: 20°C

4.2 Modelo de transferência de calor

- Coeficiente global de transferência de calor solo-tubo: 1,9 Kcal/hm²°C (valor arbitrado, não disponível nos documentos de referência)

4.3 Temperatura do solo

- 30°C (Valor arbitrado, não disponível nos documentos de referência)

4.4 Correlações Adotadas

De forma a seguir as orientações gerais para construção de modelos de simulação computacional de gasodutos apresentadas na referência 2.2, as seguintes correlações foram adotadas:

- Equação de Estado: BWRS
- Fator de Atrito: Colebrook

4.5 Software utilizado

- Pipeline Studio versão 3.4.1.0

4.6 Características do Gás

As composições apresentadas na Tabela 1 são referentes ao mês de janeiro de 2015 e foram obtidas a partir dos sumários estatísticos dos Certificados de Qualidade do Gás (Ref. 2.5).

Tabela 1 – Composição do Gás Natural

Fonte	Atalaia
C1	86,99
C2	8,33
C3	0,1
C4	0
N2	1,7
CO2	2,88

4.7 Temperatura ambiente

- O valor de temperatura do solo adotado para todo o modelo foi de 30 °C (Valor arbitrado, não disponível nos documentos de referência)

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-043**REV. **A****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 6 de 13**TÍTULO:** Documentação do Modelo de Simulação do Ramal Atalaia II e do gasoduto Atalaia-Laranjeiras

-

-

4.8 Viscosidade

- Dado não disponível nos documentos de referência, utilizou-se a equação para cálculo de viscosidade LGE (referência 2.2)

5 CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS DE GASODUTOS**5.1 Diâmetro, Espessura e PMOA**

A Tabela 2 apresenta a simplificação dos dutos utilizada nos modelos de simulação, de acordo com cada trecho de duto. Foram ignoradas as variações de espessura devido a trechos alagados e passagens de rios para simplificar a elaboração do modelo, sem afetar significativamente o resultado das simulações. As referências utilizadas para a modelagem dos trechos de dutos foram 2.3 e 2.4. A espessura do gasoduto GAL é uma espessura média, devido ao grande número de variações de espessura no traçado.

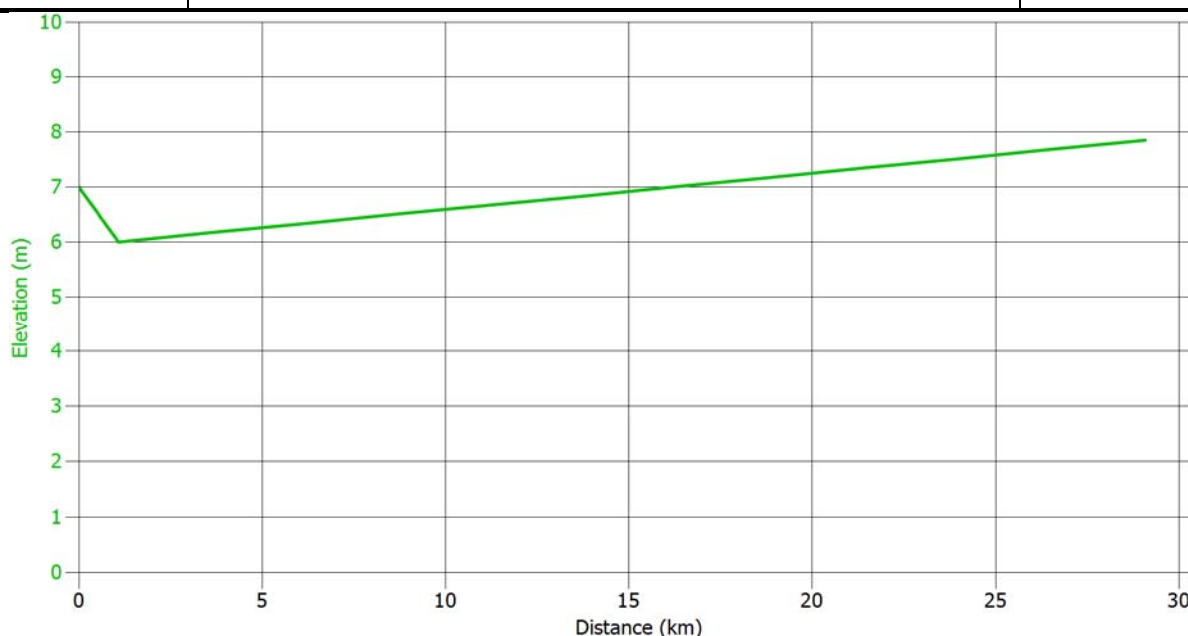
Tabela 2 – Dutos do Sistema

Duto	Comprimento (km desenvolvido)	Diâmetro Nominal (pol)	Espessura (pol)	PMOA (kgf/cm²)
Ramal Atalaia	1,08	14	0,219	35
GAL	28	14	0,281	33

Nesse documento, as localizações e extensões, expressas em km, referem-se ao comprimento desenvolvido (real), salvo quando disposto em contrário.

5.2 Perfil Altimétrico

O perfil do gasoduto em estudo se encontra a seguir. Este perfil foi simplificado para atender ao modelo de simulação, priorizando o tempo computacional e respeitando principalmente as mudanças de espessura pertinentes ao modelo. Não foram modeladas passagens de rios e situações similares. O perfil levantado foi baseado nas referências 2.3 e 2.4.

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-043**REV. **A****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 7 de 13**TÍTULO:** Documentação do Modelo de Simulação do Ramal Atalaia II e do gasoduto Atalaia-Laranjeiras**Figura 3 - Perfil de elevação do Ramal Atalaia II e do GAL**

5.3 Rugosidade

Tendo em vista o tempo de operação dos dutos e a falta de um valor disponível nos documentos de referência, adotou-se por hipótese e com base na referência 2.2, o valor de 0,04572 mm para todos os gasodutos.

5.4 Estações de Redução de Pressão (ERP)

De acordo com a referência 2.3, o Ramal Atalaia II possui um valor de PMOA maior que o GAL. Sendo assim, existe uma quebra de pressão na EDG Atalaia para a PMOA do GAL, de 33 kgf/cm². Não há maiores informações sobre as válvulas utilizadas para realizar essa redução de pressão.

5.5 Pontos de Entrega (PTE)

A Tabela 3 apresenta a localização, em relação ao gasoduto, e os limites de projeto dos pontos de entrega do sistema, de acordo com as referências 2.3, 2.4 e 2.5

Tabela 3 – Pontos de Entrega

Ponto de Entrega (PTE)	Linha tronco	Localização na linha tronco (km desenvolvido)	Elevação (m)	Vazão Máxima (m ³ /d)	Pressão Mínima (kgf/cm ²)
FAFEN/SE	GAL	28	7.85	1.500.000	22

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-043**REV. **A****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 8 de 13**TÍTULO:** Documentação do Modelo de Simulação do Ramal Atalaia II e do gasoduto Atalaia-Laranjeiras

-

-

5.6 Pontos de recebimento (PTR)

O sistema possui um único ponto de recebimento que atende a este sistema, o PTR Atalaia I. Para este caso, foi utilizada como condição de contorno apenas a pressão máxima do Ramal Atalaia II, que é de 35 kgf/cm², de acordo com a referência 2.3.

6 CONDIÇÕES DE CONTORNO**6.1 Perfil de Consumo**

A Tabela 4 apresenta a distribuição de demanda nos pontos de entrega utilizada no modelo. Os valores apresentados representam a média diária do mês de janeiro de 2015, conforme apresentado em <http://tag.petrobras.com.br/> > Informações à ANP.

Tabela 4 - Perfil de Consumo

Pontos de Entrega	Vazão Média Jan/15 (m3/d)
FAFEN/SE	889.470

6.2 Máxima Pressão Admissível de Operação

A PMOA do sistema pode ser observada na Tabela 2.

6.3 Pressão de Entrega Nominal Contratual

A Tabela 3, apresentada no item 5.5, apresenta as pressões mínimas de cada ponto de entrega, de acordo com a referência 2.3.

7 RESULTADOS DA SIMULAÇÃO

A pressão no ponto de entrega está apresentada na Tabela 5. A distribuição de pressão e vazão da linha tronco para a condição média de janeiro de 2015 é apresentada na Figura 4.

Deve-se ressaltar que os resultados das simulações que detalham as capacidades de transporte e disponível encontram-se na referência 2.6.

Tabela 5 - Pressão no PTE

PTE	Localização na linha tronco (km)	Elevação (m)	Pressão (kgf/cm ²)
FAFEN/SE	28,00	7,85	31,40



RELATÓRIO

Nº **RL-ANP-FPL-043**

REV. **A**

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

FOLHA **9** de **13**

TÍTULO: Documentação do Modelo de Simulação do Ramal Atalaia II e do gasoduto Atalaia-Laranjeiras

-

-

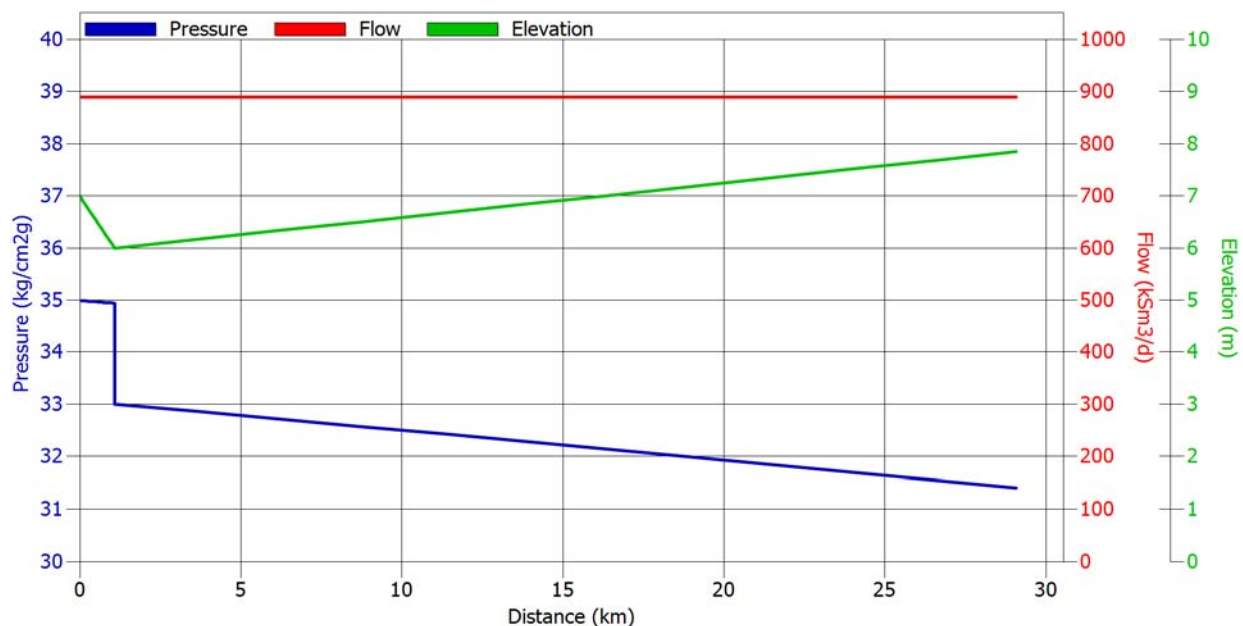


Figura 4 – Perfil de pressão, vazão e elevação



RELATÓRIO

Nº **RL-ANP-FPL-043**

REV. **A**

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

FOLHA 10 de 13

TÍTULO: Documentação do Modelo de Simulação do Ramal Atalaia II e do gasoduto Atalaia-Laranjeiras

-
-

8 ANEXOS

8.1 “STEADY STATE REPORT” DO MODELO

* SIMULACAO *

*
* Default Initial Values Selected: *
*
* Pressure 34.000 *
* Flow 889.470 *
* Temperature 30.000 *
* % Oxygen 0.000 *
* % Nitrogen 1.270 *
* % Carbon Dioxide 2.780 *
* % Methane 86.680 *
* % Ethane 9.100 *
* % Propane 0.170 *
* % i-Butane 0.000 *
* % n-Butane 0.000 *
* % i-Pentane 0.000 *
* % n-Pentane 0.000 *
* % Hexane 0.000 *
* % C7plus 0.000 *
* % Octane 0.000 *
* % Water 0.000 *
*

*
* Problem Size Report *
*

*
* Number Maximum *
* Used Allowed *
* ----- *
*
* External Regulators 2 5000 *
* Equipment Devices 1 3000 *
* Drivers/Turbines 0 500 *
* Legs 2 10000 *
* Nodes 4 20000 *
* Knots 24 30000 *
* Stations 0 500 *
* Banks 0 1000 *
* Groups 0 1000 *
* Plants 0 10 *
* Compressor Perf Types 0 500 *
* Driver/Turb Perf Types 0 500 *
* Cylinder Types 0 500 *
* Fluids 22 100 *
* Qualities 20 26 *
*



RELATÓRIO

Nº RL-ANP-FPL-043

REV. A

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

FOLHA 11 de 13

TÍTULO: Documentação do Modelo de Simulação do Ramal Atalaia II e do gasoduto Atalaia-Laranjeiras

* Steady State Convergence Summary *

=====

Iteration Number	Tolerance Requested	Greatest	Greatest	Greatest	Associated Device
		Hydraulic Adjustment	Temperature Adjustment	Composition Adjustment	
0	0.0001000	0.0777836	0.0000000	0.0000000	Node NODE04
1	0.0001000	0.0022859	0.0000000	0.0000000	Node NODE04
2	0.0001000	0.0000108	0.0000249	0.0000000	TNODE NODE03
3	0.0001000	0.0028580	0.0000249	0.0000000	Pipe GAL
4	0.0001000	0.0000057	0.0000525	0.0000000	TNODE NODE04
5	0.0001000	0.0000071	0.0000009	0.0000000	Pipe RAMAL_ATALAIA_II

* SIMULACAO *

* Reference Conditions Report *

Reference Pressure = 0.00 KG/CM2G
Reference Temperature = 20.00 (DEG C)

* Leg Hydraulic Summary Report ----- Time = 0.000 (HRS) *

=====

Leg ID	Pressure KG/CM2G		Flow (KSM3/D)		Line Pack (KSM3)	Temperature (DEG C)	
	Head	Tail	Head	Tail		Head	Tail
GAL	33.00	31.40	889.470	889.470	85.5877	29.10	29.77
RAMAL_ATALAIA_II	35.00	34.95	889.470	889.470	3.6570	30.00	29.98

* Equipment Hydraulic Report ----- Time = 0.000 (HRS) *

:::::::::::::::::::::::::::::::::::::::
:: Equipment Hydraulic Summary Report ::
::

=====

Equipment ID	Mode of Control	Pressure KG/CM2G		Flow (KSM3/D)	Temperature (DEG C)		Spc Grv	Heating Value (MJ/M3)
		Up	Down		Up	Down		
EDG_ATALIA	Max PD	34.95	33.00	889.47	29.98	29.10	0.6317	38.18



RELATÓRIO

Nº **RL-ANP-FPL-043**

REV. **A**

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

FOLHA 12 de 13

TÍTULO: Documentação do Modelo de Simulação do Ramal Atalaia II e do gasoduto Atalaia-Laranjeiras

=====			
Equipment	Current Flow Rate	Accumulated Volume	Timer Value
ID	(KSM3/D)	(KSM3)	(HRS)

EDG_ATALIA	889.47	0.00	0.000

* External Regulator Hydraulic Report ----- Time = 0.000 (HRS) *

:::
:: External Regulator Flow Balance Report ::
::

=====		
	Mass Units	Volumetric Units
	(TONN/H)	(KSM3/D)

Total input flow	28.189	889.470
Total output flow	28.189	889.470
Network flow balance	0.000	0.000

::
:: External Regulator Hydraulic Summary Report ::
::

=====						
External Regulator	Mode of Control	Pressure	Flow	Temperature	Specific Gravity	Heating Value
ID	Control	KG/CM2G	(KSM3/D)	(DEG C)		(MJ/M3)

FAFEN/SE	Max Flow	31.40	889.470	29.77	0.6317	38.18
PTR_ATALAIA	Max Pres	35.00	-889.470	30.00	0.6317	38.18

=====			
External Regulator	Current Flow Rate	Accumulated Volume	Timer Value
ID	(KSM3/D)	(KSM3)	(HRS)

FAFEN/SE	889.470	0.000	0.000
PTR_ATALAIA	-889.470	0.000	0.000

::
:: Supply External Regulator Hydraulic Summary Report ::
::

=====						
Supply Xreg	Mode of Control	Pressure	Flow	Temperature	Specific Gravity	Heating Value
ID	Control	KG/CM2G	(KSM3/D)	(DEG C)		(MJ/M3)

PTR_ATALAIA	Max Pres	35.00	-889.470	30.00	0.6317	38.18



RELATÓRIO

Nº **RL-ANP-FPL-043**

REV. **A**

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

FOLHA 13 de 13

TÍTULO: Documentação do Modelo de Simulação do Ramal Atalaia II e do gasoduto Atalaia-Laranjeiras

Supply Xreg ID	Current Flow Rate (KSM3/D)	Accumulated Volume (KSM3)	Timer Value (HRS)
PTR_ATALAIA	-889.470	0.000	0.000

:::
:: Delivery External Regulator Hydraulic Summary Report ::
::

Delivery Xreg ID	Mode of Control	Pressure KG/CM2G	Flow (KSM3/D)	Temperature (DEG C)	Specific Gravity	Heating Value (MJ/M3)
FAFEN/SE	Max Flow	31.40	889.470	29.77	0.6317	38.18

Delivery Xreg ID	Current Flow Rate (KSM3/D)	Accumulated Volume (KSM3)	Timer Value (HRS)
FAFEN/SE	889.470	0.000	0.000

* Node Mass Balance Error Report ----- Time = 0.000 (HRS) *

Threshold Level = 0.0100 (KSM3/D)
No Mass Balance Errors above Threshold

:::
:: Pressure/Flow Violation Reports ::
::

ALL XREGS FALL WITHIN PRESSURE BOUNDS
ALL EQUIPMENT FALL WITHIN PRESSURE BOUNDS
ALL INTERNAL LEG KNOTS FALL WITHIN PRESSURE BOUNDS

:::
:: Setpoint/Constraint Violation Reports ::
::

ALL XREGS COMPLY WITH MONITORED CONSTRAINTS
ALL EQUIPMENT COMPLY WITH MONITORED CONSTRAINTS

TRANSIENT GAS NETWORK MODEL (TGNET)
RELEASE 7.6 LEVEL 00 30-SEP-2008

STEADY-STATE MODULE