	RELATÓRIO		Nº: RL-ANP-FPL-040	
	CLIENTE: ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS			FOLHA: 1 de 15
	PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS			-
	TÍTULO: Documentação do Modelo de Simulação da Malha Nordeste Meridional - GASEB			-

Faculdades Católicas – PUC-Rio – SIMDUT

ÍNDICE DE REVISÕES

REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS
0	EMISSÃO ORIGINAL
A	APÓS COMENTÁRIOS DA SCM/ANP E PADRONIZAÇÃO DOS RELATÓRIOS

	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E	REV. F	REV. G	REV. H
DATA	19/06/2015	03/08/2015							
PROJETO	ANP	ANP							
EXECUÇÃO	P. Krause	P. Krause							
VERIFICAÇÃO	I.Patrocínio	I.Patrocínio							
APROVAÇÃO	L. Pires	L. Pires							

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

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-040**REV. **A****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 2 de 15**TÍTULO:** Documentação do Modelo de Simulação da Malha Nordeste Meridional - GASEB

-

-

ÍNDICE

1	OBJETIVO	3
2	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	3
3	DESCRIÇÃO GERAL DO MODELO	3
4	PREMISSAS DE CÁLCULO	5
4.1	CONDIÇÕES DE REFERÊNCIA	5
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	6
4.8	VISCOSIDADE	6
5	CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS DE GASODUTOS	6
5.1	DIÂMETRO, ESPESSURA E PMOA	6
5.2	PERFIL ALTIMÉTRICO	7
5.3	RUGOSIDADE	7
5.4	PONTOS DE ENTREGA (PTE)	8
5.5	PONTOS DE RECEBIMENTO (PTR)	8
6	CONDIÇÕES DE CONTORNO	8
6.1	PERFIL DE CONSUMO	8
6.2	MÁXIMA PRESSÃO ADMISSÍVEL DE OPERAÇÃO	9
6.3	PRESSÃO DE ENTREGA NOMINAL CONTRATUAL	9
7	RESULTADOS DA SIMULAÇÃO	9
8	ANEXOS	11
8.1	“STEADY STATE REPORT” DO MODELO	11

	RELATÓRIO	Nº RL-ANP-FPL-040	REV. A
	PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS	FOLHA	3 de 15
	TÍTULO: Documentação do Modelo de Simulação da Malha Nordeste Meridional - GASEB	-	-
<h2>1 OBJETIVO</h2> <p>Documentar as informações necessárias para a criação dos modelos computacionais de parte do gasoduto GASEB e apresentar as características físicas e valores limites de projeto dos diversos elementos que compõem o modelo de simulação termo-hidráulica. Permitindo, assim, a reprodutibilidade do modelo por qualquer interessado. O modelo foi criado para o programa de simulação <i>PipelineStudio</i> versão 3.4.1.0 da <i>Energy Solutions</i>.</p>			
<h2>2 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA</h2> <p>Os documentos técnicos codificados utilizados como referência para elaboração do Relatório são:</p> <ol style="list-style-type: none"> 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. RL-ANP-FPL-038_Rev.A – Documentação do Modelo de Simulação da Malha Nordeste Meridional - Cacimbas-Pilar 2.4. MO-5TP-00088-A – Manual de Operação do gasoduto GASEB 14" 2.5. DE-4450.41-6521-941-ICZ-001_Rev A – Perfil do Gasoduto GASEB 2.6. MD-4717.05-6500-900-PJU-001_Rev.A – Memorial Descritivo 2.7. Processo ANP nº 48610.010500/2012-40 			
<h2>3 DESCRIÇÃO GERAL DO MODELO</h2> <p>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 Malha Sudeste no PTR de Cacimbas. O modelo em questão se refere ao gasoduto GASEB.</p> <p>De acordo com a referência 2.4, o gasoduto GASEB, construído em 1974, inicialmente tinha sua origem em Aracaju-SE, quando era abastecido com gás proveniente da UPGN Atalaia. Contudo, após o declínio da produção de gás natural dessa região, o seu fluxo foi invertido, sendo que atualmente o gás é injetado em Catu-BA, destinando-se a alimentar os consumidores do estado de Sergipe. O GASEB tem diâmetro de 14" em toda sua extensão, de aproximadamente 225 km.</p>			

Em março de 2015 a Transportadora Associada de Gás - TAG encaminhou à ANP solicitação de desativação temporária deste gasoduto. Como a pressão máxima operacional atual é menor que as pressões mínimas dos Pontos de Entrega, não será apresentado o relatório de cálculo de capacidades de transporte, comercial e disponível deste gasoduto (Ref. 2.7).

Uma visão geral de toda a malha meridional está apresentada na Figura 1. O modelo de simulação desenvolvido compreende somente o GASEB. 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 do GASEB(fonte: tag.petrobras.com.br)

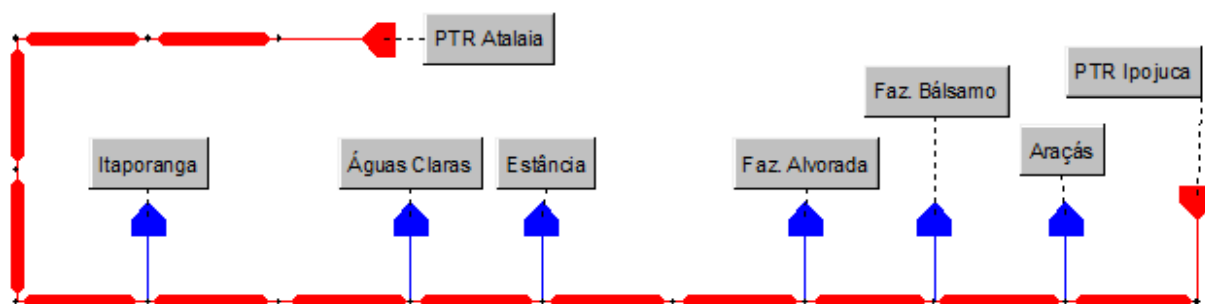



Figura 2 – Fluxograma do modelo

	RELATÓRIO	Nº RL-ANP-FPL-040	REV. A
	PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS		FOLHA 5 de 15
	TÍTULO: Documentação do Modelo de Simulação da Malha Nordeste Meridional - GASEB		-

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.

- 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 2.1, 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. 2.6).

Tabela 1 – Composição do Gás Natural

Fonte	Atalaia	Pojuca
C1	86,99	88,3
C2	8,33	9,35
C3	0,1	0,21
C4	0	0
N2	1,7	1

	RELATÓRIO	Nº RL-ANP-FPL-040	REV. A
	PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS		FOLHA 6 de 15
	TÍTULO: Documentação do Modelo de Simulação da Malha Nordeste Meridional - GASEB		-

Fonte	Atalaia	Pojuca
CO2	2,88	1,14

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)

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 do duto utilizada no modelo 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 as 2.4, 2.5, 2.6 e 2.7.

De acordo com o Manual de Operação (Ref. 2.4), a PMOA está atualmente restrita a 28 kgf/cm². Como este valor é menor que as pressões mínimas dos Pontos de Entrega, o modelo foi elaborado com a PMOA de projeto e não será apresentado o relatório de cálculo de capacidades de transporte, comercial e disponível deste gasoduto (Ref. 2.7).

Tabela 2 - Trechos do Gasoduto

Trecho	Comprimento (km)	Diâmetro Nominal (pol)	Espessura (pol)	PMOA Projeto (kgf/cm²)
Duto 01	5,60	14	0,375	60
Duto 02	2,40	14	0,375	60
Duto 03	13,50	14	0,375	60
Duto 04	8,00	14	0,344	60
Duto 05	1,00	14	0,344	60
Duto 06	3,50	14	0,344	60
Duto 07	5,17	14	0,344	60
Duto 08	17,57	14	0,344	60
Duto 09	38,43	14	0,344	60
Duto 10	38,44	14	0,344	60

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-040**REV. **A****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 7 de 15**TÍTULO:** Documentação do Modelo de Simulação da Malha Nordeste Meridional - GASEB

-

-

Trecho	Comprimento (km)	Diâmetro Nominal (pol)	Espessura (pol)	PMOA Projeto (kgf/cm ²)
Duto 11	12,72	14	0,344	60
Duto 12	35,09	14	0,344	60
Duto 13	44,53	14	0,344	60

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 encontra-se apresentado a seguir. Este perfil foi simplificado para atender ao modelo de simulação, priorizando o tempo computacional e respeitando principalmente as mudanças de espessuras pertinentes aos modelos. Não foram modeladas passagens de rios e situações similares. O perfil levantado foi baseado nas referências 2.4, 2.5 e 2.7. As cotas dos pontos notáveis do perfil, como PTEs, PTRs, etc, encontram-se nas descrições de cada item.

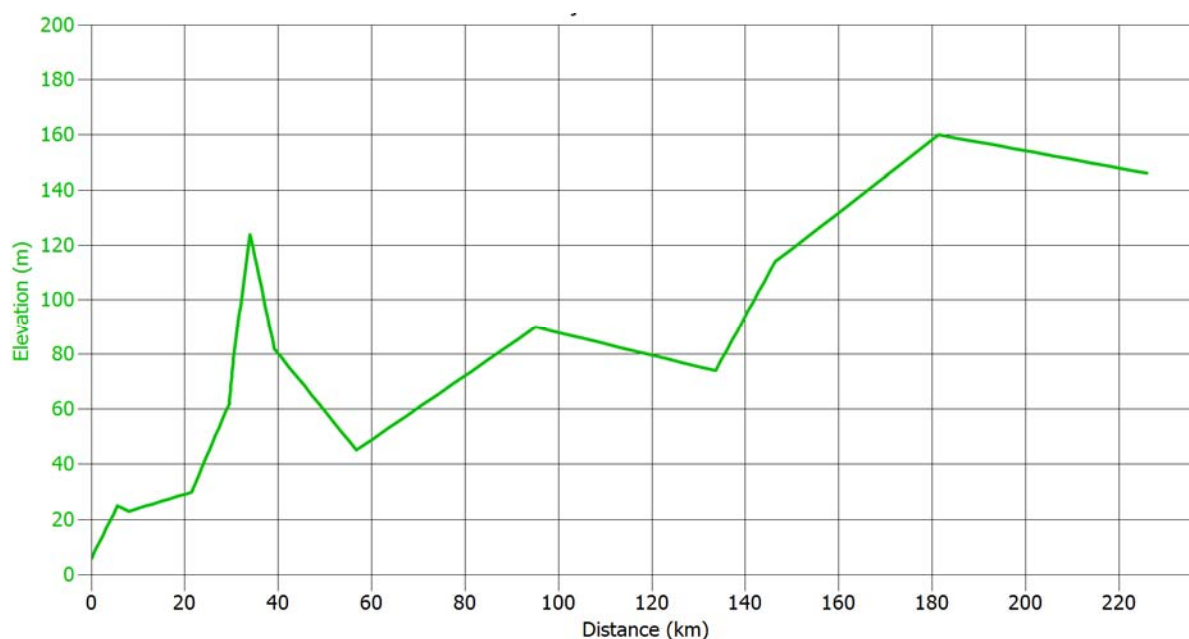


Figura 3 - Perfil de elevação

5.3 Rugosidade

Tendo em vista o tempo de operação dos dutos e 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.

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-040**REV. **A****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 8 de 15**TÍTULO:** Documentação do Modelo de Simulação da Malha Nordeste Meridional - GASEB

-

-

5.4 Pontos de Entrega (PTE)

A Tabela 3 apresenta a localização, em função da linha tronco, e os limites de projeto dos pontos de entrega do sistema, de acordo com as referências 2.4, 2.5 e 2.7. Esses pontos de entrega atualmente são atendidos pelo gasoduto Catu-Pilar, e suas características se encontram na referência 2.3.

Tabela 3 – Pontos de Entrega

Ponto de Entrega (PTE)	Localização na Linha tronco (km desenvolvido)	Elevação (m)	Vazão Máxima (m³/d)	Pressão Mínima (kgf/cm²)
Araçás	44,53	160,00	30.000	39
Faz. Bálsamo	79,62	114,00	60.000	38
Faz. Alvorada	92,34	74,00	60.000	38
Estância	169,21	45,00	90.000	35
Águas Claras	186,78	82,00	45.000	38
Itaporanga	195,45	80,00	35.000	37

5.5 Pontos de recebimento (PTR)

O sistema possui 2 pontos de recebimento, Atalaia e Pojuca. Para este caso, foi utilizada como condição de contorno apenas a pressão máxima de projeto do gasoduto, que é de 60 kgf/cm², de acordo com a referência 2.6.


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 (PTE)	Vazão Média Jan/15 (m³/d)
Faz. Bálsamo	8.868
Faz. Alvorada	7.474
Itaporanga	13.553
Estância	34.326
Araçás	0

	RELATÓRIO	Nº RL-ANP-FPL-040	REV. A
	PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS		FOLHA 9 de 15
	TÍTULO: Documentação do Modelo de Simulação da Malha Nordeste Meridional - GASEB		-

Pontos de Entrega (PTE)	Vazão Média Jan/15 (m3/d)
Águas Claras	24.535

6.2 Máxima Pressão Admissível de Operação

A PMOA está apresentada na Tabela 2 e está atendendo aos comentários do item 5.5.

6.3 Pressão de Entrega Nominal Contratual

A Tabela 3, apresentada no item 5.4, apresenta as pressões mínimas de cada ponto de entrega, de acordo com a referência 2.4. Por questões relacionadas a operação do programa utilizado para o desenvolvimento do modelo, quando ocorre mais de um ponto de entrega num mesmo local (nó), somente é possível fixar o limite de pressão mínima em um deles. Nesse caso, quando diferentes, o limite escolhido foi o de maior pressão mínima contratual.

7 RESULTADOS DA SIMULAÇÃO

As pressões nos diversos pontos de entrega estão apresentadas 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. Esses resultados não são representativos da situação atual do duto, que está em processo de desativação (referência 2.7). Por esta razão, não será emitido o relatório de capacidade do gasoduto.

Tabela 5 - Pressões nos PEs - GASFOR

Ponto de Entrega (PTE)	Localização na Linha tronco (km desenvolvido)	Elevação (m)	Pressão (kgf/cm²)
Araçás	44,53	160,00	58,92
Faz. Bálsamo	79,62	114,00	59,12
Faz. Alvorada	92,34	74,00	59,30
Estância	169,21	45,00	59,42
Águas Claras	186,78	82,00	59,24
Itaporanga	195,45	80,00	59,25



RELATÓRIO

Nº **RL-ANP-FPL-040**

REV. **A**

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

FOLHA 10 de 15

TÍTULO: Documentação do Modelo de Simulação da Malha Nordeste Meridional - GASEB

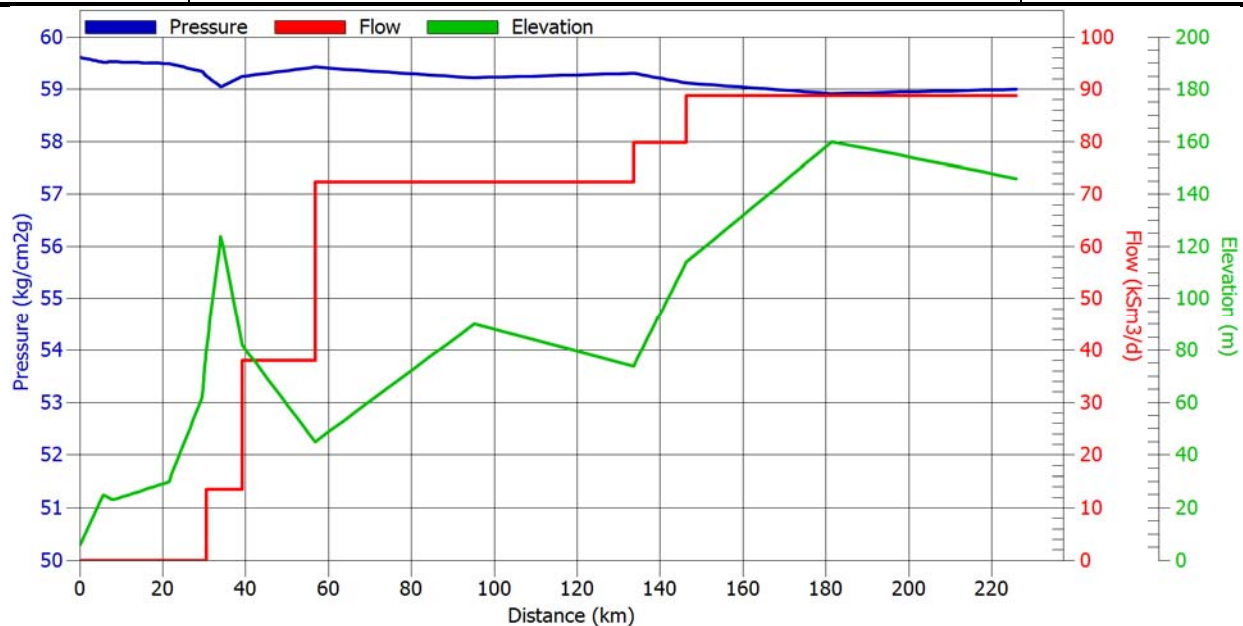


Figura 4 – Perfil de pressão, vazão e elevação



RELATÓRIO

Nº **RL-ANP-FPL-040**

REV. **A**

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

FOLHA 11 de 15

TÍTULO: Documentação do Modelo de Simulação da Malha Nordeste Meridional - GASEB

-
-

8 ANEXOS

8.1 "STEADY STATE REPORT" DO MODELO

* SIMULACAO *

*
* Default Initial Values Selected: *
*
* Pressure 59.000 *
* Flow 17.751 *
* Temperature 30.000 *
* % Oxygen 0.000 *
* % Nitrogen 1.350 *
* % Carbon Dioxide 2.010 *
* % Methane 87.645 *
* % Ethane 8.840 *
* % Propane 0.155 *
* % i-Butane 0.000 *
*

*
* Problem Size Report *
*

*
* Number Maximum *
* Used Allowed *
* ----- *
*
* External Regulators 8 5000 *
* Equipment Devices 0 3000 *
* Drivers/Turbines 0 500 *
* Legs 13 10000 *
* Nodes 14 20000 *
* Knots 160 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 2 100 *
* Qualities 13 26 *
*

* Steady State Convergence Summary *



RELATÓRIO

Nº **RL-ANP-FPL-040**

REV. **A**

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

FOLHA **12** de **15**

TÍTULO: **Documentação do Modelo de Simulação da Malha Nordeste Meridional - GASEB**

Iteration Number	Tolerance Requested	Greatest Hydraulic		Greatest Temperature		Greatest Composition		Associated Device	
		Adjustment		Adjustment		Adjustment			
0	0.0001000	1.0083643		0.0000000		0.0000000		Xreg	PTR_ATALAIA
1	0.0001000	0.6500086		0.0000000		0.0000000		Xreg	PTR_POJUCA
2	0.0001000	0.3115475		0.0000000		0.0000000		Xreg	PTR_POJUCA
3	0.0001000	0.1404861		0.0000000		0.0000000		Xreg	PTR_ATALAIA
4	0.0001000	0.0482280		0.0000000		0.0000000		Xreg	PTR_POJUCA
DPMX increased to 9764.8564									
5	0.0001000	0.0085994		0.0000000		0.0000000		Xreg	PTR_POJUCA
6	0.0001000	0.0006037		0.0000000		0.0000000		Xreg	PTR_ATALAIA
7	0.0001000	0.0000281		0.0000000		0.0000000		Xreg	PTR_POJUCA
Mode Changes									
8	Xreg	PTR_ATALAIA		FROM: Max Pres		TO: Closed			
8	0.0001000	0.1173191		0.0000000		0.0000000		Xreg	PTR_POJUCA
DPMX increased to 19529.713									
9	0.0001000	0.0064611		0.0000000		0.0000000		Node	NODE2111
10	0.0001000	0.0000028		0.0000005		0.0000000		Node	NODE2111
11	0.0001000	0.0005798		0.0000005		0.0000000		Xreg	PTR_POJUCA
DPMX increased to 39059.426									
12	0.0001000	0.0000233		0.0000036		0.0000000		Node	NODE0974
13	0.0001000	0.0000123		0.0000005		0.0000000		Pipe	GASEB_PIPE12

* 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
GASEB_PIPE01	59.52	59.61	0.000	0.000	31.8976	30.00	30.00
GASEB_PIPE02	59.53	59.52	0.000	0.000	13.6745	30.00	30.00
GASEB_PIPE03	59.49	59.53	0.000	0.000	76.9845	30.00	30.00
GASEB_PIPE04	59.34	59.49	0.000	0.000	45.9700	30.00	30.00
GASEB_PIPE05	59.26	59.34	0.000	0.000	5.7337	30.00	30.00
GASEB_PIPE06	59.05	59.26	13.553	13.553	20.0128	29.99	30.01
GASEB_PIPE07	59.25	59.05	13.553	13.553	29.5612	30.00	29.99
GASEB_PIPE08	59.42	59.25	38.088	38.088	100.8106	30.00	30.00
GASEB_PIPE09	59.22	59.42	72.414	72.414	220.4349	30.00	30.00
GASEB_PIPE10	59.31	59.22	72.414	72.414	220.2581	30.01	30.00
GASEB_PIPE11	59.12	59.31	79.888	79.888	72.8125	30.01	30.01



RELATÓRIO

Nº **RL-ANP-FPL-040**

REV. **A**

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

FOLHA 13 de 15

TÍTULO: Documentação do Modelo de Simulação da Malha Nordeste Meridional - GASEB

GASEB_PIPE12	58.92	59.12	88.756	88.756	200.1490	30.00	30.01
GASEB_PIPE13	59.00	58.92	88.756	88.756	253.7180	30.00	30.00

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

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

```
=====
                                Mass Units      Volumetric Units
                                ( TONN/H )      ( KSM3/D )
                                -----
Total input flow                2.745          88.756
Total output flow               2.745          88.756
Network flow balance            0.000          0.000
```

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

```
=====
External      Mode of      Pressure      Flow      Temperature      Specific      Heating
Regulator     Control      KG/CM2G      (KSM3/D)    (DEG C )      Gravity      Value
ID            -----
-----
ARAÇÁS        Max Flow      58.92        0.000      30.00          0.6164      38.98
ESTÂNCIA      Max Flow      59.42        34.326     30.00          0.6164      38.98
FAZ._ALVORADA Max Flow      59.31        7.474      30.01          0.6164      38.98
FAZ._BÁLSAMO  Max Flow      59.12        8.868      30.01          0.6164      38.98
ITAPORANGA    Max Flow      59.26        13.553     30.01          0.6164      38.98
PTR_ATALAIA   Closed        59.61        0.000      30.00          0.6301      37.73
PTR_POJUCA    Max Pres      59.00        -88.756    30.00          0.6164      38.98
ÁGUAS_CLARAS Max Flow      59.25        24.535     30.00          0.6164      38.98
```

```
=====
External      Current      Accumulated      Timer
Regulator     Flow Rate      Volume      Value
ID            (KSM3/D)      ( KSM3 )      ( HRS )
-----
ARAÇÁS        0.000          0.000          0.000
ESTÂNCIA      34.326         0.000          0.000
FAZ._ALVORADA 7.474          0.000          0.000
FAZ._BÁLSAMO  8.868          0.000          0.000
ITAPORANGA    13.553         0.000          0.000
PTR_ATALAIA   0.000          0.000          0.000
PTR_POJUCA    -88.756        0.000          0.000
ÁGUAS_CLARAS 24.535         0.000          0.000
```

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

```

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

```

