

## 9 Avaliação econômica

As simulações Monte Carlo, juntamente com as simulações termohidráulicas efetuadas para a malha de gasodutos do Gasbol, tiveram como finalidade básica determinar a disponibilidade do sistema global de transporte de gás em termos de capacidade de transporte disponível para fornecimento firme em base de um contrato *ship-or-pay* entre o Transportador e o Carregador. Essa capacidade firme de transporte é a que deve ser considerada na definição da tarifa de transporte do gasoduto de modo a remunerar todo o investimento de capital e custos operacionais ao longo da vida econômica do gasoduto. Tal procedimento não tem sido adotado no projeto de gasodutos e conseqüentemente expõe o Transportador a riscos econômicos associados às penalidades contratuais por não entregar os volumes firmes contratuais em sua plenitude. O Transportador também se expõe a investimentos futuros em instalação de equipamentos reserva que não foram considerados originalmente na determinação da tarifa de transporte e, em decorrência disto, reduzindo a taxa de retorno do projeto.

Visto que os equipamentos reserva não foram considerados originalmente nos custos de capital do Gasbol, houve necessidade de se efetuar uma avaliação econômica para definir a quantidade de unidades compressoras reserva baseando-se nos resultados da simulação Monte Carlo e nas simulações termo hidráulicas de falha de unidades compressoras (paradas programadas ou não).

Visto que o Gasbol é constituído por duas empresas transportadoras: a Transportadora Gasoductos Boliviano – GTB e Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia Brasil – TBG, os estudos econômicos para avaliação da instalação de equipamentos reserva foram feitos separadamente para o trecho boliviano e para o trecho brasileiro.

O objetivo do estudo econômico é identificar o nível de redundância adequado ao gerenciamento da exposição ao risco de perdas de receita e de penalidades contratuais. Foi adotado o método de fluxo de caixa descontado e foram comparados os resultados para três condições, de modo a identificar aquela

com maior valor presente líquido. Os volumes não entregues e as penalidades evitadas, referenciados a cada condição foram considerados como receitas e os custos com a instalação de unidades compressoras reservas foram consideradas como investimentos. Nenhum custo adicional relacionado com consumo de combustível ou de manutenção foi considerado para as unidades compressoras reservas visto que irão operar como reservas.

## 9.1 Trecho boliviano (GTB)

As seguintes configurações para as estações de compressão foram quantificadas quanto à perda de receita por redução do transporte de gás e quanto às penalidades contratuais por não atendimento dos volumes firmes contratuais:

- (a) sem instalação de unidades compressoras reserva;
- (b) com instalação de duas unidades compressoras reserva;
- (c) com instalação de quatro unidades compressoras reserva.

### 9.1.1 Premissas econômicas

Capacidade contratual firme (entregue na fronteira):	30.08 MMm <sup>3</sup> /d
Poder calorífico superior:	36480 BTU/m <sup>3</sup>
Tarifa de transporte:	0.35 US\$/MMBTU
Perda de receita:	1 x capacidade não-entregue
Penalidade contratual:	1 x capacidade não-entregue
Prazo contratual:	10 anos
Taxa de desconto:	15% a.a.
1 unidade reserva instalada:	US\$ 12,900,000.00

### 9.1.2 Resultados da avaliação econômica

- (a) Sem instalação de unidades compressoras reservas – Caso Base

Disponibilidade do sistema: 0.9171

Potencial de perda de capacidade:	2.4933 Mm <sup>3</sup> /d
VP do Potencial de perda de receita:	(58.32) MMUS\$
VP do Potencial de multa contratual:	(58.32) MMUS\$
VP das Perdas:	(116.64) MMUS\$
(b) Com instalação de 2 (duas) unidades compressoras reservas	
Disponibilidade do sistema:	0.9544
Potencial de perda de capacidade:	1.3722 MMm <sup>3</sup> /d
Capacidade recuperada função das 2 unidades reservas:	1.1211 MMm <sup>3</sup> /d (= 2.4933 – 1.3722)
VP do Potencial de perda de receita:	(32.10) MMUS\$
VP do Potencial de multa contratual:	(32.10) MMUS\$
VP das Perdas:	(64.20) MMUS\$
VP de Perda de Receita Evitada:	26.22 MMUS\$
VP de Multa Contratual Evitada:	26.22 MMUS\$
VP das Perdas Evitadas:	52.44 MMUS\$
Investimento para 2 unidades reservas:	(25.80) MMUS\$
Valor Presente Líquido, VPL:	26.64 MMUS\$
(c) Com instalação de 4 (quatro) unidades compressoras reservas	
Disponibilidade do sistema:	0.9967
Potencial de perda de capacidade:	0.0999 MMm <sup>3</sup> /d
Capacidade recuperada função das 4 unidades reservas:	2.3934 MMm <sup>3</sup> /d (= 2.4933 – 0.0999)
VP do Potencial de perda de receita:	(2.34) MMUS\$
VP do Potencial de multa contratual:	(2.34) MMUS\$
VP das Perdas:	(4.67) MMUS\$
VP de Perda de Receita Evitada:	55.98 MMUS\$
VP de Multa Contratual Evitada:	55.98 MMUS\$
VP das Perdas Evitadas:	111.97 MMUS\$
Investimento para 4 unidades reservas:	(51.60) MMUS\$
Valor Presente Líquido, VPL:	60.37 MMUS\$

### 9.1.3 Estudo do impacto das alternativas

Os resultados da Simulação Termohidráulica decorrentes da Simulação Monte Carlo para disponibilidade das estações de compressão são apresentados em distribuições discretas, conforme figuras 28, 29 e 30 e tabelas 4, 5 e 6, para as condições (a), (b) e (c). Essas distribuições discretas foram incorporadas nas planilhas de avaliação econômica utilizando os softwares Microsoft Excel e @Risk com a finalidade de determinar os intervalos de confiança para a exposição a perdas de receita e penalidades contratuais bem como para VPL de cada alternativa.

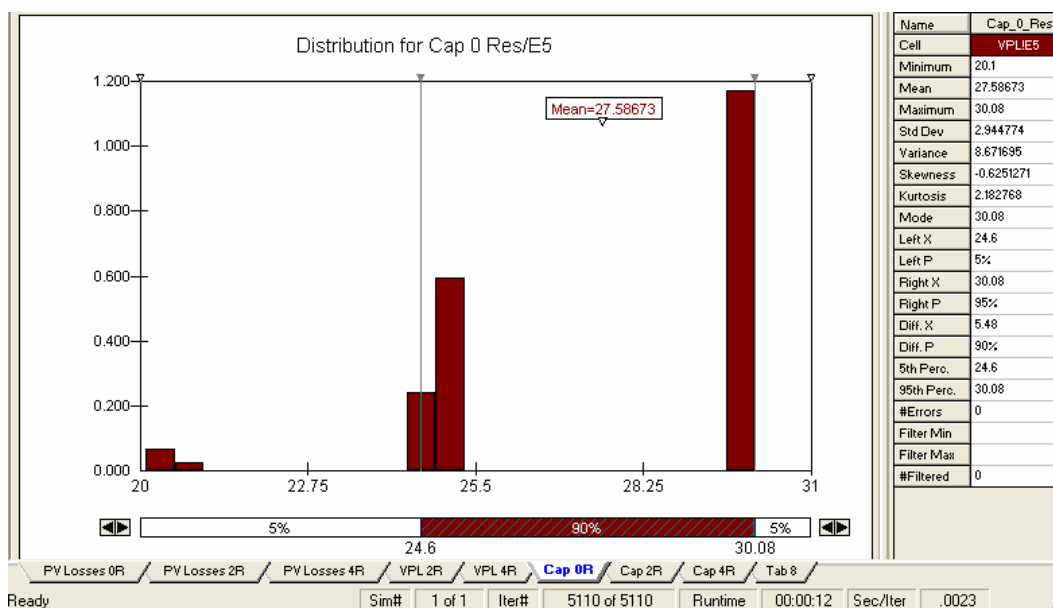


Figura 28 - Frequência de Capacidades de Transporte – GTB Sem Reservas

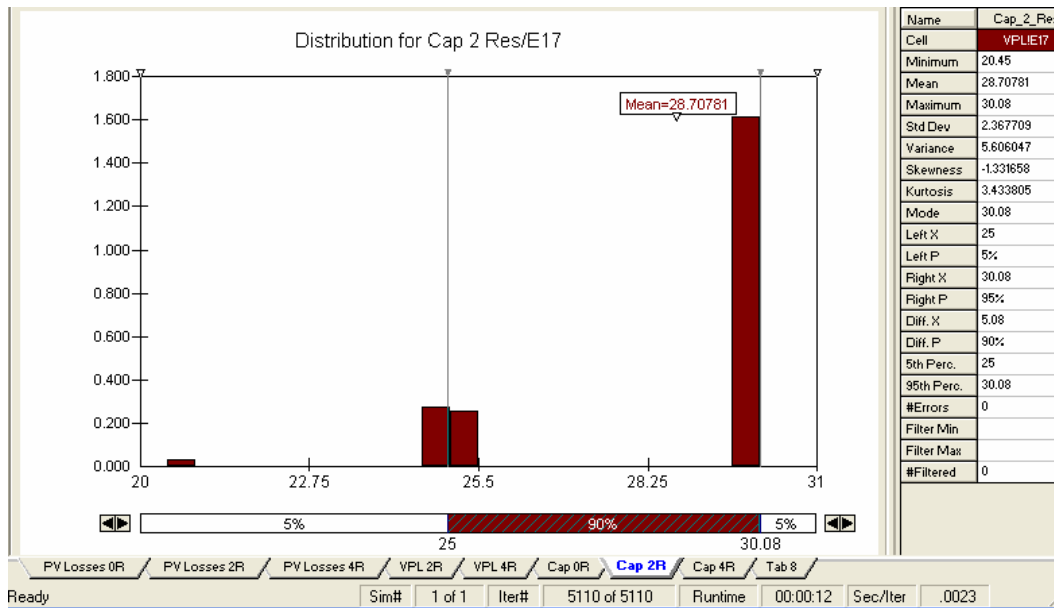


Figura 29 - Frequência de Capacidades de Transporte – GTB com 2 Unidades Compressoras Reservas

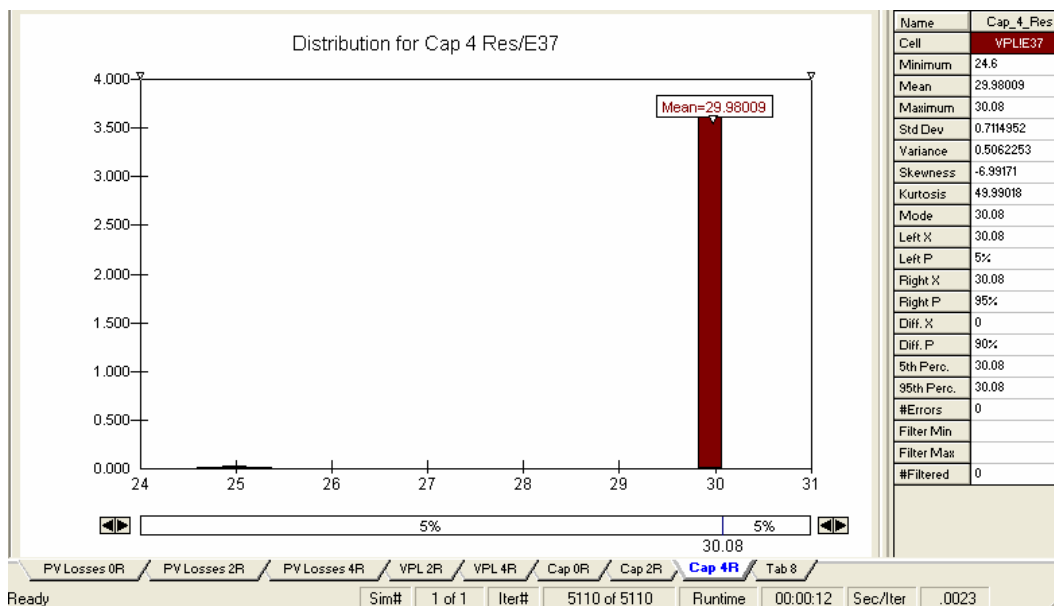


Figura 30 - Frequência de Capacidades de Transporte – GTB com 4 Unidades Compressoras Reservas

Os resultados probabilísticos para um intervalo de confiança de 90%, incluindo capacidade de transporte, perda de capacidade, perda de receita, penalidades contratuais, valor presente das perdas, recuperação de capacidade, perda de receita evitada, penalidade contratual evitada, valor presente das receitas e VPL para cada alternativa, são resumidos, a seguir, e apresentados na tabela 10.

Tabela 10 - Resumo Comparativo ente as Alternativas de Instalação de Unidades Compressoras Reservas – GTB

Nome		Mínimo	Média	Máximo	x1	p1	x2	p2	x2-x1	p2-p1
<b>Sem Equipamento Reserva</b>										
Capacidade transporte	MMm3/d	20.1	27.58673	30.08	24.6	5%	30.08	95%	5.48	90%
Perda de capacidade	MMm3/d	(9.9800)	(2.4933)	-	(5.4800)	5%	-	95%	5.4800	90%
Perda de receita	MMUS\$	(146.54)	(58.32)	-	(97.66)	5%	(21.35)	95%	76.31	90%
Penalidade contratual	MMUS\$	(146.54)	(58.32)	-	(97.66)	5%	(21.35)	95%	76.31	90%
VP das perdas	MMUS\$	(293.07)	(116.64)	-	(195.33)	5%	(42.70)	95%	152.62	90%
<b>Com 2 Equipamentos Reserva</b>										
Capacidade transporte	MMm3/d	20.45	28.71	30.08	25	5%	30.08	95%	5.08	90%
Perda de capacidade	MMm3/d	(9.6300)	(1.3722)	-	(5.0800)	5%	-	95%	5.0800	90%
Perda de receita	MMUS\$	(105.94)	(32.10)	-	(66.05)	5%	(5.62)	95%	60.43	90%
Penalidade contratual	MMUS\$	(105.94)	(32.10)	-	(66.05)	5%	(5.62)	95%	60.43	90%
VP das perdas	MMUS\$	(211.87)	(64.20)	-	(132.10)	5%	(11.24)	95%	120.86	90%
Recuperação de capacidade	MMm3/d	(9.6300)	1.1211	9.9800	(5.0800)	5%	5.4800	95%	10.5600	90%
Receita evitada	MMUS\$	(81.97)	26.22	128.93	(24.19)	5%	75.23	95%	99.42	90%
Penalidade contratual evitada	MMUS\$	(81.97)	26.22	128.93	(24.19)	5%	75.23	95%	99.42	90%
VP das receitas	MMUS\$	(163.95)	52.44	257.86	(48.39)	5%	150.46	95%	198.84	90%
VPL	MMUS\$	(189.75)	26.64	232.06	(74.19)	5%	124.66	95%	198.84	90%
<b>Com 4 Equipamentos Reserva</b>										
Capacidade transporte	MMm3/d	24.60	29.98	30.08	30.08	5%	30.08	95%	-	90%
Perda de capacidade	MMm3/d	(5.4800)	(0.0999)	-	-	5%	-	95%	-	90%
Perda de receita	MMUS\$	(62.38)	(2.34)	-	(13.80)	5%	-	95%	13.80	90%
Penalidade contratual	MMUS\$	(62.38)	(2.34)	-	(13.80)	5%	-	95%	13.80	90%
VP das perdas	MMUS\$	(150.47)	(4.67)	-	(24.00)	5%	-	95%	24.00	90%
Recuperação de capacidade	MMm3/d	(5.4800)	2.3934	9.9800	-	5%	5.4800	95%	5.4800	90%
Receita evitada	MMUS\$	(18.66)	55.98	146.54	17.09	5%	96.29	95%	79.20	90%
Penalidade contratual evitada	MMUS\$	(18.66)	55.98	146.54	17.09	5%	96.29	95%	79.20	90%
VP das receitas	MMUS\$	(37.33)	111.97	293.07	34.18	5%	192.57	95%	158.39	90%
VPL	MMUS\$	(88.93)	60.37	241.47	(17.42)	5%	140.97	95%	158.39	90%

Alternativa (a) – sem equipamento reserva e com intervalo de confiança de 90%:

Perda potencial média = (116.64) MMUS\$

p1 = 5%, VP perdas potenciais = (195.33)

p2 = 95%, VP perdas potenciais = (42.70) MMUS\$

Alternativa (b) – com cinco (2) equipamentos reserva e com intervalo de confiança de 90%:

Perda potencial média = (64.20) MMUS\$

p1 = 5%, VP perdas potenciais = (132.10) MMUS\$

p2 = 95%, VP perdas potenciais = (11.24) MMUS\$

VPL médio = 26.64 MMUS\$

p1 = 5%, VPL = (74.19) MMUS\$

p2 = 95%, VPL = 124.66 MMUS\$

Alternativa (c) – com dez (4) equipamentos reserva e com intervalo de confiança de 90%:

Perda potencial média = (4.67) MMUS\$

p1 = 5%, VP perdas potenciais = (24.00) MMUS\$

p2 = 95%, VP perdas potenciais = 0

VPL médio = 60.37 MMUS\$

p1 = 5%, VPL = (17.42) MMUS\$

p2 = 95%, VPL = 140.97 MMUS\$

#### 9.1.4

#### Avaliação da análise econômica

Os resultados obtidos para as condições (b) e (c), acima, justificam a instalação de unidades compressoras reservas para todas as 4 (quatro) estações de compressão, visto que foi a condição que apresentou o maior VPL.

Embora os investimentos em unidades compressoras reserva não tenham sido considerados no projeto original do gasoduto, ainda assim tornam-se necessário para mitigar a exposição aos riscos de perda de receita e penalidades contratuais.

A mitigação dos riscos envolveria adotar uma capacidade firme contratual de 24.60 (p1=5%) e média de 27.58 MMm3/d, para o caso de não se instalar equipamentos reservas; de 25.00 (p1=5%) e média de 28.71 MMm3/d, para o caso de se instalar 2 equipamentos reservas; e de 30.08 (p1=5%) e média de 29.98 MMm3/d, para o caso de se instalar 4 equipamentos reservas. As figuras 28, 29 e 30 apresentam a distribuição das capacidades, com intervalo de confiança de 90%, para cada alternativa considerada.

Se tal estudo fosse realizado na fase de projeto do gasoduto, o procedimento ideal seria a instalação de 4 máquinas reservas e a adoção da capacidade firme de 30.08 MMm3/d, incorporando os custos de capital relacionados com os equipamentos reserva na avaliação da tarifa de transporte.

## 9.2

### Trecho brasileiro (TBG)

As seguintes configurações para as estações de compressão foram quantificadas quanto à perda de receita por redução do transporte de gás e quanto às penalidades contratuais por não atendimento dos volumes firmes contratuais:

- (i) sem instalação de unidades compressoras reserva;
- (ii) com instalação de cinco unidades compressoras reserva;
- (iii) com instalação de dez unidades compressoras reserva.

**9.2.1****Premissas econômicas**

Capacidade contratual firme:	30.08 MMm <sup>3</sup> /d
Poder calorífico superior:	36480 BTU/m <sup>3</sup>
Tarifa de transporte:	1.20 US\$/MMBTU
Perda de receita:	1 x capacidade não-entregue
Penalidade contratual:	1 x capacidade não-entregue
Prazo contratual:	10 anos
Taxa de desconto:	15% a.a.
1 unidade reserva instalada:	US\$ 12,900,000.00

**9.2.2****Resultados da avaliação econômica**

(i) Sem instalação de unidades compressoras reservas – Caso Base	
Disponibilidade do sistema:	0.9056
Potencial de perda de capacidade:	2.8397 MMm <sup>3</sup> /d
VP do Potencial de perda de receita:	(227.71) MMUS\$
VP do Potencial de multa contratual:	(227.71) MMUS\$
VP das Perdas:	(455.43) MMUS\$
(ii) Com instalação de 5 (cinco) unidades compressoras reservas	
Disponibilidade do sistema:	0.9573
Potencial de perda de capacidade:	1.2843 MMm <sup>3</sup> /d
Capacidade recuperada função das 5 unidades reservas:	1.5554 MMm <sup>3</sup> /d (= 2.8397 – 1.2843)
VP do Potencial de perda de receita:	(103.00) MMUS\$
VP do Potencial de multa contratual:	(103.00) MMUS\$
VP das Perdas:	(205.99) MMUS\$
VP de Perda de Receita Evitada:	124.72 MMUS\$
VP de Multa Contratual Evitada:	124.72 MMUS\$
VP das Perdas Evitadas:	249.43 MMUS\$
Investimento para 5 unidades reservas:	(64.50) MMUS\$
Valor Presente Líquido, VPL:	184.93 MMUS\$



(iii) Com instalação de 10 (dez) unidades compressoras reservas

Disponibilidade do sistema:	0.9956
Potencial de perda de capacidade:	0.1334 MMm <sup>3</sup> /d
Capacidade recuperada função das 5 unidades reservas:	2.7062 MMm <sup>3</sup> /d (= 2.8397 – 0.1334)
VP do Potencial de perda de receita:	(10.70) MMUS\$
VP do Potencial de multa contratual:	(10.70) MMUS\$
VP das Perdas:	(21.41) MMUS\$
VP de Perda de Receita Evitada:	217.01 MMUS\$
VP de Multa Contratual Evitada:	217.01 MMUS\$
VP das Perdas Evitadas:	434.02 MMUS\$
Investimento para 10 unidades reservas:	(129) MMUS\$
Valor Presente Líquido, VPL:	305.02 MMUS\$

### 9.2.3

#### Estudo do impacto das alternativas

Os resultados da Simulação Termohidráulica decorrentes da Simulação Monte Carlo para disponibilidade das estações de compressão são apresentados em distribuições discretas, conforme figuras 31, 32 e 33 e tabelas 8, 9 e 10 para as condições (i), (ii) e (iii). Essas distribuições discretas foram incorporadas nas planilhas de avaliação econômica utilizando os softwares Microsoft Excel e @Risk com a finalidade de determinar os intervalos de confiança para a exposição a perdas de receita e penalidades contratuais bem como para VPL de cada alternativa.

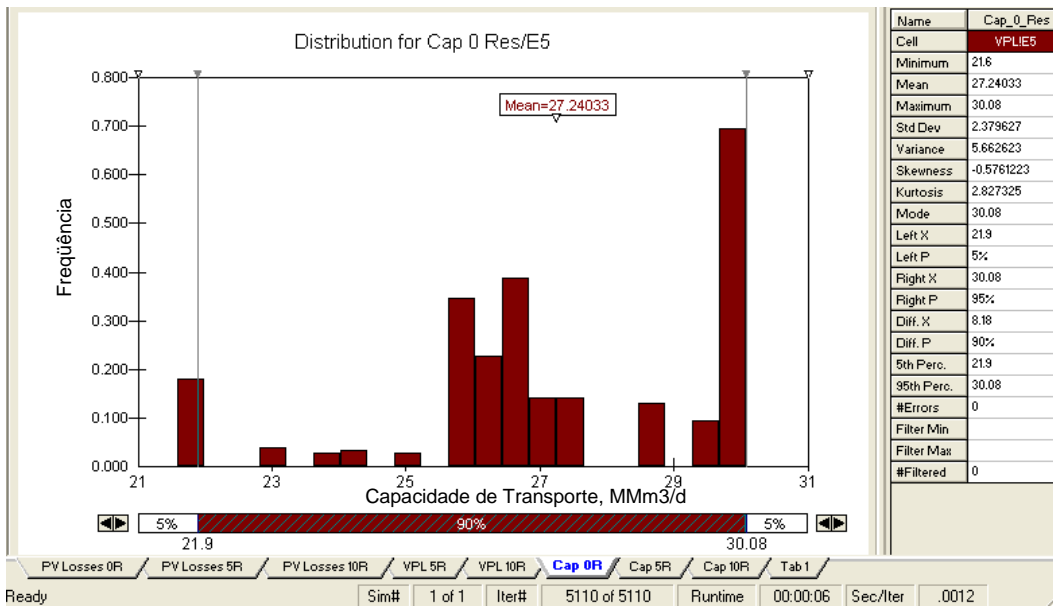


Figura 31 - Frequência de Capacidades de Transporte – TBG Sem Reservas

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0612536/CA

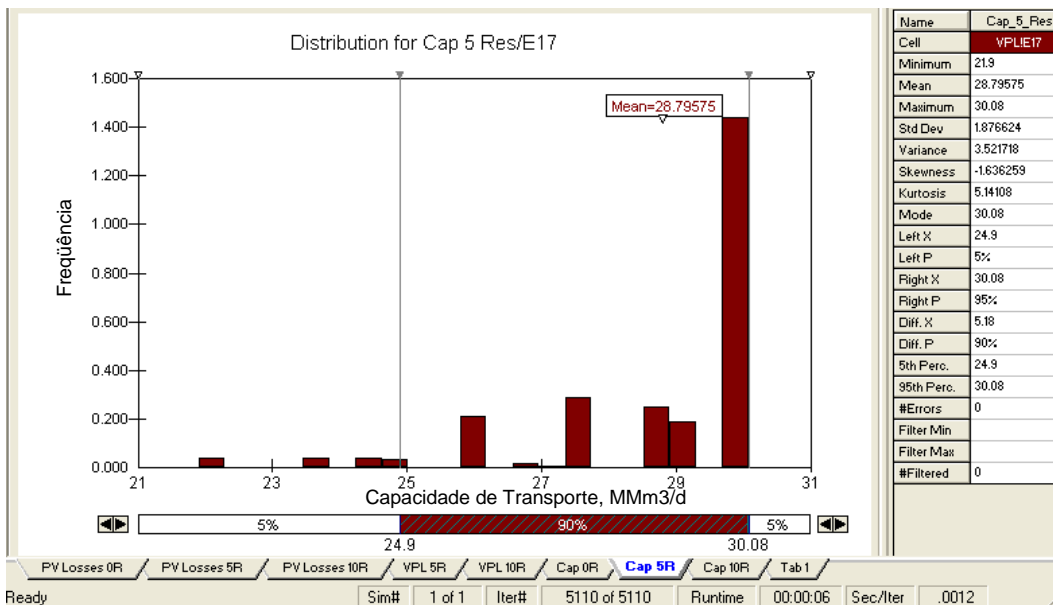


Figura 32 - Frequência de Capacidades de Transporte – TBG com 5 Unidades Compressor Reservas

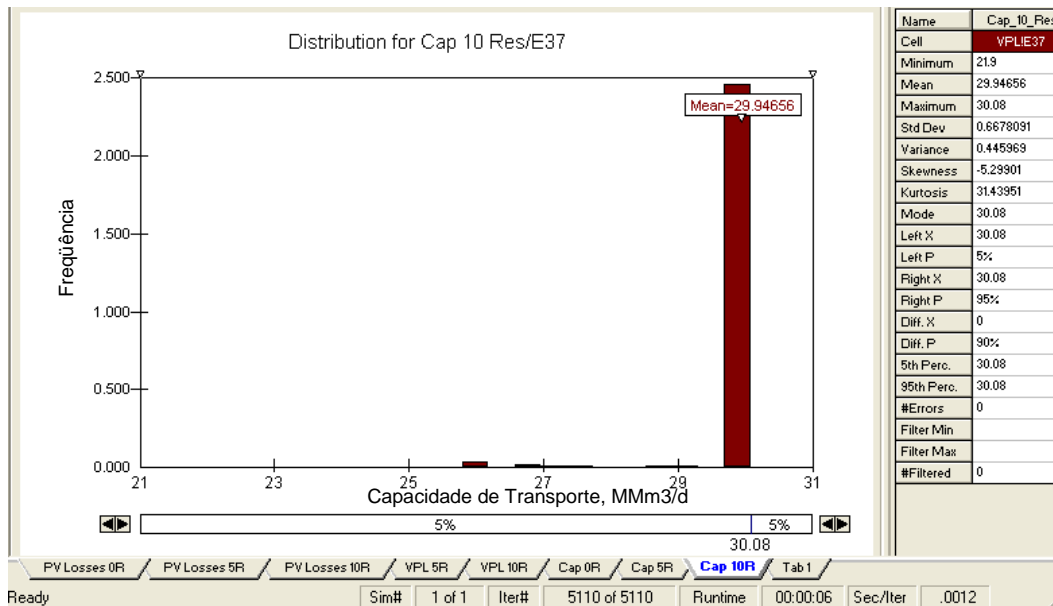


Figura 33 - Frequência de Capacidades de Transporte – TBG com 10 Unidades Compressoras Reservas

Os resultados probabilísticos para um intervalo de confiança de 90%, incluindo capacidade de transporte, perda de capacidade, perda de receita, penalidades contratuais, valor presente das perdas, recuperação de capacidade, perda de receita evitada, penalidade contratual evitada, valor presente das receitas e VPL para cada alternativa, são resumidos, a seguir, já apresentados na tabela 11.

Tabela 11 - Resumo Comparativo entre as Alternativas de Instalação de Unidades Compressoras Reservas – TBG

Nome		Mínimo	Média	Máximo	x1	p1	x2	p2	x2-x1	p2-p1
<b>Sem Equipamento Reserva</b>										
Capacidade transporte	MMm3/d	21.60	27.24	30.08	21.90	5%	30.08	95%	8.18	90%
Perda de capacidade	MMm3/d	(8.4800)	(2.8397)	-	(8.1800)	5%	-	95%	8.1800	90%
Perda de receita	MMUS\$	(483.21)	(227.71)	(10.19)	(338.32)	5%	(125.43)	95%	212.89	90%
Penalidade contratual	MMUS\$	(483.21)	(227.71)	(10.19)	(338.32)	5%	(125.43)	95%	212.89	90%
VP das perdas	MMUS\$	(966.41)	(455.43)	(20.38)	(676.64)	5%	(250.86)	95%	425.78	90%
<b>Com 5 Equipamentos Reserva</b>										
Capacidade transporte	MMm3/d	21.9	28.80	30.08	24.9	5%	30.08	95%	5.18	90%
Perda de capacidade	MMm3/d	(8.1800)	(1.2843)	-	(5.1800)	5%	-	95%	5.1800	90%
Perda de receita	MMUS\$	(333.58)	(103.00)	-	(196.95)	5%	(28.74)	95%	168.21	90%
Penalidade contratual	MMUS\$	(333.58)	(103.00)	-	(196.95)	5%	(28.74)	95%	168.21	90%
VP das perdas	MMUS\$	(667.16)	(205.99)	-	(393.90)	5%	(57.48)	95%	336.42	90%
Recuperação de capacidade	MMm3/d	(8.1800)	1.5554	8.4800	(3.9800)	5%	7.0800	95%	11.0600	90%
Receita evitada	MMUS\$	(199.87)	124.72	401.59	(14.48)	5%	261.29	95%	275.77	90%
Penalidade contratual evitada	MMUS\$	(199.87)	124.72	401.59	(14.48)	5%	261.29	95%	275.77	90%
VP das receitas	MMUS\$	(399.74)	249.43	803.17	(28.95)	5%	522.59	95%	551.54	90%
VPL	MMUS\$	(464.24)	184.93	738.67	(93.43)	5%	458.19	95%	551.62	90%
<b>Com 10 Equipamentos Reserva</b>										
Capacidade transporte	MMm3/d	21.9	29.95	30.08	30.08	5%	30.08	95%	0	90%
Perda de capacidade	MMm3/d	(8.1800)	(0.1334)	-	-	5%	-	95%	-	90%
Perda de receita	MMUS\$	(212.48)	(10.70)	-	(51.35)	5%	-	95%	51.35	90%
Penalidade contratual	MMUS\$	(212.48)	(10.70)	-	(51.35)	5%	-	95%	51.35	90%
VP das perdas	MMUS\$	(596.84)	(21.41)	-	(95.28)	5%	-	95%	95.28	90%
Recuperação de capacidade	MMm3/d	(4.2800)	2.7062	8.4800	-	5%	8.1800	95%	8.1800	90%
Receita evitada	MMUS\$	(47.34)	217.01	483.21	109.68	5%	329.57	95%	219.89	90%
Penalidade contratual evitada	MMUS\$	(47.34)	217.01	483.21	109.68	5%	329.57	95%	219.89	90%
VP das receitas	MMUS\$	(94.69)	434.02	966.41	219.35	5%	659.13	95%	439.78	90%
VPL	MMUS\$	(223.69)	305.02	837.41	90.35	5%	530.13	95%	439.78	90%

Alternativa (i) – sem equipamento reserva e com intervalo de confiança de 90%:

Perda potencial média = (455.43) MMUS\$

p1 = 5%, VP perdas potenciais = (676.64)

p2 = 95%, VP perdas potenciais = (250.86) MMUS\$

Alternativa (ii) – com cinco (5) equipamentos reserva e com intervalo de confiança de 90%:

Perda potencial média = (205.99) MMUS\$

p1 = 5%, VP perdas potenciais = (393.90)

p2 = 95%, VP perdas potenciais = (57.48) MMUS\$

VPL médio = 184.93 MMUS\$

p1 = 5%, VPL = (93.43) MMUS\$

p2 = 95%, VPL = 458.19 MMUS\$

Alternativa (iii) – com dez (10) equipamentos reserva e com intervalo de confiança de 90%:

Perda potencial média = (21.41) MMUS\$

p1 = 5%, VP perdas potenciais = (95.28) MMUS\$

p2 = 95%, VP perdas potenciais = 0

VPL médio = 305.02 MMUS\$

$$\begin{aligned} p1 = 5\%, & \quad \text{VPL} = 90.35 \text{ MMUS\$} \\ p2 = 95\%, & \quad \text{VPL} = 530.13 \text{ MMUS\$} \end{aligned}$$

### 9.3 Avaliação da análise econômica

Os resultados obtidos para as condições (ii) e (iii), acima, justificam a instalação de unidades compressoras reservas para todas as 10 (dez) estações de compressão, visto que foi a condição que apresentou o maior VPL.

Embora os investimentos em unidades compressoras reserva não tenham sido considerados no projeto original do gasoduto, ainda assim tornam-se necessário para mitigar a exposição aos riscos de perda de receita e penalidades contratuais.

A mitigação dos riscos envolveria adotar uma capacidade firme contratual de 21.90 (p1=5%) e média de 27.24 MMm<sup>3</sup>/d, para o caso de não se instalar equipamentos reservas; de 24.90 (p1=5%) e média de 28.80 MMm<sup>3</sup>/d, para o caso de se instalar 5 equipamentos reservas; e de 30.08 (p1=5%) e média de 29.95 MMm<sup>3</sup>/d, para o caso de se instalar 10 equipamentos reservas. As figuras 31, 32 e 33 apresentam a distribuição das capacidades, com intervalo de confiança de 90%, para cada alternativa considerada.

Se tal estudo fosse realizado na fase de projeto do gasoduto, o procedimento ideal seria a instalação de 10 máquinas reservas e a adoção da capacidade firme de 30.08 MMm<sup>3</sup>/d, incorporando os custos de capital relacionados com os equipamentos reserva na avaliação da tarifa de transporte.