

8 Aplicação do Modelo Proposto: Modelagem Estocástica

8.1

Modelagem Estocástica: Aplicação do Modelo Proposto

De forma a desenvolver uma modelagem híbrida, com o uso de opções reais, utilizou-se como base o projeto da MG-050, apresentado anteriormente. A este modelo, foi subtraído o valor da Contraprestação Adicional à Tarifa (CAT), que no cenário base representa a remuneração do concessionário mediante a obtenção de requisitos operacionais mínimos. Desta forma, o VPL determinístico do projeto é R\$ (71.178), o que indica sua inviabilidade.

Apesar da projeção de tráfego ser fornecida pelo DER/MG através do Edital, o nível de tráfego futuro da rodovia é incerto, uma vez que diversos fatores macro-econômicos podem exercer impacto sobre o tráfego esperado, o que representa um importante risco de mercado para o projeto.

Apesar da MG-050 ser uma rodovia já em utilização, não foi possível levantar dados históricos referentes à tráfego. No entanto, é amplamente aceita a idéia de que a demanda de tráfego é correlacionada com o PIB da área de influência do empreendimento. Para este caso, adotou-se uma volatilidade do tráfego de 4,68% a.a., calculada a partir do PIB estadual a preços constantes do Estado de Minas Gerais para o período de 1994 a 2006. Este período foi adotado por corresponder ao início do Plano Real.

Ano	PIB Estadual MG a preços constantes R\$ de 2000(mil)
2006	127.526.288
2005	121.395.176
2004	119.800.777
2003	108.626.396
2002	106.071.189
2001	104.186.279
2000	106.168.725

1999	99.539.507
1998	103.074.063
1997	104.686.677
1996	101.585.436
1995	95.285.180
1994	101.761.315

Tabela 17: PIB Estadual MG a preços constantes
Fonte: IPEADATA

Para o nível de tráfego inicial adotou-se o valor de 17.181.000 veículos equivalentes/ ano, conforme divulgado na Projeção de Tráfego contida no Edital do projeto. Uma vez que o tráfego inicial também é incerto, considerou-se como uma distribuição de probabilidade triangular para esse valor com uma variação de $\pm 15\%$ ou 14.603.850 e 19.758.150 respectivamente.

8.1.1 Tráfego neutro a risco

Para a análise de opções reais do projeto considerou-se que o valor do tráfego esperado varia estocasticamente no tempo, por um processo de difusão que segue um Movimento Geométrico Browniano na forma:

$$dS = \mu S dt + \sigma S dz \quad (6.3)$$

Onde:

μ = taxa de crescimento esperado do volume de tráfego;

σ = volatilidade;

$dz = \varepsilon \sqrt{dt}$; $\varepsilon = N(0,1)$ = incremento de *Wiener* padrão.

A modelagem na equação 5.3 implica que o tráfego (receita) nunca poderá assumir valores negativos e que sua volatilidade é constante no tempo. O nível de tráfego futuro pode ser discretizado em períodos anuais conforme a equação:

$$S_{t+1} = S_t e^{\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right) \Delta t + \sigma \varepsilon \sqrt{\Delta t}} \quad (6.4)$$

Onde:

S = tráfego diário médio anual.

Desta forma, o processo pode ser completamente especificado, considerando-se somente o Valor inicial de S_0 , sua taxa de crescimento ao ano e a volatilidade do processo.

A tabela a seguir ilustra os valores obtidos para a taxa de crescimento do volume de tráfego para o projeto da MG-050:

Ano	Tráfego Esperado	Taxa (μ)	Ano	Tráfego Esperado	Taxa (μ)
Ano 1	17.181.000	-	Ano 14	23.821.000	2,27%
Ano 2	17.762.000	3,33%	Ano 15	24.362.000	2,25%
Ano 3	18.365.000	3,34%	Ano 16	24.910.000	2,22%
Ano 4	18.827.000	2,48%	Ano 17	25.471.000	2,23%
Ano 5	19.295.000	2,46%	Ano 18	26.038.000	2,20%
Ano 6	19.771.000	2,44%	Ano 19	26.616.000	2,20%
Ano 7	20.251.000	2,40%	Ano 20	27.201.000	2,17%
Ano 8	20.740.000	2,39%	Ano 21	27.795.000	2,16%
Ano 9	21.236.000	2,36%	Ano 22	28.395.000	2,14%
Ano 10	21.737.000	2,33%	Ano 23	29.005.000	2,13%
Ano 11	22.246.000	2,31%	Ano 24	29.624.000	2,11%
Ano 12	22.762.000	2,29%	Ano 25	30.248.000	2,08%
Ano 13	23.287.000	2,28%			

Tabela 18: Taxa de crescimento do volume de tráfego esperado

Conforme citado anteriormente, estima-se a volatilidade do tráfego em 4,68%a.a.

A equação 5.3 representa o processo verdadeiro de evolução da receita do projeto. O modelo de precificação de opções reais, no entanto, exige a utilização de uma medida neutra a risco, representada pela equação a seguir:

$$dR_t = (\alpha_t - \lambda\sigma_R)R_t dt + \sigma_R R_t dz \quad (6.5)$$

onde:

$$\lambda\sigma_R = \text{Prêmio de risco das receitas.}$$

É possível estimar o prêmio de risco a partir dos fluxos de caixa e VPL do projeto. Uma vez que as receitas (em função do tráfego) correspondem a única fonte de incerteza do projeto, a correlação entre as variações da receita e o mercado será idêntica à correlação dos retornos do projeto com o mercado. Desta forma, definiu-se como premissa que o VPL do projeto sem opções, VPL determinístico do projeto é R\$ (71.178), é uma estimativa confiável do seu valor de mercado. Por consequência, deduz-se da taxa de crescimento do tráfego futuro o prêmio de risco. Neste caso, o prêmio de risco pode ser obtido através

da função atingir meta do software Microsoft Excel, igualando-se dois fluxos de caixa idênticos, onde o primeiro possui sua receita vinculadas ao tráfego estático enquanto no segundo o tráfego é modelado pelo processo neutro a risco, dado pela equação 5.5.

Para o projeto em questão, obteve-se o valor de 5,80% referente ao prêmio de risco. Com isto, é possível calcular a taxa de crescimento neutro a risco do tráfego, conforme ilustra a tabela a seguir:

Ano	Cresc. Real	Tráfego Estocástico	Cresc. Neutro a Risco	Ano	Cresc. Real	Tráfego Estocástico	Cresc. Neutro a Risco
Ano 1	-	17.181.000	-	Ano 14	2,27%	23.074.256	-3,54%
Ano 2	3,33%	17.718.536	-2,48%	Ano 15	2,25%	23.540.552	-3,56%
Ano 3	3,34%	18.275.232	-2,46%	Ano 16	2,22%	24.011.175	-3,58%
Ano 4	2,48%	18.689.129	-3,32%	Ano 17	2,23%	24.491.853	-3,58%
Ano 5	2,46%	19.106.833	-3,35%	Ano 18	2,20%	24.975.791	-3,60%
Ano 6	2,44%	19.530.283	-3,37%	Ano 19	2,20%	25.467.740	-3,61%
Ano 7	2,40%	19.955.488	-3,40%	Ano 20	2,17%	25.963.812	-3,63%
Ano 8	2,39%	20.387.342	-3,42%	Ano 21	2,16%	26.465.874	-3,64%
Ano 9	2,36%	20.823.827	-3,44%	Ano 22	2,14%	26.971.023	-3,67%
Ano 10	2,33%	21.262.945	-3,47%	Ano 23	2,13%	27.483.016	-3,68%
Ano 11	2,31%	21.707.595	-3,49%	Ano 24	2,11%	28.000.849	-3,69%
Ano 12	2,29%	22.156.756	-3,51%	Ano 25	2,08%	28.520.698	-3,72%
Ano 13	2,28%	22.612.328	-3,52%				

Tabela 19: Taxa de crescimento neutro a risco do tráfego

Adicionalmente, a modelagem foi realizada considerando-se um limite de tráfego máximo. Este limite foi estipulado de forma a evitar que o valor do tráfego assuma valores extremos, que não correspondam a realidade da capacidade máxima da rodovia em questão. Desta forma, considerou-se o limite de 1,2x sobre o tráfego projetado para o último ano de concessão.

A figura a seguir ilustra diferentes cenários obtidos pela modelagem proposta, bem como o efeito do limite de tráfego máximo considerado.

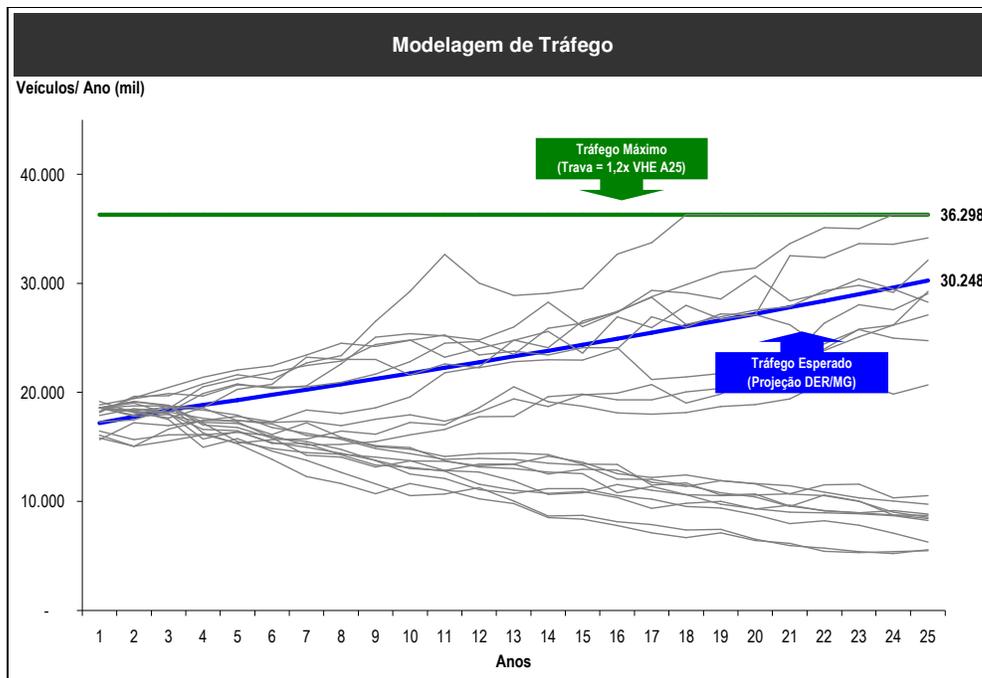


Figura 15: Modelagem de Tráfego

Após a modelagem do tráfego neutro a risco, é possível modelar as garantias. O item a seguir descreve o processo de valoração das garantias.

8.1.2 Valoração das Garantias

O valor das garantias é obtido através de uma simulação de Monte Carlo, sendo estas compostas por uma série de 24 opções europeias independentes entre si, com prazo de maturidade que variam entre 2 e 25 anos. Para o cálculo das garantias o primeiro ano não foi considerado uma vez que o concessionário somente fará jus à exploração comercial após o 13º mês, com o término das intervenções obrigatórias, conforme definido no edital do projeto.

Uma vez definido o processo neutro a risco, diferentes cenários futuros são simulados considerando-se a possibilidade de exercício da opção sempre que o valor da tráfego em determinado ano for inferior ao piso de tráfego mínimo garantido.

A receita do projeto no ano t pode ser determinada através da equação:

$$R(t) = \max(R_t, H_t) \quad (6.6)$$

Onde:

R_t = receita observada do projeto no ano t ;

H_t = garantia governamental no ano t .

A garantia governamental concedida pode ser calculada conforme a expressão:

$$G(t) = \max(0, H_t - R_t) \quad (6.7)$$

Desconta-se, então, o valor esperado das opções a valor presente pela taxa livre de risco. Neste trabalho, considera-se a taxa livre de risco igual a 8% a.a., obtida subtraindo a projeção para o IPCA (5%) da SELIC (13%). O valor da garantia representa, portanto, o somatório dos valores esperados das 24 opções modeladas.

$$\text{Valor da Garantia} = \sum_{i=2}^{25} \text{Valor da Opção}_i \quad (6.8)$$

O valor do projeto com a garantia de receita mínima pode ser obtido pela adição do valor de todas as 24 opções ao VPL estático do projeto.

A seguir, foram realizadas simulações de forma a obter o total agregado pelo somatório de todas as garantias ao longo da vida útil da concessão para diferentes níveis de garantia. A tabela a seguir sintetiza o valor das opções para cada nível de garantia oferecido.

Nível Garantia (%)	Valor da Garantia (R\$ mil)	Nível Garantia (%)	Valor da Garantia (R\$ mil)	Nível Garantia (%)	Valor da Garantia (R\$ mil)
0%	-	85%	161.154,30	170%	678.524,90
5%	-	90%	187.740,40	175%	709.550,30
10%	-	95%	216.885,60	180%	740.451,10
15%	5,7561	100%	245.702,00	185%	770.401,00
20%	146,71	105%	275.736,10	190%	802.768,10
25%	971,68	110%	306.028,20	195%	832.318,60
30%	3.162,98	115%	337.635,00	200%	863.631,80
35%	7.241,50	120%	368.626,90	210%	894.752,90
40%	13.437,46	125%	399.997,50	215%	926.361,40
45%	21.380,49	130%	431.448,80	220%	957.410,80
50%	31.717,38	135%	461.636,00	225%	987.805,00
55%	44.252,13	140%	491.753,50	230%	1.019.036,00
60%	58.169,88	145%	523.455,00	235%	1.049.812,00
65%	74.795,24	150%	554.066,80	240%	1.081.095,00
70%	93.433,97	155%	585.169,10	245%	1.111.331,00
75%	113.882,50	160%	616.566,60	250%	1.143.254,00
80%	136.445,20	165%	647.434,80		

Tabela 20: Valor das Opções x Nível de Garantia Oferecido

Conforme mencionado, o valor expandido do projeto se altera mediante os níveis de garantia concedidos. O gráfico a seguir ilustra a relação entre VPL do projeto e os diferentes níveis de garantia. Pode-se verificar que a partir de uma garantia de piso de tráfego superior a 65%, o projeto apresentaria viabilidade ($VPL > 0$), com um VPL de aproximadamente R\$3,6 milhões. Uma garantia de 130% do valor do tráfego, por sua vez, representa um VPL de aproximadamente R\$ 360,2 milhões.

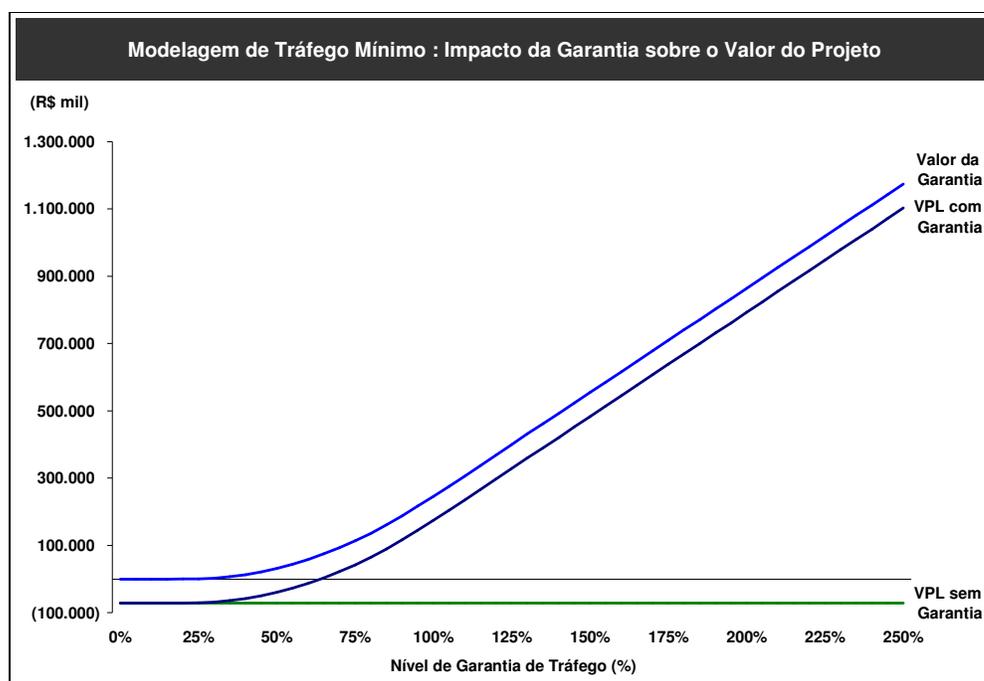


Figura 16: VPL do Projeto x Níveis de Garantias

8.1.3 Valor Esperado de Desembolso do Governo

Os desembolsos a serem realizados pelo governo durante o período de concessão possuem valor idêntico ao valor das garantias para o concessionário (Tabela 20).

Uma vez que estes valores representam a média de repasses que poderão efetivamente ser realizados ao concessionário, pode-se concluir que o governo incorre em um risco significativo já que existe a probabilidade de que esses repasses sejam substancialmente maiores do que o esperado.

Não seria aconselhável desconsiderar esse risco. A solução adotada como forma de reduzir o risco do governo foi adotar uma trava nas opções. Neste trabalho, optou-se por utilizar o valor correspondente à Contraprestação Adicional à Tarifa, pela suposição de que este seria um montante para o qual o poder concedente possui certo grau de conforto em sua adoção uma vez que o estipulou no Edital da concessão.

Limitar a garantia de tráfego mínimo a R\$ 35 milhões/ ano possui o efeito prático de tornar o risco da modelagem das garantias por opções reais igual ou menor do que ao oferecido pela CAT, sob o ponto de vista do poder público. A equação a seguir ilustra a modelagem desta trava:

$$G(t) = \max(H_t - R_t, CAT) \quad (6.9)$$

Onde:

CAT = Contraprestação Adicional à Tarifa = R\$ 35 milhões.

Com a garantia travada em R\$35 milhões/ ano, o valor máximo repassado pelo governo ao ano será de R\$ 35 milhões. No entanto, continua existindo a possibilidade de que este repasse seja um valor inferior à trava. Para o cenário com a CAT esta possibilidade não existe, uma vez que o concessionário fará jus ao recebimento da contraprestação mediante o cumprimento dos indicadores operacionais estipulados pelo QID.

A tabela a seguir ilustra a comparação entre os valores das opções sem trava e com trava para cada nível de garantia oferecido:

Nível Garantia (%)	Valor da Garantia sem Trava (R\$ mil)	Valor da Garantia com Trava (R\$ mil)	Nível Garantia (%)	Valor da Garantia sem Trava (R\$ mil)	Valor da Garantia com Trava (R\$ mil)
0%	-	-	130%	431.448,80	431.448,80
5%	-	-	135%	461.636,00	461.636,00
10%	-	-	140%	491.753,50	491.753,50
15%	5.7561	5.7561	145%	523.455,00	523.453,90
20%	146,71	146,71	150%	554.066,80	554.047,30
25%	971,68	971,68	155%	585.169,10	584.978,40
30%	3.162,98	3.162,98	160%	616.566,60	615.525,30
35%	7.241,50	7.241,50	165%	647.434,80	643.825,10
40%	13.437,46	13.437,46	170%	678.524,90	669.286,90
45%	21.380,49	21.380,49	175%	709.550,30	690.907,20
50%	31.717,38	31.717,38	180%	740.451,10	708.634,20
55%	44.252,13	44.252,13	185%	770.401,00	723.105,80
60%	58.169,88	58.169,88	190%	802.768,10	736.438,60
65%	74.795,24	74.795,24	195%	832.318,60	747.300,90
70%	93.433,97	93.433,97	200%	863.631,80	757.700,90
75%	113.882,50	113.882,50	205%	894.752,90	766.652,30
80%	136.445,20	136.445,20	210%	926.361,40	775.004,10
85%	161.154,30	161.154,30	215%	957.410,80	782.476,80
90%	187.740,40	187.740,40	220%	987.805,00	789.063,20
95%	216.885,60	216.885,60	225%	1.019.036,00	795.233,80
100%	245.702,00	245.702,00	230%	1.049.812,00	800.851,80
105%	275.736,10	275.736,10	235%	1.081.095,00	805.878,60
110%	306.028,20	306.028,20	240%	1.111.331,00	810.457,40
115%	337.635,00	337.635,00	245%	1.143.254,00	814.730,90
120%	368.626,90	368.626,90	250%	1.173.887,00	818.488,10
125%	399.997,50	399.997,50			

Tabela 21: Valor das Opções sem Trava e Opções com Trava x Nível de Garantia Oferecido

Pode-se verificar que somente após uma garantia de 145% de tráfego mínimo para o projeto os valores das garantias modeladas com e sem trava começam a diferir. A modelagem da opção com trava tem por efeito evitar a incidência de valores extremos no repasse para o concessionário, à medida que o nível de garantia oferecida avança.

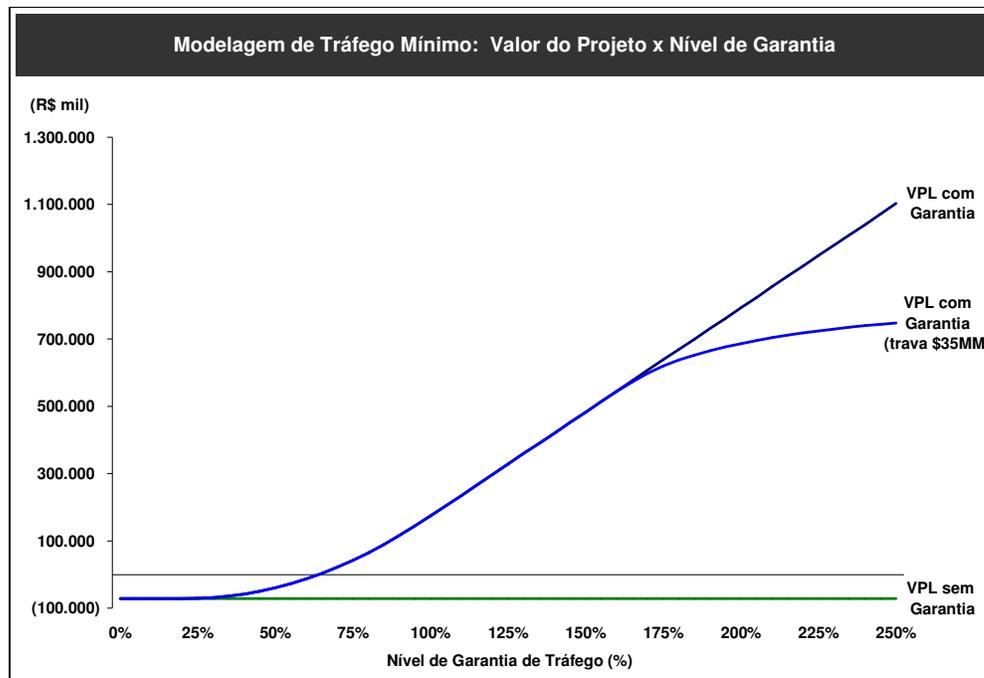


Figura 17: VPL do Projeto com e sem Garantias x Níveis de Garantias

Esta modelagem poderia ser realizada para valores inferiores a R\$ 35 milhões de forma a diminuir ainda mais o risco (de desembolsos) do projeto, sob a ótica do poder público.

Ao adicionarmos à comparação o VPL do projeto base (VPL=R\$ 108,6 milhões) com Contraprestação Adicional à Tarifa, pode-se observar que uma garantia de tráfego mínimo igual a 90% já seria suficiente para oferecer um resultado muito próximo ao VPL obtido no projeto base, que conta com o repasse fixo da CAT. A garantia de piso mínimo de tráfego igual a 90% resulta em VPL de aproximadamente R\$ 116,5 milhões.

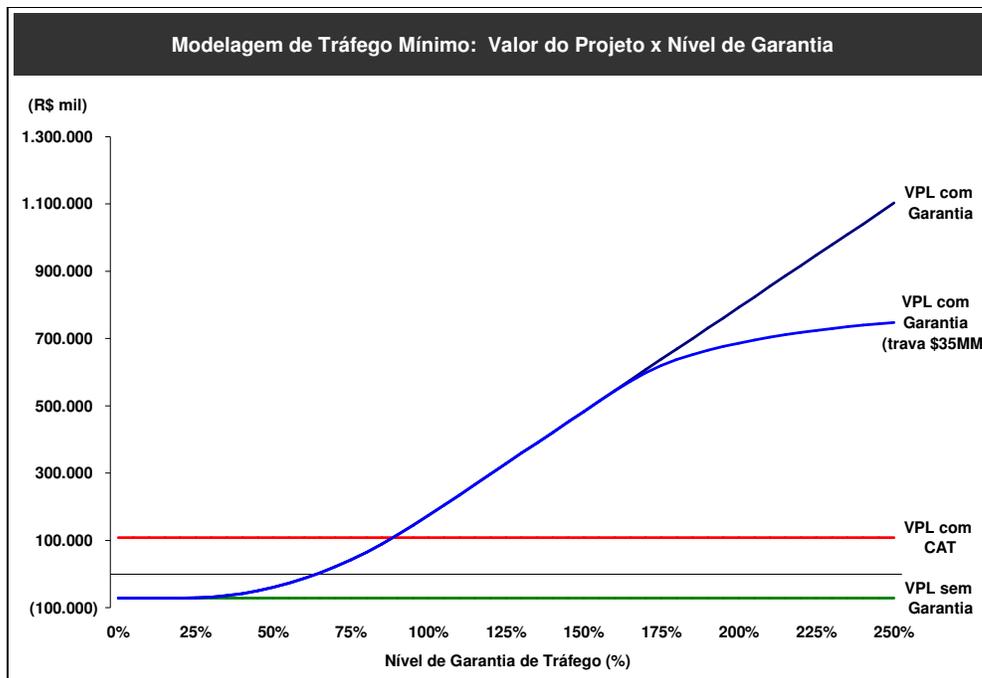


Figura 18: VPL do Projeto x Níveis de Garantias

O valor presente dos repasses anuais (de R\$ 35 milhões) referentes à Contraprestação Adicional à Tarifa totaliza R\$ 274,5 milhões. Este seria o valor presente dos desembolsos do governo no projeto base. Com a garantia de tráfego, a um nível de 90%, o valor presente de desembolso do governo seria de aproximadamente R\$187,7 milhões, um valor significativamente menor.

É importante notar que a medida que o governo opta por elevar o nível de garantia oferecido, este colabora para a redução do risco de demanda para o concessionário. Pelo modelo proposto, o governo poderia optar por oferecer uma garantia que cobre 105% do tráfego e possui um valor de R\$ 275,7 milhões. Ou seja, para um mesmo nível de desembolso o governo poderia estipular uma garantia superior a 100% do tráfego esperado, eliminando para o concessionário o risco de oscilações inferiores ao tráfego projetado.

Pode-se constatar que a modelagem a concessão de garantias de demanda mínima, para o caso da MG-050, se apresenta como um instrumento eficiente para a alocação de riscos e recursos.