

7

Projeto de Concessão Rodoviária na Presença de Opções Reais

Como aplicação da Teoria de Opções Reais a projetos que envolvam conceitos de *project finance* e PPP, decidiu-se pela avaliação de opções presentes em uma concessão rodoviária que, para atrair interesse da iniciativa privada, precisa ser concedida com garantias governamentais.

O projeto hipotético se baseia em uma rodovia que, apesar de sua importância econômico-social para a região onde se localiza, apresenta alto risco e frágil viabilidade econômica. A participação do setor privado depende de uma atuação governamental para que haja fluxos adicionais de receita a partir da implantação de uma PPP e que justifiquem a entrada de um parceiro privado no projeto. A modelagem da participação privada pressupõe um financiamento sob *project finance*.

Trata-se, assim, de um projeto de concessão rodoviária, cujo prazo é de 25 anos, sendo a análise de fluxo de caixa realizada em base anual. A garantia modelada é a de limite de tráfego mínimo, seguindo o padrão do projeto da Linha 4 do Metrô de São Paulo, complementada com situações de repasse de receita ao governo por limite de tráfego máximo, capacidade de tráfego máximo na rodovia e avaliação da opção de abandono inerente à estrutura de *project finance*.

7.1

Dados do Projeto

7.1.1

Receita

A receita do projeto, proveniente da cobrança do pedágio, é dada por:

$$R_t = p \theta_t (1 - \tau) d \quad (7.1)$$

onde p é o valor do pedágio

θ_t é o tráfego no período correspondente, sendo uma média diária do número de veículos equivalentes

τ é a alíquota de impostos diretos incidentes sobre a receita

d é o número de dias de operação da rodovia

O tráfego é dado em número de veículos equivalentes por dia, cujo conceito facilita a análise financeira, pois considera que a tarifa é a mesma para todos os veículos. O que muda é a proporção que cada veículo representa relativamente a um veículo básico escolhido como referência⁶⁷.

O valor do pedágio utilizado foi R\$ 5,50 ao longo dos 25 anos de concessão. Na prática, contratualmente, o reajuste normalmente é realizado com base em algum índice de inflação. Para facilitar a modelagem, foi considerado o valor real constante, de forma que este tratamento também foi dado aos custos e à taxa livre de risco.

O percentual de impostos diretos incidentes sobre a receita utilizado foi de 14%⁶⁸. A rodovia opera durante o ano todo, de forma que o número de dias de operação ao longo do ano é 365.

As receitas começam a ser auferidas apenas a partir de ano “2” da concessão, dado que os investimentos iniciais são realizados nos anos “0” e “1”.

7.1.2 Modelagem do Tráfego

Na bibliografia que considera opções presentes em projetos de rodovias, alguns autores (Rose, 1998; Irwin, 2003; Huang e Chou, 2005; Wei-hua e Da-shuang, 2006; Galera, 2006; Irwin, 2007) modelam a variável de risco (o tráfego ou a receita) de forma simples, considerando um Movimento Geométrico Browniano (MGB).

⁶⁷ O total de veículos equivalentes corresponde ao número total de veículos pedagidos, considerando seus respectivos fatores multiplicadores de tarifa, de forma que o produto pela tarifa básica de pedágio corresponde ao total de receita arrecadado (<http://www.antt.gov.br>).

⁶⁸ Percentual composto pelos seguintes encargos: PIS, COFINS, ISS, CPMF e percentual cobrado pela ANTT (Brandão e Saraiva, 2007). Análises futuras não devem incluir o percentual da CPMF, já extinto.

Chiara, Garvin e Vecer (2007) e Garvin e Cheah (2004), argumentam que o MGB – com *drift* e volatilidade constantes – não é o melhor movimento para descrever o comportamento do tráfego em uma rodovia.

Considerando o trabalho de Brandão e Cury (2006), de Brandão e Saraiva (2007) e de Garvin e Cheah (2004), as projeções de tráfego mostram que o *drift* é considerado variável, assumindo valores altos no início da concessão e caindo ao longo dos anos da concessão para níveis aproximadamente constantes. Zhao, Sundararajan e Tseng (2004) também consideram o movimento do tráfego com *drift* variável. Galera (2006) menciona que, na realidade, a taxa de crescimento do tráfego deveria ser considerada de forma decrescente por períodos durante o tempo de concessão, mas, simplificada, aproxima uma média de crescimento constante para utilizar a equação do MGB e propor uma solução analítica para as opções presentes em uma concessão rodoviária. Irwin (2003) ressalta que, com este movimento, a análise se torna relativamente simples e plausível, mas que esta não é a única alternativa de modelagem.

O projeto proposto neste trabalho será modelado da forma mais simples, considerando o tráfego, e conseqüentemente a receita⁶⁹, como MGB, para que se possa aplicar, além da simulação de Monte Carlo, a solução analítica desenvolvida por Galera (2006) para as opções de garantia por piso e repasse por teto de tráfego. A extensão para outros movimentos é imediata partindo da modelagem por simulação, de modo que os dados podem ser recalculados a partir de uma redefinição das equações de discretização.

O processo estocástico que descreve o tráfego é, então:

$$\frac{d\theta}{\theta} = \alpha dt + \sigma dz \quad (7.2)$$

onde θ é o tráfego

α é a taxa de crescimento esperada, representando o termo de tendência (“*drift*”)

σ é a volatilidade do tráfego

dz é um processo de Wiener

⁶⁹ A receita é determinada pela multiplicação da tarifa constante pelo tráfego.

7.1.2.1 Estimativa de Parâmetros

Para estimativa dos parâmetros de *drift* e volatilidade, foram analisados dados trimestrais de tráfego disponíveis para as concessões rodoviárias controladas pelas empresas CCR e OHL Brasil. Os dados estão apresentados no Apêndice 10.2.

Dada a suposição de que o processo que descreve o tráfego é o MGB, os parâmetros podem ser estimados como⁷⁰:

$$\ln(\theta_t) = \alpha + \ln(\theta_{t-1}) + \varepsilon_t \quad (7.3)$$

$$\Rightarrow \varepsilon_t \sim N\left(0, \frac{\sigma^2}{n}\right) \text{ onde } n = 4 \text{ (pois os dados são trimestrais)}$$

Logo:

$$\sigma^2 = n \operatorname{var} \left[\ln \left(\frac{\theta_t}{\theta_{t-1}} \right) \right] \quad (7.4)$$

$$\alpha = n \left[E \left[\ln \left(\frac{\theta_t}{\theta_{t-1}} \right) \right] + 0,5 \frac{\sigma^2}{n} \right] \quad (7.5)$$

Desta forma, foram obtidos os seguintes valores a partir dos dados das concessões da CCR:

Concessão*	σ	α
Autoban	10,89 %	8,19%
NovaDutra	15,08%	8,38%
Rodonorte	12,20%	3,68%
Ponte	7,10%	0,51%
ViaLagos	63,96%	15,49%
Consolidado	8,20%	5,87%

* dados desde jan/00

Tabela 6 - Parâmetros das concessões da CCR

⁷⁰ Fórmula utilizada conforme Winston (1998), extraída de <http://www.puc-rio.br/marco.ind/ind2072.html>.

Com base nos dados trimestrais das concessões da OHL Brasil, foram obtidos os seguintes valores:

Concessão**	σ	α
AutoVias	8,05%	5,50%
CentroVias	12,53%	6,24%
InterVias***	14,82%	7,73%
ViaNorte***	16,68%	6,59%
Consolidado	12,82%	6,66%

** dados desde jan/03

***inclui período em que não era concessão da empresa

Tabela 7 - Parâmetros das concessões da OHL

Na modelagem do problema, os valores considerados foram:

$$\sigma = 10\% \text{ a. a.}$$

$$\alpha = 4\% \text{ a. a.}^{71}$$

A modelagem para a neutralidade ao risco utilizada, assim com trabalhos de Brandão e Saraiva (2007) e Galera (2006), partiu da metodologia proposta por Hull (2006), apresentada no Capítulo 6. Esta metodologia também está presente nos trabalhos de Schwartz e Moon (2000) e Irwin (2003).

7.1.2.2 Tráfego Esperado

Dado o MGB com os parâmetros escolhidos na seção anterior e considerando como tráfego inicial de referência 100.000 veículos equivalentes em média por dia no ano “0”, os valores utilizados como tráfego esperado a cada período foram⁷²:

⁷¹ Foi considerado um valor menor do que os consolidados, dado que se trata de uma rodovia cujo investimento não é atrativo para a iniciativa privada, supondo assim um crescimento abaixo do esperado, de forma que seja necessária alguma atuação do governo para estimular a participação privada.

⁷² Os dados foram obtidos considerando que o valor esperado de uma variável que segue MGB é dado por $E[\theta] = \theta_0 e^{at}$ (Dixit e Pindyck, 1994, Capítulo 3, p.71)

Ano	Tráfego Esperado ⁷³ (veículos equivalentes)
0	-
1	-
2	108.329
3	112.750
4	117.351
5	122.140
6	127.125
7	132.313
8	137.713
9	143.333
10	149.182
11	155.271
12	161.607
13	168.203
14	175.067
15	182.212
16	189.648
17	197.388
18	205.443
19	213.828
20	222.554
21	231.637
22	241.090
23	250.929
24	261.170
25	271.828

Tabela 8 – Valores esperados para o tráfego a cada ano

Considerando as estimativas de *drift* e volatilidade da seção anterior, podem ser estabelecidos os intervalos de confiança dos valores do tráfego a cada ano do período de concessão. O MGB seguido pelo tráfego será:

$$\frac{d\theta}{\theta} = 0,04 dt + 0,1 dz \quad (7.6)$$

Para o valor do tráfego a cada ano, ter-se-á:

$$\theta_t = \theta_0 e^{\left(\alpha - \frac{\sigma^2}{2}\right)t + \sigma \varepsilon \sqrt{t}} \quad (7.7)$$

$$\theta_t = \theta_0 e^{0,035t + 0,1\varepsilon\sqrt{t}} \quad (7.8)$$

onde $\varepsilon \sim N(0,1)$

⁷³ Nos anos “0” e “1” não há ainda veículos trafegando pela rodovia. O dado no ano “0” é utilizado apenas como referência para cálculo dos valores esperados do tráfego a partir do ano “2”.

Desta forma, graficamente, os intervalos de confiança de 90% e 95% para o tráfego a cada ano serão:

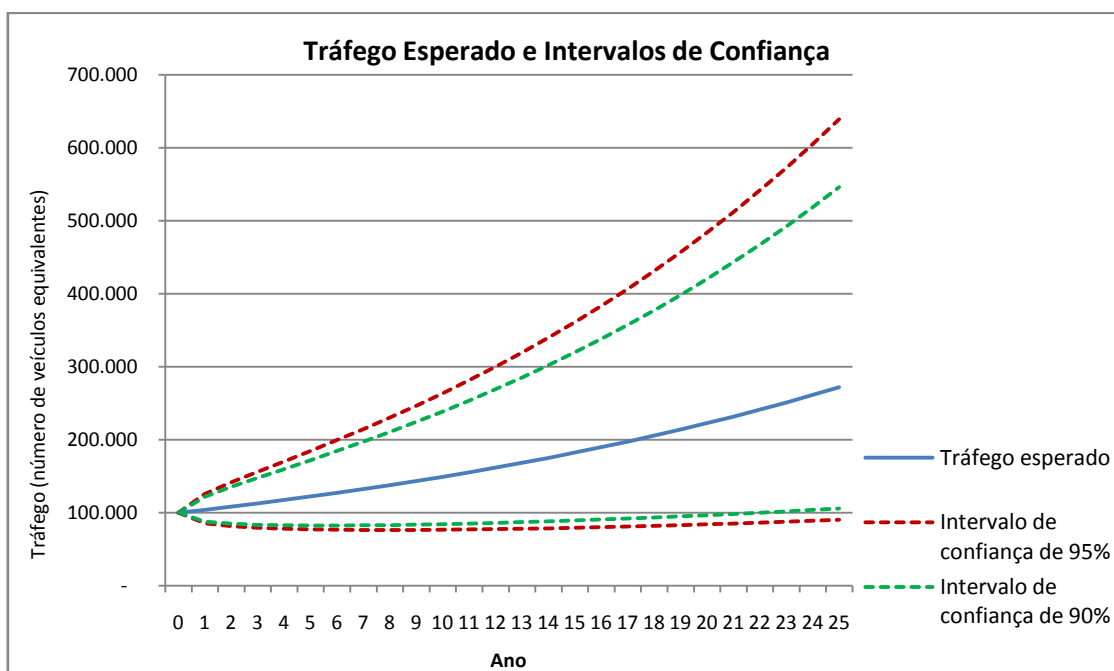


Figura 4 – Tráfego esperado e Intervalos de confiança

7.1.3 Investimento e Custos

Os dados de investimento e custos foram:

- Investimento realizado nos 2 primeiros anos, no total de R\$ 1 bilhão de reais, sendo R\$ 500 milhões no ano “0” e R\$ 500 milhões no ano “1”.
- Custos operacionais fixos no ano “1” no valor de R\$ 30 milhões e no do ano “2” até o final da concessão no valor de R\$ 60 milhões por ano⁷⁴.
- Custos de manutenção no valor de R\$ 50 milhões do ano “2” até o ano “9”, R\$ 70 milhões do ano “10” ao ano “18” e R\$ 90 milhões do ano “19” ao final da concessão, que corresponde ao ano “25”.
- Depreciação do investimento ao longo de 15 anos.

⁷⁴ Tendo em vista que ainda são realizados investimentos de implantação no ano “1” e que as receitas provenientes da operação começam a partir do ano “2”, os custos operacionais são diferentes comparando estes dois períodos.

7.1.4 Financiamento

Tendo em vista a grande utilização da estrutura de *project finance* em projetos de infra-estrutura na área de transporte, a suposição é de que os acionistas estejam criando uma SPE cujo negócio é a operação da concessão obtida.

Neste caso, o financiamento considerado foi de 70% do valor do investimento inicial total durante os dois primeiros anos, cuja liberação se dá de acordo com a necessidade de realização – ou seja, 50% no ano “0” e 50% no ano “1”.

As características do financiamento são:

- Montante total de R\$ 700 milhões, com desembolso de R\$ 350 milhões no ano “0” e R\$ 350 milhões no ano “1”.
- Taxa real de 8% a.a., com carência de 2 anos e prazo de 15 anos para amortização.
- O modelo de pagamento utilizado é o SAC – Sistema de Amortizações Constantes.

7.1.5 Fluxo de Caixa e Taxa de Desconto

Com base nos investimentos, nas receitas, nos custos e no serviço da dívida, o lucro do acionista e o fluxo de caixa ao acionista a cada período são calculados da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \text{Lucro Líquido} &= \\ &= (\text{Receita} - \text{Custos Oper.} - \text{Custos de Manut.} - \text{Depreciação} - \text{Juros})(1 - IR) \end{aligned}$$

$$FC = \text{Lucro Líquido} + \text{Deprec.} - \text{Amortização} - \text{Investimento} \quad (7.9)$$

onde IR é a alíquota de imposto de renda, considerada no projeto como 34% sobre o lucro líquido, que só incide caso este seja positivo.

Para cálculo do VPL (Valor Presente Líquido), ao invés de uma estimativa da taxa de desconto adequada ao risco (no caso, o custo de capital do acionista), foi utilizada a simulação neutra ao risco para que o desconto dos fluxos de caixa pudesse ser realizado à taxa livre de risco. A taxa livre de risco real utilizada na modelagem foi de 6% a.a.

7.2 Metodologia

Para estimular a participação da iniciativa privada no projeto, a estrutura proposta envolve garantias governamentais baseadas em pisos de tráfego, nos casos em que o tráfego cai a valores abaixo dos desejados, bem como repasses de receita baseados em tetos de tráfego, nos casos em que o tráfego atinge níveis acima do esperado.

A metodologia adotada envolve o cálculo dos valores destas opções de forma analítica, segundo o modelo de Galera (2006), e por simulação de Monte Carlo, como utilizado por Brandão e Saraiva (2007). São analisados os impactos no VPL esperado e na TIR (Taxa Interna de Retorno)⁷⁵, bem como a situação de capacidade de tráfego máximo na rodovia.

Em seguida, é avaliada a opção de abandono por parte do acionista, tendo em vista que o financiamento é realizado através de *project finance*. Neste caso, é analisada a interação entre esta opção e as de garantia e repasse, bem como a probabilidade e o tempo médio de abandono.

Para todas as situações apresentadas, foram realizadas simulações de Monte Carlo, neutras ao risco ou reais, dependendo da informação a ser obtida, conforme detalhado nos procedimentos de obtenção dos resultados.

7.2.1 Modelagem das Opções de Garantia por Tráfego Mínimo e Repasse por Tráfego Máximo

Os dados originais deste projeto hipotético foram escolhidos de forma que o VPL fosse relativamente baixo diante do risco associado ao projeto. Assim, para torná-lo interessante à iniciativa privada, a proposta é a implementação de uma PPP em que o governo oferece garantia de tráfego mínimo.

Muitos trabalhos abordados na bibliografia consideram a avaliação de garantia de tráfego ou de receita (Irwin, 2003 e 2007; Wibowo, 2004; Huang e Chou, 2005; Cheah e Liu, 2006; Brandão e Cury, 2006; Galera, 2006; Chiara, Garvin e Vecer, 2007; Brandão e Saraiva, 2007). A avaliação quantitativa da garantia de tráfego é de extrema importância para que o risco do projeto seja

⁷⁵ Decidiu-se por calcular a TIR também dado que este é um índice bastante comentado na bibliografia consultada sobre concessões rodoviárias.

alocado da forma mais justa entre as partes. Ela deve ter seus parâmetros de percentuais de recomposição bem calibrados de modo o governo consiga tornar o projeto interessante para o parceiro privado, sem assumir um risco acima do desejado. Ao mesmo tempo, além de tornar o projeto viável, a construção da garantia deve evitar que o parceiro privado abandone o projeto antes do término do período de concessão.

Muitas vezes, esta garantia vem combinada com o repasse de receita, como mencionado por Vassallo (2006) e Irwin (2007) e em modelagens de alguns autores (Cheah e Liu, 2006; Brandão e Cury, 2006; Galera, 2006; Brandão e Saraiva, 2007). Este repasse a partir de um determinado nível de teto de tráfego tem como objetivo limitar ganhos excessivos por parte do concessionário.

A proposta de modelagem deste trabalho considera parâmetros adicionais neste tipo de garantia ao se basear no modelo prático utilizado na PPP da Linha 4 do Metrô de São Paulo. Conforme abordado no Capítulo 6, são definidos dois pisos de demanda abaixo dos quais há pagamento adicional do governo ao concessionário, que varia dependendo da faixa em que a demanda real se encontrar. Da mesma forma, são definidos dois valores de teto de demanda, simétricos aos pisos, acima dos quais há um repasse de receita do concessionário ao governo. Toda a descrição, representação visual e exemplo numérico podem ser observados na seção 6.5.

No caso da concessão rodoviária, a demanda corresponderia ao tráfego, de modo que para cada faixa de tráfego (definida a partir de percentuais do valor esperado a cada período), o governo recomporia ou receberia uma parte da receita.

As garantias de tráfego mínimo, presentes em cada ano da concessão, serão então modeladas como opções européias de venda (*puts*), já que, a cada período, compara-se o tráfego real com um valor de tráfego mínimo garantido, de forma que se o valor real for menor, o governo paga ao concessionário uma receita adicional. Quando se consideram dois níveis de tráfego mínimo com diferentes percentuais de recomposição, têm-se duas opções européias de venda a cada período, cujo detentor é o concessionário. Os repasses por tráfego máximo podem ser modelados de forma análoga como opções européias de compra (*calls*), já que, a cada período, compara-se o tráfego real com um valor de tráfego máximo permitido, de forma que se o valor real for maior, o concessionário repassa ao governo parte da receita. Do mesmo modo, quando se consideram dois níveis de

tráfego máximo com diferentes percentuais de repasse, têm-se duas opções européias de compra a cada período, cujo detentor é o governo.

Como o prazo da concessão é de 25 anos, o concessionário terá 25 *puts* para o primeiro piso de tráfego e 25 *puts* para o segundo piso, e o governo terá 25 *calls* para o primeiro teto de tráfego e 25 *calls* para o segundo teto.

Considerando as opções presentes na PPP Metrô de São Paulo descritas na seção 6.5, a modelagem agora é apresentada de forma genérica. Sejam θ_i e $\bar{\theta}_i$ o tráfego real e o tráfego esperado no ano i , respectivamente, dados em número de veículos equivalentes médio por dia. Sejam a_1 e a_2 percentuais menores do que 100% definidos sobre o tráfego médio por dia esperado do ano i ($a_1 > a_2$). Sejam b_1 e b_2 percentuais maiores do que 100% definidos sobre o tráfego médio por dia esperado do ano i ($b_1 < b_2$). Sejam y_1 e y_2 percentuais previamente estabelecidos ($y_1 < y_2$), considerados como a parcela de receita que será recebida ou repassada pelo concessionário.⁷⁶ Analogamente à modelagem das opções na Linha 4 do Metrô de São Paulo, podem-se escrever as relações a seguir.

A primeira *put* no ano i possui as seguintes características:

$$\text{Preço de exercício: } K_{1i} = a_1 \bar{\theta}_i \quad (7.10)$$

$$\text{Payoff em tráfego: } P_{1i} = y_1 \max(K_{1i} - \theta_i, 0) \quad (7.11)$$

$$\text{Payoff em receita: } RG_{1i} = P_{1i} \cdot 365 \cdot (1 - \tau) \cdot p \quad (7.12)$$

$$\therefore RG_{1i} = [y_1 \max(a_1 \bar{\theta}_i - \theta_i, 0)] \cdot 365 \cdot (1 - \tau) \cdot p \quad (7.13)$$

onde p é o pedágio e τ é a alíquota de impostos diretos sobre receita

A segunda *put* no ano i possui as seguintes características:

$$\text{Preço de exercício: } K_{2i} = a_2 \bar{\theta}_i \quad (7.14)$$

$$\text{Payoff em tráfego: } P_{2i} = (y_2 - y_1) \max(K_{2i} - \theta_i, 0) \quad (7.15)$$

$$\text{Payoff em receita: } RG_{2i} = P_{2i} \cdot 365 \cdot (1 - \tau) \cdot p \quad (7.16)$$

$$\therefore RG_{2i} = [(y_2 - y_1) \max(a_2 \bar{\theta}_i - \theta_i, 0)] \cdot 365 \cdot (1 - \tau) \cdot p \quad (7.17)$$

A primeira *call* no ano i possui as seguintes características:

⁷⁶ Ilustrativamente, no caso na PPP do metrô, considerando os dois primeiros níveis de tráfego mínimo, é como se $a_1=90\%$, $a_2=80\%$, $b_1=110\%$, $b_2=120\%$, $y_1=60\%$ e $y_2=90\%$. Ou seja, para tráfego entre 90% e 80%, o governo repõe 60% do valor esperado; para tráfego abaixo de 80%, o governo repõe 90% do valor esperado (na realidade, em “degrau”, ou seja, 60% do que faltar até 80% e 90% do que faltar de 80% em diante). Os repasses caso o tráfego esteja entre 110% e 120% ou acima de 120% são análogos e simétricos aos pagamentos.

$$\text{Preço de exercício: } X_{1i} = b_1 \bar{\theta}_i \quad (7.18)$$

$$\text{Payoff em tráfego}^{77}: C_{1i} = -y_1 \max(\theta_i - X_{1i}, 0) \quad (7.19)$$

$$\text{Payoff em receita: } RR_{1i} = C_{1i} \cdot 365 \cdot (1 - \tau) \cdot p \quad (7.20)$$

$$\therefore RR_{1i} = -[y_1 \max(\theta_i - b_1 \bar{\theta}_i, 0)] \cdot 365 \cdot (1 - \tau) \cdot p \quad (7.21)$$

A segunda *call* possui as seguintes características:

$$\text{Preço de exercício: } X_{2i} = b_2 \bar{\theta}_i \quad (7.22)$$

$$\text{Payoff em tráfego: } C_{2i} = -(y_2 - y_1) \max(\theta_i - X_{2i}, 0) \quad (7.23)$$

$$\text{Payoff em receita: } RR_{2i} = P_{2i} \cdot 365 \cdot (1 - \tau) \cdot p \quad (7.24)$$

$$\therefore RR_{2i} = -[(y_2 - y_1) \max(\theta_i - b_2 \bar{\theta}_i, 0)] \cdot 365 \cdot (1 - \tau) \cdot p \quad (7.25)$$

Esta composição de garantias e repasses a cada período torna a receita mais estável do ponto de vista do concessionário. Graficamente, esta característica pode ser vista da seguinte forma⁷⁸:

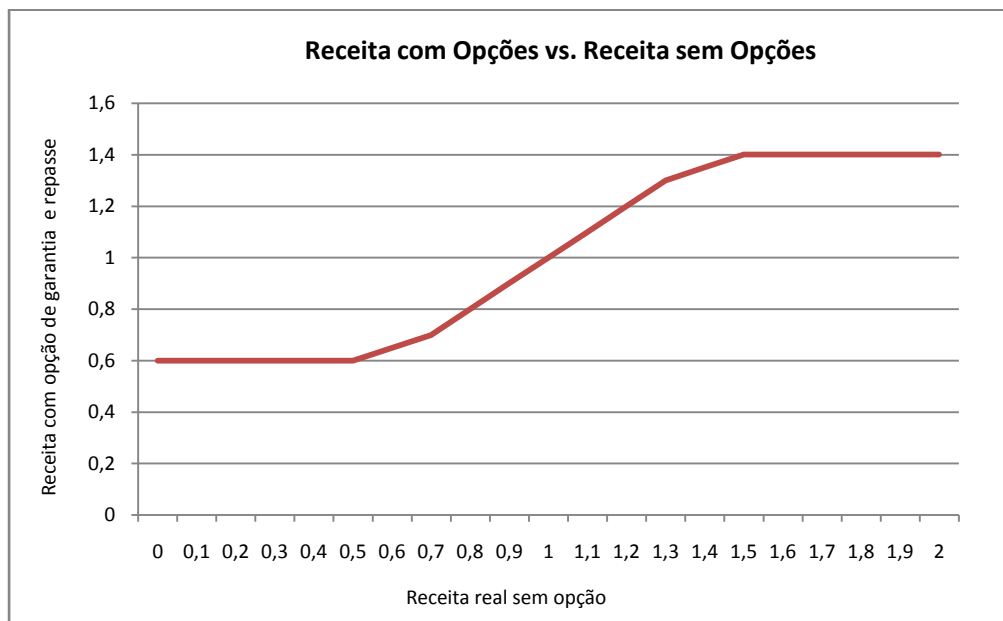


Figura 5 - Receita com Opções versus Receita sem Opções (caso com dois níveis de de piso e teto de tráfego)

Ao longo deste capítulo, na maior parte das análises, estará sendo considerado apenas um nível de opção de garantia e um nível opção de repasse a

⁷⁷ O sinal negativo indica com a *call* é tratada pelo concessionário, já que quem a detém é o governo. Diz-se que o concessionário está “vendido” na opção.

⁷⁸ Nessa exemplificação gráfica, foram considerados os seguintes dados $a_1=70\%$, $a_2=50\%$, $b_1=130\%$, $b_2=150\%$, $y_1=50\%$ e $y_2=100\%$.

cada período do prazo de concessão. Nestes casos, a_1 será chamado de piso de tráfego, b_1 de teto de tráfego e y_1 de percentual de recomposição (para a opção de garantias) e percentual de repasse (para a opção de repasse).⁷⁹

7.2.1.1 Modelagem Analítica

Galera (2006) definiu em sua Tese de Doutorado que é possível calcular analiticamente o valor das opções de garantia por tráfego mínimo e repasse por tráfego máximo se a variável referente ao tráfego for definida seguindo um MGB. Na realidade, trata-se de uma aplicação da solução de Black, Scholes e Merton (1973).

Na modelagem analítica, considerando o processo do tráfego como MGB e os *payoffs* das opções nos vencimentos a cada ano do período de concessão, o valor das opções pode ser obtido por aplicação da fórmula de Black, Scholes e Merton (1973), assim como na tese de Galera (2006) descrita no Capítulo 5.

A equação diferencial para um derivativo F qualquer do tráfego θ será:

$$\frac{1}{2} \frac{\partial^2 F_i}{\partial \theta^2} \sigma^2 \theta^2 + (r - \delta) \theta \frac{\partial F_i}{\partial \theta} + \frac{\partial F_i}{\partial t} - r F_i = 0 \quad (7.26)$$

$$\text{ou} \quad \frac{1}{2} \frac{\partial^2 F_i}{\partial \theta^2} \sigma^2 \theta^2 + (\alpha - \lambda \sigma) \theta \frac{\partial F_i}{\partial \theta} + \frac{\partial F_i}{\partial t} - r F_i = 0 \quad (7.27)$$

Aplicando a solução para o primeiro piso de garantia de tráfego (primeira *put*), considerando como condição de contorno o *payoff* em cada vencimento $t = i$ da equação (7.13), o valor da receita garantida para um determinado período será, conforme a equação (6.29) do modelo de Galera (2006):

$$RG_{1i}(t = 0) = 365 \cdot (1 - \tau) \cdot p \cdot y_1 [a_1 \bar{\theta}_i e^{-rt} N(-d_2) - \theta_0 e^{(\alpha - \lambda \sigma - r)t} N(-d_1)] \quad (7.28)$$

$$\text{onde } d_1 = \frac{\ln\left(\frac{\theta_0}{a_1 \bar{\theta}_i}\right) + \left(\alpha - \lambda \sigma + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma \sqrt{t}}$$

⁷⁹ Apenas na seção 7.4.2.2.4 será tratado um caso com dois níveis de garantia e repasse e a nomenclatura de a_2 , b_2 e y_2 será análoga.

$$e d_2 = \frac{\ln\left(\frac{\theta_0}{a_1 \bar{\theta}_i}\right) + \left(\alpha - \lambda\sigma - \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}} \quad (7.29)$$

Para o primeiro teto de repasse de tráfego (primeira *call*), considerando como condição de contorno o *payoff* em cada vencimento $t = i$ da equação (7.21), o valor da receita a ser repassada para um determinado período será, de forma análoga à equação (6.30) do modelo de Galera (2006):

$$RR_{1i}(t = 0) = -365 \cdot (1 - \tau) \cdot p \cdot y_1 [\theta_0 e^{(\alpha - \lambda\sigma - r)t} N(d_1) - b_1 \bar{\theta}_i e^{-rt} N(d_2)] \quad (7.30)$$

$$\text{onde } d_1 = \frac{\ln\left(\frac{\theta_0}{b_1 \bar{\theta}_i}\right) + \left(\alpha - \lambda\sigma + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$e d_2 = \frac{\ln\left(\frac{\theta_0}{b_1 \bar{\theta}_i}\right) + \left(\alpha - \lambda\sigma - \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}} \quad (7.31)$$

O valor total das opções em $t=0$ considerado por Galera (2006) é dado pelo somatório das equações acima para cada ano do período de concessão⁸⁰. Considerando apenas um nível de piso e de teto de tráfego garantido, as garantias envolvem 25 *puts*, uma em cada ano, e os repasses envolvem 25 *calls*, uma em cada ano. Assim:

$$\text{Valor das Garantias} = \sum_{i=1}^{25} RG_{1i} \quad (7.32)$$

$$\text{Valor das Garantias} + \text{Repasses} = \sum_{i=1}^{25} RG_{1i}(t = 0) + RR_{1i}(t = 0) \quad (7.33)$$

Entretanto, se este for considerado o valor adicional ao VPL original, implicitamente estar-se-á supondo que a receita adicional (ou repassada) é adicionada (ou subtraída) diretamente ao fluxo de caixa final disponível ao acionista. Caso esta receita adicional ou repassada seja somada ou subtraída da receita original, impactando o lucro e ficando sujeita, por exemplo, ao pagamento ou abatimento de imposto de renda, deve-se optar pela simulação de Monte Carlo

⁸⁰ Neste trabalho, a metodologia analítica não foi aplicada para situações de dois níveis de piso e teto de tráfego. As fórmulas correspondentes a estes casos encontram-se no Apêndice 10.3.

para obtenção do valor exato adicionado ao VPL pela presença de opções. Para modelagem neste trabalho, são apresentados ambos os métodos e seus resultados.

7.2.1.2

Modelagem por Simulação de Monte Carlo

A forma alternativa de calcular o valor das opções de garantia e repasse é através da simulação de Monte Carlo, que pode ser utilizada qualquer que seja o processo estocástico definido para o tráfego, bastando que a discretização do movimento seja feita de forma adequada.

Brandão e Saraiva (2007) simulam os *payoffs* das opções em cada um dos 25 anos do prazo de concessão, sob neutralidade ao risco do tráfego, descontando-os a valor presente pela taxa livre de risco. O valor total da garantia é calculado como a soma dos valores esperados das opções.

Neste trabalho, para utilizar simulação de Monte Carlo e calcular o valor total de garantias e repasses, a modelagem será um pouco diferente, utilizando o conceito de VPL expandido (Trigeorgis, 1996). Ao simular os fluxos de caixa com e sem a presença destas opções, serão obtidos os VPL esperados em cada caso, de forma que o valor total de garantias e repasses será dado pela diferença entre os dois VPLs.

De forma mais rigorosa do que Galera (2006), neste caso, a receita adicional ou repassada é somada ou subtraída a partir da receita original, antes do cálculo do lucro líquido do período correspondente, e, por conseguinte, antes da incidência do imposto de renda⁸¹.

Para efeito de cálculo, tem-se que:

$$\begin{aligned} \text{Lucro Líquido} &= \\ &= (\text{Receita Original} + \text{Receita Adicional} - \text{Receita Repassada} \\ &\quad - \text{Custos Oper.} - \text{Custos de Manut.} - \text{Depreciação} - \text{Juros})(1 - IR) \end{aligned}$$

$$FC = \text{Lucro Líquido} + \text{Deprec.} - \text{Amortização} - \text{Investimento} \quad (7.34)$$

⁸¹ Os exercícios de uma opção de garantia e de uma opção de repasse a cada período são mutuamente excludentes, de forma que as opções nunca serão exercidas ao mesmo tempo.

onde a Receita Adicional ou Receita Repassada é dada pelo *payoff* das opções definidas anteriormente em cada período.

Assim,

$$\text{Valor das Garantias} = \text{VPL com Garantias} - \text{VPL sem opções} \quad (7.35)$$

$$\begin{aligned} \text{Valor das Garantias} + \text{Repases} \\ = \text{VPL com Garantias e Repases} - \text{VPL sem opções} \end{aligned} \quad (7.36)$$

Como o lucro líquido é calculado após considerar a diferença de receita proveniente da existência das opções, o imposto de renda incide já sobre esta receita total⁸² e apenas se o lucro for positivo.

Pelos resultados do modelo de simulação, será possível verificar que o cálculo analítico fornece valores diferentes e apenas aproximados para as opções de garantia e repasse.

7.2.2 Modelagem da Opção de Abandono

Segundo a abordagem de opções reais em estruturas de *project finance* com *limited recourse* proposta por Pollio (1998), o valor do projeto pode ser visto como uma seqüência de opções, de forma que o acionista deve comparar o valor esperado de continuação com o valor do saldo devedor do financiamento a cada instante em que ele paga uma parcela de dívida para decidir por abandonar ou não o projeto. Segundo o autor, o *payoff* da opção de abandono a cada instante é:

$$\max(\text{Valor de Continuação do Projeto} - \text{Saldo Devedor}, 0) \quad (7.37)$$

Tendo em vista que o valor do projeto é dado pela soma do patrimônio dos acionistas com a dívida, Pollio (1998) conclui que o acionista deve decidir pelo abandono caso seu patrimônio seja zero ou negativo.

Na realidade, o que ocorre no *project finance* é a limitação de responsabilidade do acionista. Ao se deparar, por exemplo, com um fluxo de caixa

⁸² Receita Total = Receita Original + Receita Adicional – Receita Repassada

negativo em determinado período, ele teria a opção de injetar mais recursos ou não, comparando o valor de espera com o valor do abandono imediato.

Para verificar a influência desta opção sobre os valores do projeto, a metodologia adotada foi a otimização *backwards*. Seguindo o tráfego um MGB, pode ser montada uma árvore binomial de Cox, Ross e Rubinstein (1979) para tal variável, assumindo que, a cada nó, o tráfego no instante i e no estado s , dado por θ_i^s , pode subir para $u\theta_i^s$ ou cair para $d\theta_i^s$. Os parâmetros considerados para árvore são dados por⁸³:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (7.38)$$

$$d = \frac{1}{u} = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (7.39)$$

$$q = \frac{e^{(r-\delta)\Delta t} - d}{u - d} \quad (7.40)$$

onde q é a probabilidade neutra ao risco de que tráfego irá subir⁸⁴

r é a taxa livre de risco

σ é a volatilidade do tráfego

δ é a “taxa de conveniência” do tráfego

A partir da árvore binomial do tráfego, é construída uma árvore correspondente para os fluxos de caixa, incluindo em seu cálculo a receita, os custos operacionais, o custo de manutenção, a depreciação, o pagamento do serviço da dívida (juros e amortização) e os impostos.

De posse então da árvore do fluxo de caixa, calcula-se a árvore do valor do projeto de forma *backwards*, ou seja, começando no último período e caminhando até o instante inicial. Para tanto, considerando, a cada nó, a possibilidade de exercício da opção de abandono, tem-se⁸⁵:

⁸³ Fórmulas em McDonald (2006), Capítulo , p. 347 e 359

⁸⁴ A probabilidade neutra ao risco será dada por uma ou por outra expressão, dependendo se as taxas são compostas continuamente ou são taxas discretas.

⁸⁵ O modelo escolhido assume custo de abandono igual a zero, mas pode ser adaptado para considerar custos adicionais de saída do projeto, como possíveis multas contratuais ou outros pagamentos acordados.

$$VPL_i^s = \max \left(FC_i^s + \frac{1}{(1+r)} [q \cdot VPL_{i+1}^u + (1-q)VPL_{i+1}^d], 0 \right) \quad (7.41)$$

onde VPL_i^s é o VPL no instante $t = i$ e no estado s

FC_i^s é o fluxo de caixa no instante $t = i$ e no estado s

r é a taxa livre de risco

q é a probabilidade neutra ao risco

VPL_{i+1}^u é o VPL no instante $t = i + 1$ e no estado u

VPL_{i+1}^d é o VPL no instante $t = i + 1$ e no estado d

Uma vez construída a árvore do projeto, fica identificada uma região de abandono para um conjunto de nós. O momento de decisão pode ser representado por um valor do tráfego a cada período, que corresponde, aproximadamente, ao nó do primeiro estado em ocorre o abandono. Neste caso, seria o maior valor de tráfego daquele período para o qual a decisão de abandonar é ótima – chamado de gatilho de tráfego, pois, para valores abaixo dele, o abandono é a melhor decisão. De posse dos gatilhos de tráfego em todos os períodos, tem-se uma curva de gatilhos que define a região de abandono durante todo o prazo de concessão.

Em conjunto com as opções de garantia de tráfego mínimo e de repasse por tráfego máximo, as curvas de gatilho irão se alterar. Nestes casos, as árvores de fluxos de caixa devem ser recalculadas considerando as receitas adicionais recebidas ou repassadas em cada nó. As novas árvores de valores do projeto serão geradas com base também na otimização *backwards* e fornecerão as novas curvas de gatilho de tráfego em cada caso.

É também possível calcular a probabilidade e o tempo médio de abandono em cada situação, sem e com opções de garantia e repasse. Para tanto, é realizada a simulação real, pois a simulação neutra ao risco é apenas um artifício para desconto dos fluxos de caixa à taxa livre de risco.

Para cada iteração da simulação real, verifica-se se o tráfego em algum período atinge o valor determinado de gatilho. Se atingir, para o primeiro momento em que isso acontecer, toma-se o valor do período correspondente e os fluxos seguintes são zerados⁸⁶.

⁸⁶ Só pode ocorrer até um abandono por cada iteração.

A probabilidade de abandono é calculada como o número total de iterações em que ocorreu abandono (em qualquer período que tenha ocorrido) dividido pelo número total de iterações da simulação. O tempo médio de abandono é calculado como a soma de todos os períodos de abandono dividida pelo número total de iterações em que ocorreu abandono, ou seja, como a média dos valores dos períodos computados dado que ocorreu um abandono na iteração considerada.

Probabilidade de Abandono

$$= \frac{\text{número de iterações com abandono}}{\text{número total de iterações da simulação}} \quad (7.42)$$

Tempo Médio de Abandono

$$= \frac{\sum \text{períodos em que ocorreu abandono}}{\text{número de iterações com abandono}} \quad (7.43)$$

Ao se considerar esta opção de abandono e a interação entre opções presentes em um determinado projeto, o valor conjunto de todas as opções não é simplesmente a soma delas. A presença de uma opção influencia no valor da outra (Trigeorgis, 1996) de forma que as opções de garantia e repasse podem perder valor se comparadas com o caso sem abandono.

A garantia de recomposição de receita para determinados níveis de tráfego, bem como sua combinação com o repasse de receita para outros níveis de tráfego, teria uma função importante além de aumentar o valor esperado do projeto e diminuir o seu risco para o acionista. Ela pode ser desenhada de forma a minimizar a probabilidade de abandono do projeto por parte do acionista, o que seria uma conseqüente redução do risco percebido pelos credores.

7.3

Simulação Neutra ao Risco

Sendo o tráfego modelado como MGB, a discretização para a simulação real adequada para este movimento é:

$$\theta_{t+\Delta t} = \theta_t e^{\left(\alpha - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t + \sigma \varepsilon \sqrt{\Delta t}} \quad (7.44)$$

onde $\Delta t = 1$ ano e $\varepsilon \sim N(0,1)$

$$\therefore \theta_{t+1} = \theta_t e^{\left(\alpha - \frac{\sigma^2}{2}\right) + \sigma \varepsilon} \quad (7.45)$$

Pela modelagem apresentada no Capítulo 5, a discretização para a simulação neutra ao risco adequada para este movimento dada pela equação (5.31) é:

$$\theta_{t+\Delta t} = \theta_t e^{\left(\alpha - \lambda \sigma - \frac{\sigma^2}{2}\right) \Delta t + \sigma \varepsilon \sqrt{\Delta t}} \quad (7.46)$$

onde $\Delta t = 1$ ano e $\varepsilon \sim N(0,1)$

$$\therefore \theta_{t+1} = \theta_t e^{\left(\alpha - \lambda \sigma - \frac{\sigma^2}{2}\right) + \sigma \varepsilon} \quad (7.47)$$

O parâmetro λ é o preço de mercado do risco associado ao tráfego θ , que pode ser calculado pela equação (5.27) como:

$$\lambda = \frac{\rho_{\theta,m}}{\sigma_m} (\mu_m - r) \quad (7.48)$$

onde $\rho_{\theta,m}$ é a correlação entre o tráfego e um índice de mercado (no caso, o IBovespa)

μ_m é o retorno esperado do índice de mercado (IBovespa)

σ_m é a volatilidade do índice de mercado (IBovespa)

Para o cálculo de λ foram considerados os seguintes dados, constantes do Apêndice 10.4:

- Variação trimestral do Índice ABCR de Atividade (Brasil), do primeiro trimestre do ano 2000 ao segundo trimestre do ano de 2007⁸⁷, considerando o total de veículos que trafega nas rodovias concedidas.
- Variação trimestral do IBovespa para o mesmo período, considerando a variação nominal e a variação deflacionada pelo índice de inflação, no caso o IGP-DI.

⁸⁷ Acessado em <http://www.abcr.org.br> em 6/11/2007. Este índice é produzido pela Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias em conjunto com a Tendências Consultoria Integrada. A série utiliza como número índice 100 no início do ano de 1999.

A correlação entre a variação do tráfego e variação do IBovespa para o período considerado foi de 0,39. A correlação entre a variação do tráfego e variação do IBovespa deflacionado, utilizando como índice de inflação o IGP-DI, foi de 0,35. Para a variação dos dados mensais do IBovespa durante o período acima, a volatilidade medida foi de 29,84% a.a..

Neste trabalho, foram considerados os seguintes dados como base:

$$\rho_{\theta,m} = 0,4$$

$$\mu_m = 12\%$$

$$\sigma_m = 25\%$$

Deste modo, obtém-se:

$$\lambda = 0,096$$

e o valor do prêmio de risco do tráfego será:

$$\pi = \lambda\sigma = 0,96\%$$

Do Capítulo 5, a tendência neutra ao risco α^* pode ser escrita como:

$$\alpha^* = \alpha - \lambda\sigma = r - \delta \quad (7.49)$$

Tomando novamente os dados desta modelagem, é necessário considerar que o tráfego apresentará uma taxa de fluxo (como a de conveniência ou dividendos) que pode ser calculada como:

$$\alpha^* = 4\% - 0,96\% = 6\% - \delta$$

$$\therefore \delta = 2,96\%$$

7.4 Resultados

Conforme a metodologia descrita, são apresentados os resultados do projeto sem presença de opções, com presença apenas de garantia de piso mínimo de tráfego e com presença de garantia de piso mínimo e repasse por teto máximo de tráfego – considerando a metodologia analítica e por simulação de Monte Carlo.

São calculados também o VPL e a TIR de cada situação, bem como a influência de uma possível capacidade máxima de veículos na rodovia.

Em seguida, é avaliada a opção de abandono por parte do acionista, considerando tanto o projeto sem opções como com opções de garantia e repasse. São apresentadas e comparadas as probabilidades e o tempo médio de abandono em cada situação, tomando-se exemplos de um e de dois níveis de garantia e repasse.

7.4.1 Projeto sem a Presença de Opções

Tendo em vista que não se dispõe de uma taxa de desconto ajustada ao risco do projeto, optou-se por utilizar a simulação neutra ao risco do tráfego também para avaliar o VPL sem a presença de opção.

Para realizar as simulações de Monte Carlo, foi utilizado o programa @Risk e, para cada resultado obtido ao longo deste capítulo através deste método, foram realizadas 5.000 iterações em praticamente todas as simulações.

Sem a presença de opções, o VPL esperado obtido por simulação (com 10.000 iterações) foi de R\$ 70.503 mil. Pode-se observar pelo histograma de seus valores o alto risco associado ao projeto, dada a sua grande volatilidade, proveniente do risco de tráfego. O desvio-padrão da distribuição foi de R\$ 612.525 mil.

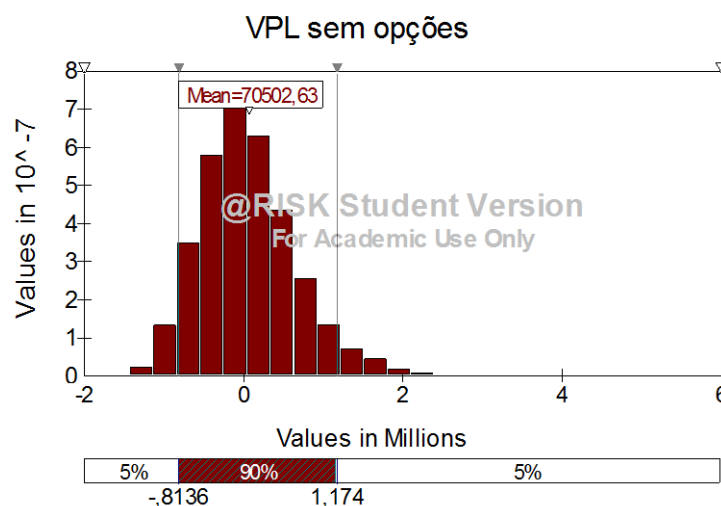


Figura 6 - Distribuição do VPL sem opções

O gráfico apresenta características de lognormalidade, como esperado. O risco associado ao VPL é bastante alto e justificaria uma iniciativa do governo para tornar o projeto mais atrativo à participação do setor privado.

Muitas vezes nas simulações ocorreram situações de mais de uma inversão de sinal ou situações em que os fluxos eram extremamente negativos, de modo que a avaliação da TIR pela média das observações dos diversos caminhos simulados acaba ficando prejudicada, pois o programa apresenta muitas vezes erros ao não conseguir considerá-la nestes casos. Para seu cálculo, optou-se, então, por utilizar os fluxos de caixa esperados da simulação real em cada período. Com estes dados, torna-se possível obter duas informações: um valor esperado para a TIR e uma estimativa para a taxa de desconto ajustada ao risco.

Dados os valores esperados dos fluxos de caixa reais, a TIR pode ser obtida, por definição, como a taxa de desconto à qual, descontando-se estes fluxos, obtém-se VPL igual a zero. Além disso, a partir do VPL já calculado, calcula-se de forma iterativa a taxa ajustada ao risco que deveria ser utilizada para descontar estes fluxos e se obter o mesmo VPL.⁸⁸

Os fluxos de caixa esperados a cada ano pela simulação real foram:

⁸⁸ O VPL obtido pela simulação neutra ao risco descontando os fluxos neutros ao risco pela taxa livre de risco é, por definição, igual ao VPL obtido pela simulação real descontando os fluxos de caixa reais pela taxa ajustada ao risco.

Período	FC real esperado (R\$ mil)
0	(150.000)
1	(208.000)
2	(2.576)
3	(17.212)
4	(7.041)
5	2.895
6	12.661
7	22.344
8	32.028
9	41.786
10	36.185
11	46.504
12	57.007
13	67.655
14	78.525
15	89.638
16	90.828
17	114.552
18	134.876
19	144.542
20	154.627
21	165.089
22	175.810
23	186.906
24	198.493
25	210.755

Tabela 9 - Fluxo de caixa real esperado sem opções

A partir destes dados, a TIR obtida foi de 9,91% a.a.. Considerando ainda o VPL médio igual a R\$ 70.503 mil, a taxa de desconto k ajustada ao risco obtida foi de:

$$k = 8,78\% \text{ a. a.}$$

Considerando os dados utilizados, pode-se calcular o prêmio de risco π , sabendo-se que:

$$k = r + \pi$$

$$8,78 = 6 + \pi$$

$$\therefore \pi = 2,78\% \text{ a. a.}$$

7.4.2

Projeto com a Presença de Opções

7.4.2.1

Projeto com Opções de Garantia por Tráfego Mínimo e Repasse por Máximo

Inicialmente, foi avaliada a presença apenas de opções de garantia por tráfego mínimo e, em seguida, a interação entre ela e a opção de repasse por tráfego máximo, quando ambas existem em conjunto.

Para a avaliação da garantia de tráfego mínimo, variou-se a_1 de 50% a 90%, ou seja, o governo paga alguma receita adicional ao concessionário caso o tráfego esteja abaixo de um determinado nível a_1 do tráfego esperado. Foi considerado apenas um nível de piso a cada período. Graficamente, a situação pode ser exemplificada como:

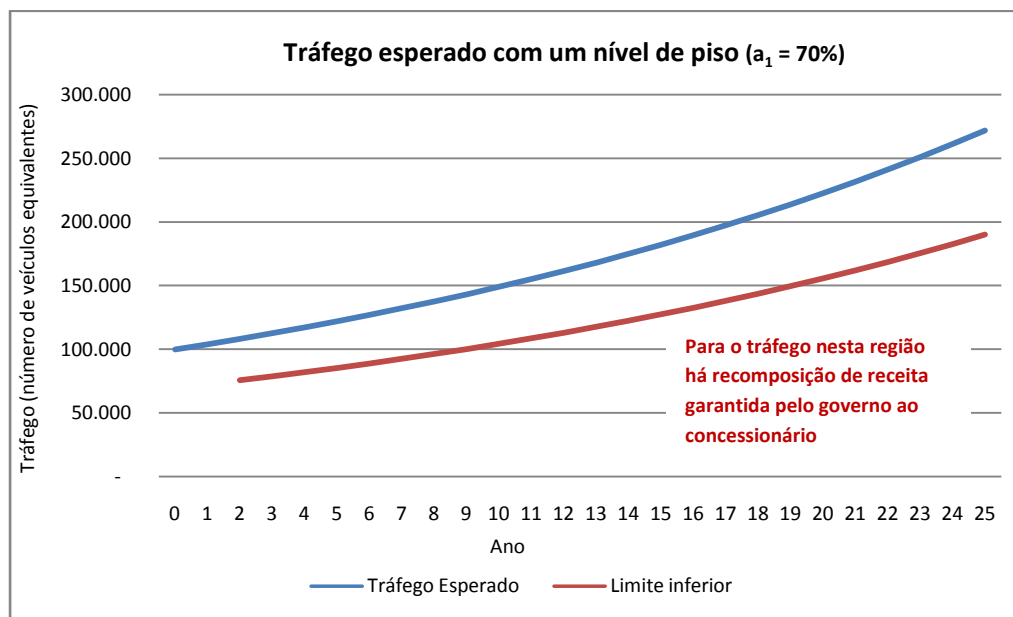


Figura 7 - Tráfego esperado com um nível de piso

Esta receita adicional a ser paga pelo governo pode ser um percentual y_1 da diferença entre a receita do nível de tráfego predeterminado por a_1 sobre o tráfego esperado e a receita real (dada pelo tráfego real). Foram analisados os casos de y_1 igual a 50%, 60%, 70%, 80%, 90% e 100% para cada nível de a_1 considerado, segundo o *payoff* dado pela equação (7.13).

A presença da garantia de tráfego mínimo apenas, sem considerar o repasse, limita a perda do concessionário, mas permite um ganho ilimitado. Neste caso, do

ponto de vista do governo, seu desembolso é ilimitado devido à possibilidade de grandes quedas no tráfego e não há contrapartida de nenhum recebimento caso o tráfego apresente grandes crescimentos. Gráficamente, a situação pode ser representada por⁸⁹:

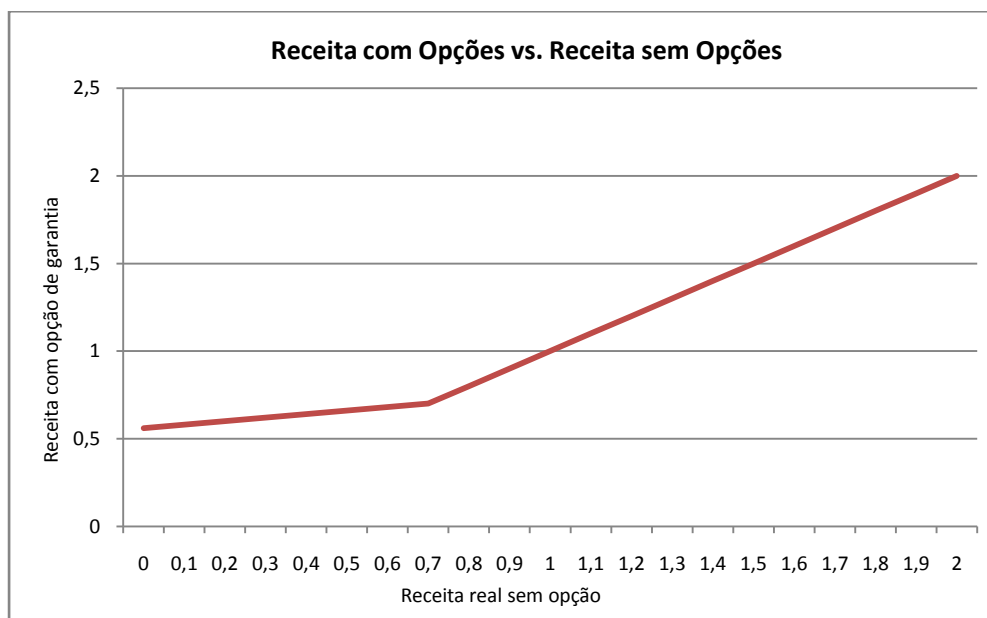


Figura 8 - Receita com opções *versus* Receita sem opções (caso com um nível de piso de tráfego)

Para avaliar a existência conjunta de opção de garantia de tráfego mínimo e repasse por tráfego máximo, foram realizadas composições simétricas de pisos e tetos. Variou-se a_1 de 50% a 90%, ou seja, o governo paga alguma receita adicional ao concessionário caso o tráfego esteja abaixo de um determinado nível a_1 , variando de 50% a 90% do tráfego esperado. Da mesma forma, variou-se b_1 , de forma simétrica, de 110% (correspondente ao piso de 90%) a 150% (correspondente ao piso de 50%), de modo que o concessionário repassa parte da receita que esteja acima de um determinado nível b_1 do tráfego esperado. Foram considerados apenas um nível de piso e um nível de teto. Gráficamente, a situação pode ser exemplificada como:

⁸⁹ Nessa exemplificação gráfica, foram considerados $a_1=70\%$ e $y_1=80\%$, correspondendo à situação em que o governo recompõe 80% da receita que faltar para um nível de 70% do tráfego esperado.

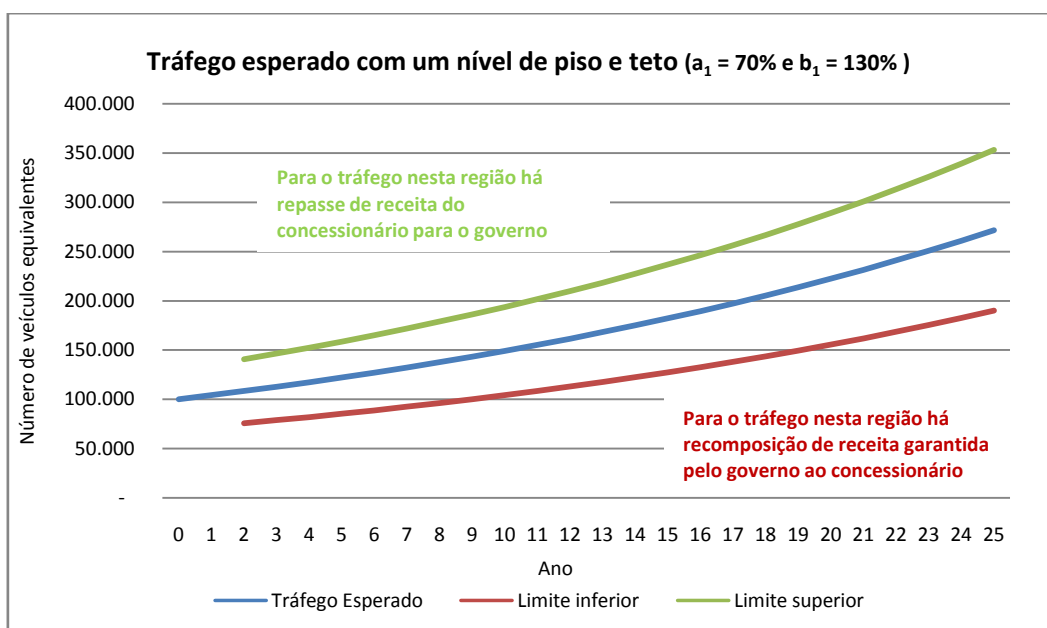


Figura 9 - Tráfego esperado com um nível de piso e teto

A receita adicional pode ser um percentual y_1 da diferença entre a receita do nível de tráfego pré-determinado por a_1 sobre o tráfego esperado e a receita real (dada pelo tráfego). A receita repassada, simetricamente, também será percentual y_1 da diferença entre o tráfego real e do nível predeterminado por b_1 . Foram analisados os casos de y_1 igual a 50%, 60%, 70%, 80%, 90% e 100% para cada nível de a_1 e b_1 considerado, segundo as equações (7.13) e (7.21).

A presença da garantia por um piso de tráfego combinada com o repasse de receita por um teto de tráfego tem como objetivo limitar tanto as perdas quanto os ganhos do concessionário. Neste caso, do ponto de vista do governo, seu desembolso pode até ser alto a grandes quedas no tráfego⁹⁰, mas há contrapartida de recebimento em caso de grandes crescimentos. Graficamente, a situação pode ser representada por⁹¹:

⁹⁰ Uma maneira de limitar o desembolso do governo é considerar um teto para o desembolso total acumulado durante todo o período de concessão, conforme proposto por Brandão e Saraiva (2007). Ao atingir este limite em determinado período, o governo não mais oferece a garantia de tráfego mínimo nos períodos subsequentes.

⁹¹ Nessa exemplificação gráfica, foram considerados $a_1=70\%$, $b_1=130\%$ e $y_1=80\%$

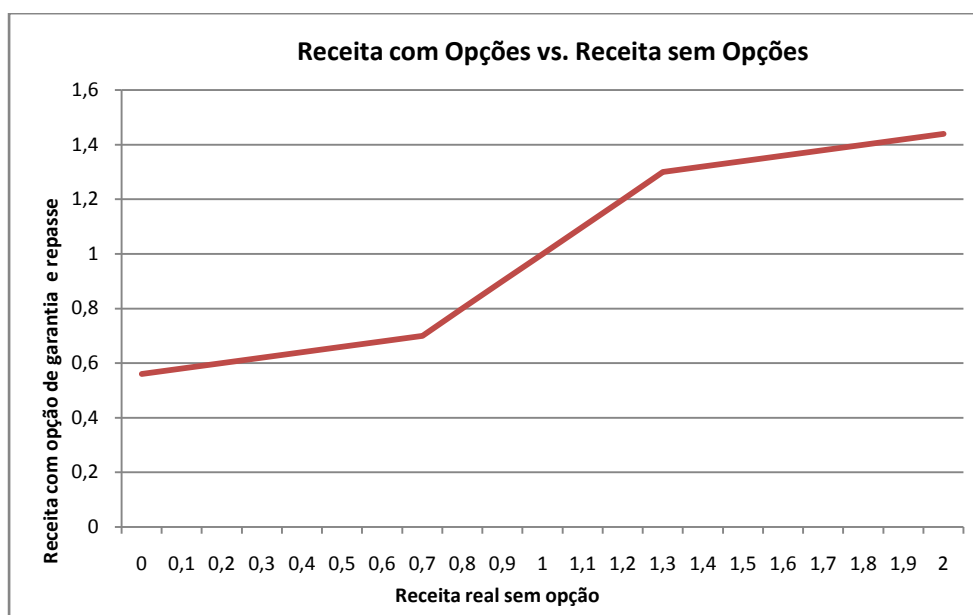


Figura 10 - Receita com opções *versus* Receita sem opções (caso com um nível de piso e teto de tráfego)⁹²

7.4.2.1.1 Metodologia Analítica

Considerando apenas as opções de garantia, pela fórmula analítica de cálculo dos valores das 25 *puts* dados pelas equações (7.28), (7.29) e (7.32), os resultados obtidos foram:

Valor total das opções de garantia calculado analiticamente (R\$ mil)

Com recomposição de (y_1)						
Percentual do tráfego esperado (a_1)	50%	60%	70%	80%	90%	100%
50%	13.700	16.440	19.180	21.920	24.660	27.400
60%	34.320	41.184	48.048	54.913	61.777	68.641
70%	70.305	84.366	98.427	112.488	126.549	140.610
80%	125.583	150.699	175.816	200.932	226.049	251.166
90%	202.899	243.479	284.059	324.639	365.219	405.799

Tabela 10 - Valor total das opções de garantia calculado analiticamente

Graficamente para a comparação dos valores de garantia, tem-se:

⁹² Nessa exemplificação gráfica, foram considerados $a_1=70\%$, $b_1=130\%$ e $y_1=80\%$, correspondendo à situação em que o governo recompõe 80% da receita que faltar para um nível de 70% do tráfego esperado e o concessionário repasse 80% da receita que exceder um nível de 130% do tráfego esperado.

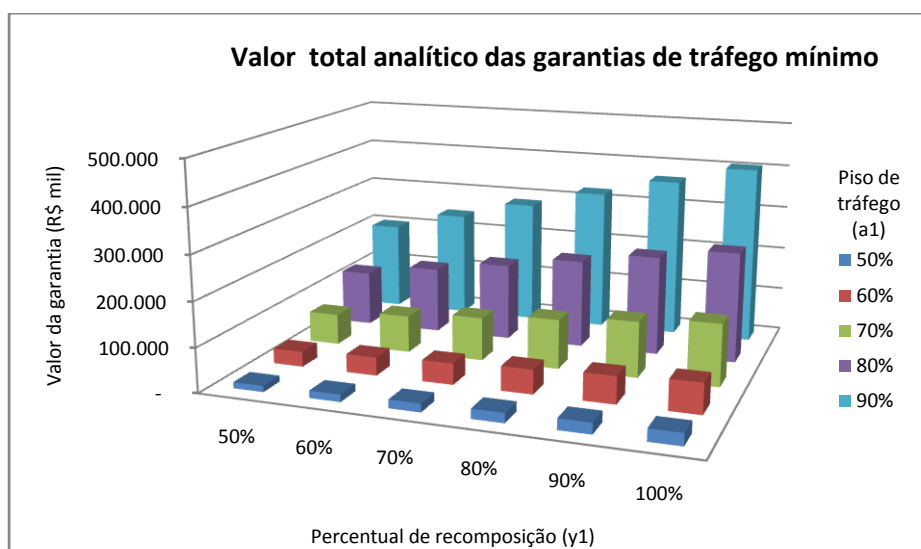


Figura 11 - Valor total analítico das garantias de tráfego mínimo

Os valores das opções aumentam de forma proporcional ao percentual de recomposição, para todos os pisos considerados. Ou seja, o valor total das opções para 100% de recomposição é duas vezes o valor para 50% de recomposição, por exemplo, qualquer que tenha sido o piso considerado. Isto porque o percentual de recomposição é um fator que multiplica a equação analítica do valor da opção, dado pela equação (7.28).

Considerando apenas a situação de recomposição de 100% para diversos pisos de tráfego (ou seja, $a_1 = 50\%$, 60% , 70% , 80% e 90% ; $y_1 = 100\%$), pode-se verificar graficamente como a opção de garantia em cada ano contribui para o valor total das opções.

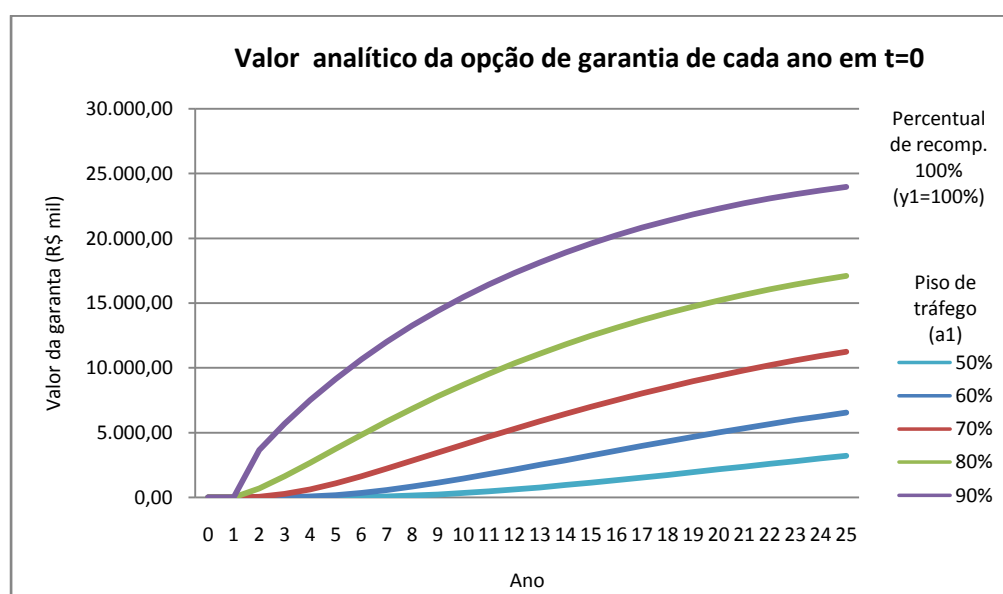


Figura 12 - Valor analítico da opção de garantia de cada ano em t=0

Para todos os percentuais de piso considerados, o valor da opção de cada ano vai aumentando, de forma que as opções presentes nos anos finais da concessão apresentam valores presentes bem maiores do que as dos anos iniciais, dado que o prazo de expiração vai aumentando.

Considerando a presença conjunta das opções de garantia e de repasse, pela fórmula analítica de cálculo dos valores das 25 *puts* e das 25 *calls* dados pelas equações (7.28) a (7.31) e (7.33), os resultados obtidos foram:

Valor conjunto das opções de garantia e repasse calculados analiticamente
(R\$ mil)

Com recomposição e repasse de (y_1)						
Percentual do tráfego esperado (a_1 / b_1)	50%	60%	70%	80%	90%	100%
50% / 150%	(4.914)	(5.896)	(6.879)	(7.862)	(8.845)	(9.827)
60% / 140%	7.837	9.404	10.971	12.539	14.106	15.674
70% / 130%	32.088	38.506	44.923	51.341	57.759	64.176
80% / 120%	69.600	83.520	97.440	111.360	125.280	139.200
90% / 110%	119.764	143.717	167.670	191.623	215.576	239.529

Tabela 11 - Valor conjunto das opções de garantia e repasse calculado analiticamente

Pelo método analítico, quando o valor das opções de repasse supera o das de garantia, como no caso de $a_1 = 50\%$ e $b_1 = 150\%$, quanto maior o percentual de recomposição e repasse (y_1), mais a de repasse cresce em relação à de garantia. Quando a garantia supera a de repasse, ocorre o oposto.

Graficamente para a comparação dos valores de garantia, tem-se de forma equivalente ao caso apenas de garantias:

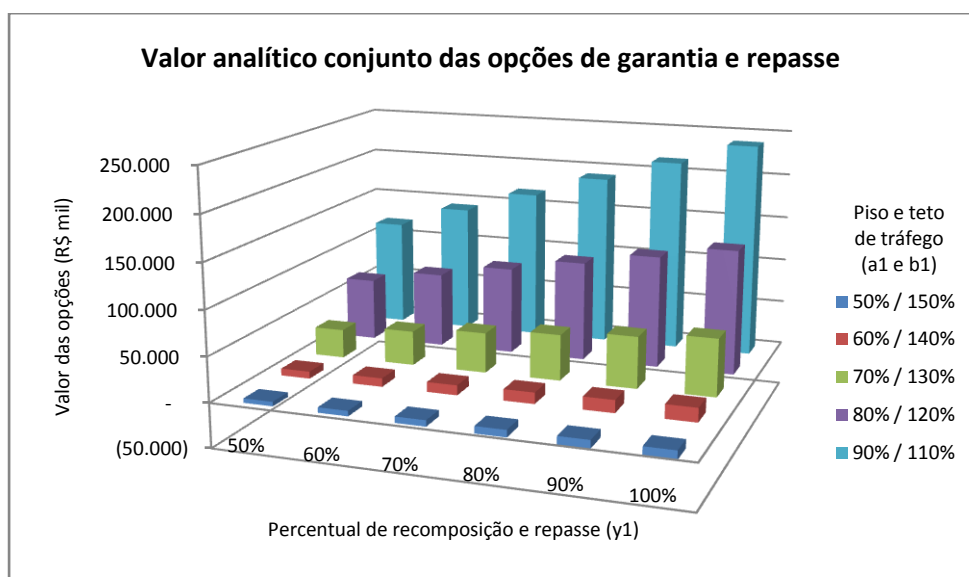


Figura 13 - Valor analítico conjunto das opções de garantia e repasse

Considerando apenas a situação de recomposição e repasse de 100% para as combinações de níveis de tráfego de piso e teto (ou seja, $a_1 / b_1 = 50\% / 150\%$, $60\% / 140\%$, $70\% / 130\%$, $80\% / 120\%$ e $90\% / 110\%$; $y_1 = 100\%$), pode-se verificar graficamente como a opção de garantia em cada ano contribui para o valor total das opções.

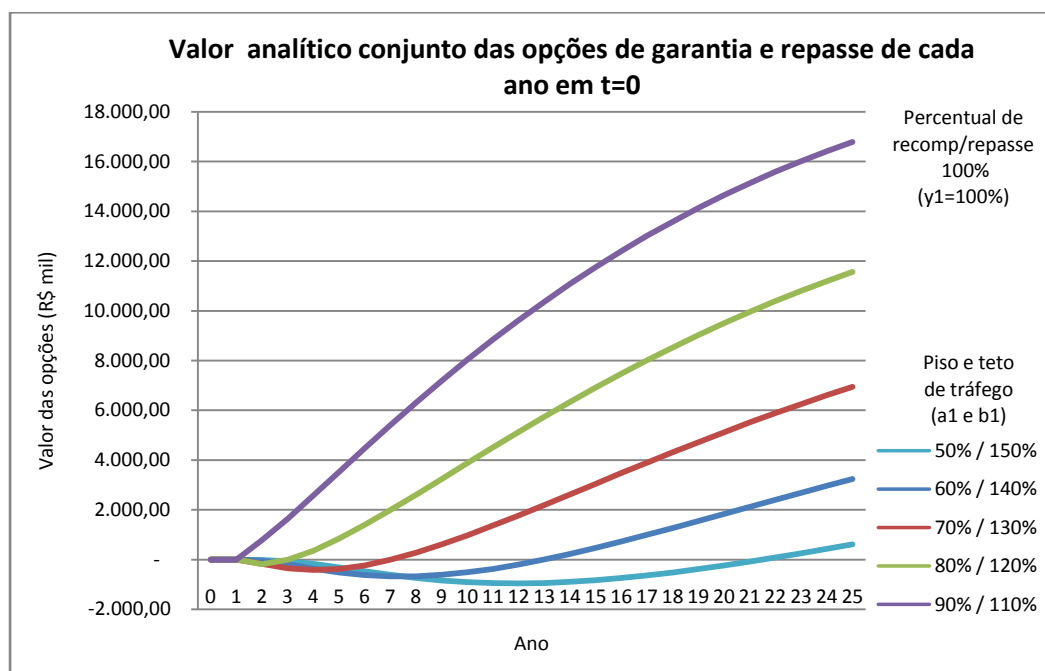


Figura 14 - Valor analítico conjunto das opções de garantia e repasse de cada ano em $t=0$

Quando são combinadas opções de garantia e repasse, exceto no nível de 90% / 110% do tráfego, o valor total em cada ano destas opções fica negativo por

um determinado período, atingindo um ponto mínimo. Quanto menor o nível de tráfego garantido – e maior o nível para o qual há repasse – mais a frente no tempo se dá este ponto de mínimo. Tanto que para o menor nível de tráfego garantido considerado combinado com o maior nível de repasse - que é o caso de 50% / 150% - apenas a combinação das opções anuais nos últimos 4 anos é que adicionam valor ao projeto.

Isto significa que nos anos iniciais as opções de repasse superam mais as opções de garantia, quanto menor o nível de tráfego garantido (combinado com o maior nível de tráfego para repasse).

7.4.2.1.2
Método por Simulação de Monte Carlo

Pela simulação de Monte Carlo neutra ao risco, o fluxo de caixa é construído de forma que a diferença de receita recebida ou repassada impacta o lucro. O valor adicionado pela presença das opções foi calculado subtraindo o VPL esperado do caso sem opções do VPL com a presença apenas de garantia ou com a presença de garantia e repasse, segundo as equações (7.32) e (7.33).

Primeiramente, foram avaliados os casos somente com opção de garantia. Os valores das simulações constam do Apêndice 10.5.1. Os dados obtidos para os valores das opções e os erros em relação aos cálculos analíticos, da Tabela 10, foram:

Valor total das opções de garantia calculado por simulação (R\$ mil)												
Com recomposição de (y_1)												
% tráfego esp. (a_1)	50%		60%		70%		80%		90%		100%	
50%	12.072	-12%	13.415	-18%	15.076	-21%	18.764	-14%	19.795	-20%	21.701	-21%
60%	27.759	-19%	33.639	-18%	37.046	-23%	41.834	-24%	48.112	-22%	53.482	-22%
70%	56.347	-20%	67.531	-20%	77.845	-21%	89.272	-21%	99.771	-21%	110.236	-22%
80%	101.706	-19%	117.805	-22%	139.380	-21%	160.006	-20%	177.588	-21%	194.940	-22%
90%	161.791	-20%	194.615	-20%	222.830	-22%	252.092	-22%	282.958	-23%	312.184	-23%

Tabela 12 - Valor total das opções de garantia calculado por simulação

A diferença entre os dados analíticos e por simulação foi de cerca de 20% em todos os casos, sempre na mesma direção, ou seja, os valores analíticos são maiores do que os calculados por simulação em todos os casos.

O método por simulação pressupõe que há acerto de imposto de renda sobre a receita adicional, de forma que em alguns períodos, mesmo quando a opção é exercida e há recebimento de receita adicional, o lucro pode ainda ser negativo e não haver incidência de imposto de renda. Por outro lado, quando o lucro for positivo, o imposto de renda incidirá sobre o valor do período.

Graficamente, a comparação dos valores das opções entre si para os diversos níveis de pisos de tráfego e percentuais de recomposição não muda muito, conforme apresentado abaixo:

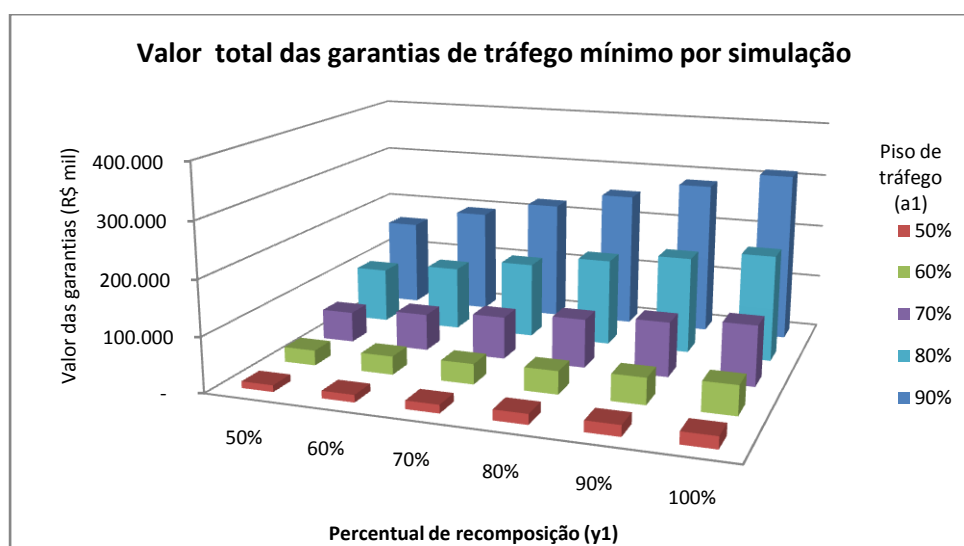


Figura 15 - Valor total das garantias de tráfego mínimo por simulação

Quanto à evolução ano a ano⁹³, considerando apenas a situação de recomposição de 100% para diversos pisos de tráfego (ou seja, $a_1 = 50\%$, 60% , 70% , 80% e 90% ; $y_1 = 100\%$), pode-se verificar que o comportamento gráfico apresenta algumas diferenças em relação ao método analítico.

⁹³ Para cálculo do valor da opção de garantia de cada ano em $t=0$, foram calculados os valores esperados do fluxo de caixa neutro ao risco ano a ano, sem e com garantia, e descontados à taxa livre de risco. O valor adicionado pelas opções a cada ano é a diferença entre os valores presentes dos fluxos de cada ano.

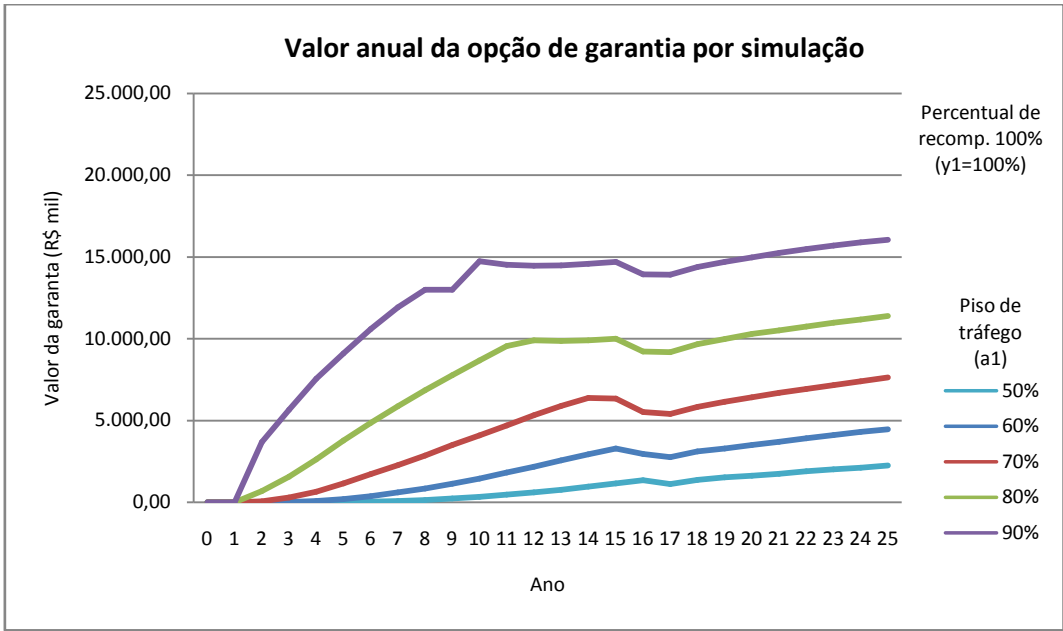


Figura 16 - Valor da opção de garantia de cada ano em t=0 por simulação

Para todos os pisos considerados, a tendência é de crescimento, ou seja, as opções com vencimento mais longe tendem a ter maior valor, como anteriormente. Entretanto, o valor por volta do ano 15 cai um pouco e depois volta a subir. A diferença está no nível de custos, que cai a partir de certo momento por causa do fim da depreciação e dos juros e que impactam o imposto de renda – tendo em vista o tratamento dado ao fluxo de caixa no modelo por simulação.

Em seguida, foram avaliados os casos com opções de garantia e repasse. Os valores das simulações constam do Apêndice 10.5.2 e os dados obtidos para as opções e os erros em relação aos cálculos analíticos, da Tabela 11, foram:

Valor conjunto das opções de garantia e repasse calculados por simulação

Com recomposição de (y ₁)												
Percentual do tráfego esperado (a ₁ / b ₁)	50%		60%		70%		80%		90%		100%	
50% / 150%	(2.285)	53%	(698)	88%	(2.986)	57%	1.251	-116%	(2.023)	77%	(2.991)	70%
60% / 140%	8.990	15%	12.166	29%	12.647	15%	15.089	20%	17.722	26%	17.970	15%
70% / 130%	29.567	-8%	37.118	-4%	41.322	-8%	50.364	-2%	53.823	-7%	59.581	-7%
80% / 120%	63.394	-9%	74.735	-11%	86.058	-12%	98.282	-12%	109.855	-12%	118.942	-15%
90% / 110%	107.739	-10%	126.364	-12%	146.176	-13%	163.975	-14%	182.744	-15%	199.310	-17%

Tabela 13 - Valor conjunto das opções de garantia e repasse calculado por simulação

Diferentemente do caso em que há apenas garantia, as diferenças entre os valores não seguem um padrão (podendo ser inclusive negativas ou positivas) quando são consideradas as opções de garantia e repasse. No caso de piso de 50% e teto de 150% do tráfego esperado, os valores analíticos e por simulação são praticamente todos negativos, de forma que a variação positiva indica que o valor por simulação é menos negativo do que o analítico.

O repasse de receita em determinados períodos pode diminuir o lucro, fazendo com que o imposto pago seja menor, enquanto que o recebimento de garantia pode aumentá-lo, fazendo com que o imposto seja maior se o lucro for positivo, ou se mantenha o mesmo quando o lucro for zero.

Graficamente, tem-se a comparação dos valores das opções entre si para os diversos níveis de pisos de tráfego e percentuais de recomposição:

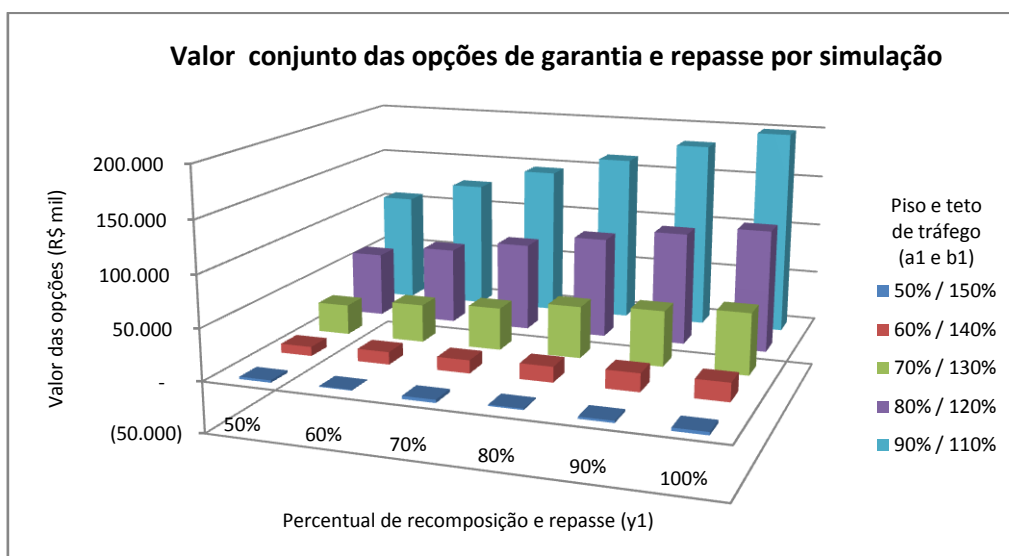


Figura 17 - Valor conjunto das opções de garantia e repasse por simulação

Quanto à evolução ano a ano⁹⁴, considerando apenas a situação de recomposição e repasse de 100% para diversos níveis de tráfego de piso e teto (ou seja, $a_1 / b_1 = 50\% / 150\%$, $60\% / 140\%$, $70\% / 130\%$, $80\% / 120\%$ e $90\% / 110\%$; $y_1 = 100\%$), pode-se verificar que o comportamento gráfico apresenta diferenças em relação ao método analítico.

⁹⁴ Para cálculo do valor da opção de garantia de cada ano em $t=0$, foram calculados os valores esperados do fluxo de caixa neutro ao risco ano a ano, sem opções e com garantias e repasses, e descontados à taxa livre de risco. O valor adicionado pelas opções a cada ano é a diferença entre os valores presentes dos fluxos de cada ano.

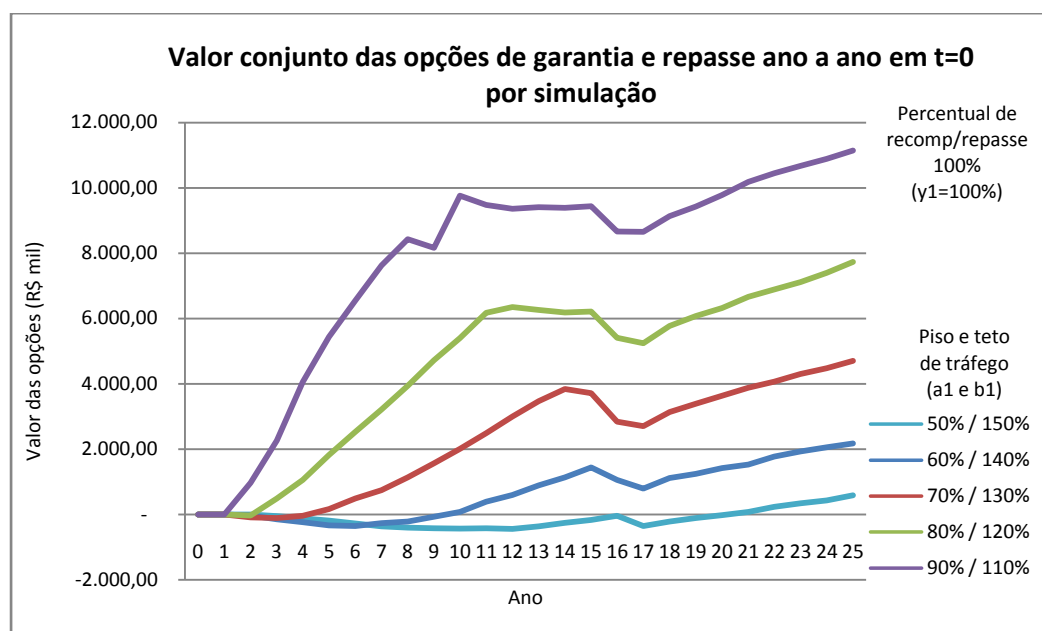


Figura 18 - Valor conjunto das opções de garantia e repasse ano a ano em t=0 por simulação

Quando são combinadas opções de garantia e repasse, exceto no nível de 90% / 110% do tráfego, o valor ano a ano destas opções chega a ser negativo durante alguns anos. Quanto menor o nível de tráfego garantido – e maior o nível para o qual há repasse – este período abrange mais anos, como anteriormente. Novamente para o menor nível de tráfego garantido considerado combinado com o maior nível de repasse - que é o caso de 50% / 150% - apenas a combinação das opções anuais nos últimos 5 anos é que adicionam valor ao projeto. Isto significa que nos anos iniciais as opções de repasse superam as opções de garantia, quanto menor o nível de tráfego garantido (combinado com o maior nível de tráfego para repasse).

As curvas apresentam uma tendência de crescimento. Entretanto, em todas elas, em algum momento durante o prazo total da concessão, o valor conjunto das opções cai, voltando a subir alguns anos na frente. Isto decorre da mudança do nível de custos que podem ser abatidos do lucro, como o fim da depreciação e dos juros.

Comparando o método analítico com o método por simulação, verifica-se a diferença no cálculo dos valores das opções proveniente do efeito de compensação no imposto de renda causado pela receita adicional e pela receita repassada, provenientes das garantias e repasses. Quando é utilizada a simulação, os cálculos são mais rigorosos, pois efetivamente a receita adicionada ou repassada impacta o

lucro – o que é refletido no valor do imposto de renda a ser pago e, conseqüentemente, no VPL. O método por simulação é preferível ao método analítico, pois fornece o valor correto das opções.⁹⁵

7.4.2.1.3

Cálculos de VPL e TIR

Pela simulação de Monte Carlo é possível ainda avaliar o comportamento do VPL e da TIR, cujos dados obtidos estão nos Apêndices 10.5.1 e 10.5.2.

Para o caso da presença apenas de opção de garantia, os gráficos a seguir apresentam o VPL e a TIR esperados nas diversas situações consideradas.

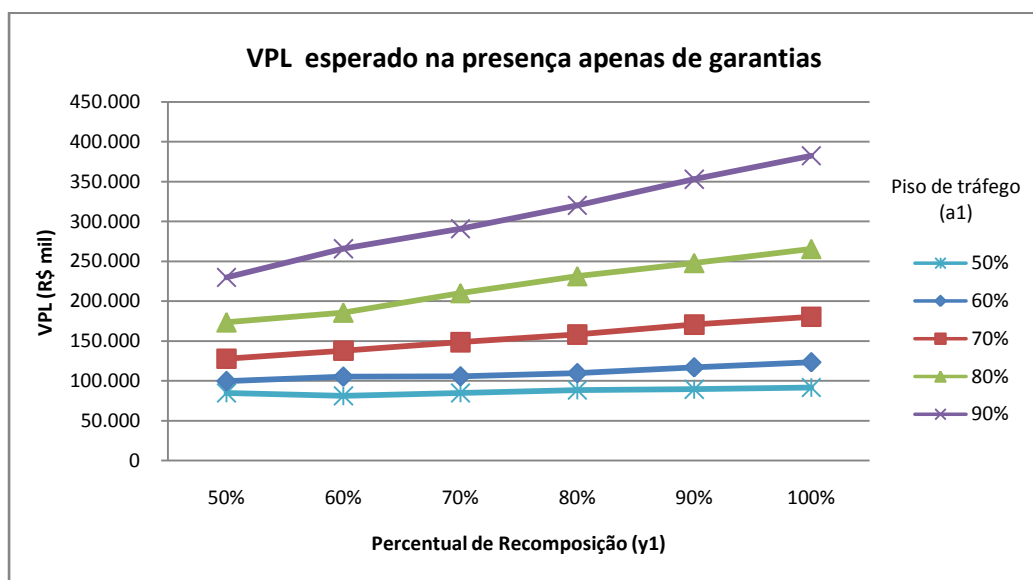


Figura 19 - VPL esperado na presença apenas de garantias

A presença da opção de garantia por tráfego mínimo, além de aumentar o VPL esperado, diminui o seu risco, como observado pela tabela dos valores de desvio-padrão no Apêndice 10.5.1.

Quanto a TIR esperada, o cálculo foi realizado com base nos fluxos de caixa reais esperados a cada período. Graficamente seu comportamento pode ser visualizado como:

⁹⁵ No limite, para taxa de imposto de renda igual a zero, os valores da planilha de simulação e os calculados pelo método analítico convergem.

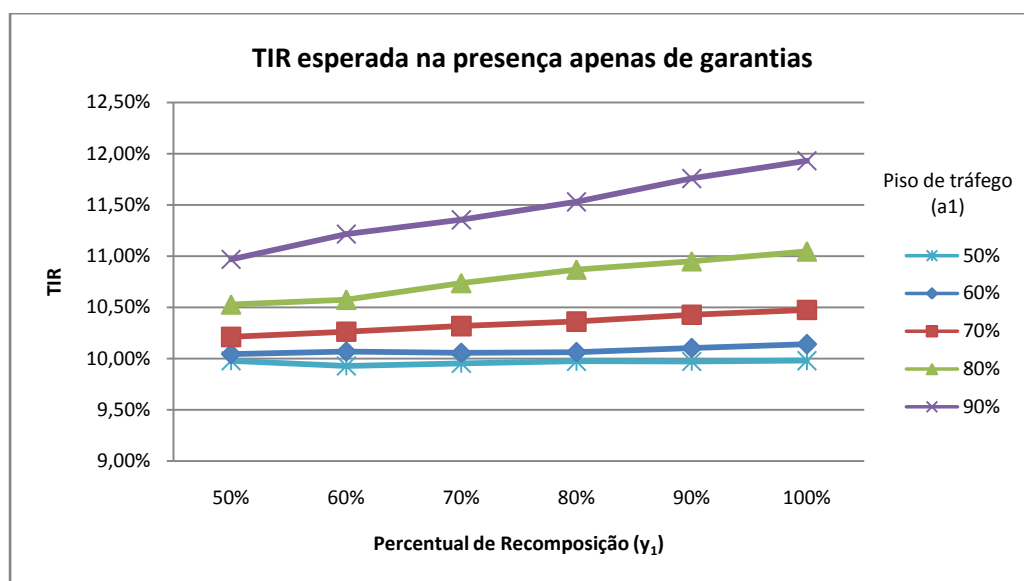


Figura 20 - TIR esperada na presença apenas de garantias

Ou seja, quanto maior o percentual que define o nível de piso de tráfego garantido e quanto maior o percentual de recomposição, maior é a TIR esperada. Comparando com a TIR da situação sem garantias, que foi de 9,91% a.a., em todos os casos de combinações de percentuais de garantias, os valores obtidos para a TIR foram maiores. O VPL esperado é sempre aumentado pela opção de garantia de piso de tráfego, gerando um conseqüente aumento na TIR, além de uma diminuição no risco do projeto.

Para o caso da presença conjunta de opções de garantia e de repasse, os gráficos a seguir apresentam o VPL e a TIR nas diversas situações consideradas.

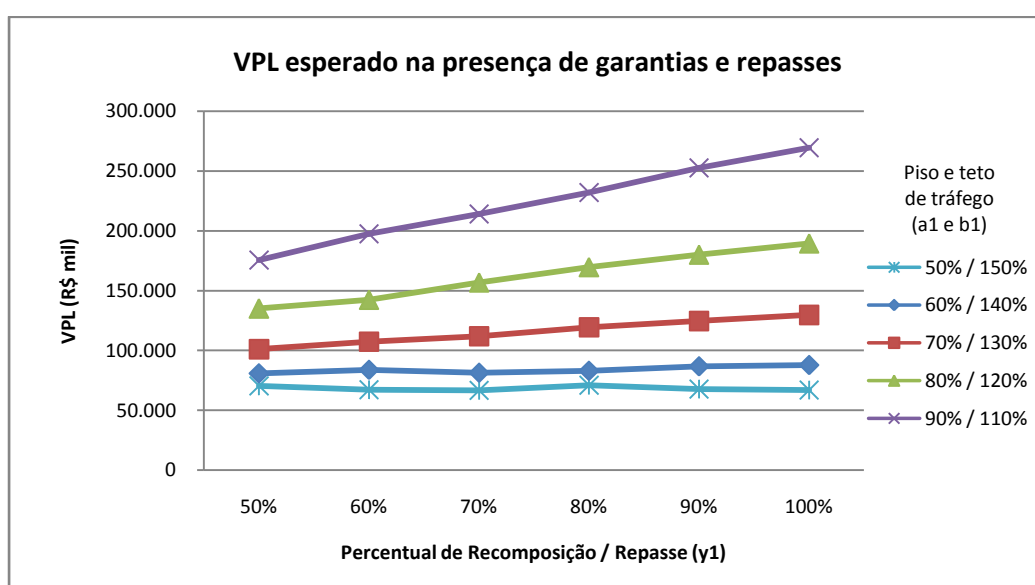


Figura 21 - VPL esperado na presença de garantias e repasses

Com a presença da opção de repasse de receita, sendo esta negativa, em alguns casos ela anula o efeito da opção de garantia, de forma que o valor combinado das opções mantém o VPL esperado praticamente estável ou até menor do que o valor sem opções. Isto ocorre, por exemplo, para a situação de piso de 50% do tráfego esperado combinado como repasse acima de 150% do tráfego esperado.

Apesar de nem sempre aumentar o VPL esperado significativamente, a combinação das opções de garantia e repasse diminui o risco do projeto – uma vez que ficam fixados limites superior e inferior para oscilação do tráfego e, conseqüentemente, da receita. A tabela dos valores de desvio padrão pode ser observada no Apêndice 10.5.2.

Quanto à TIR esperada, calculada com base nos fluxos de caixa reais esperados a cada período, seu comportamento gráfico é:

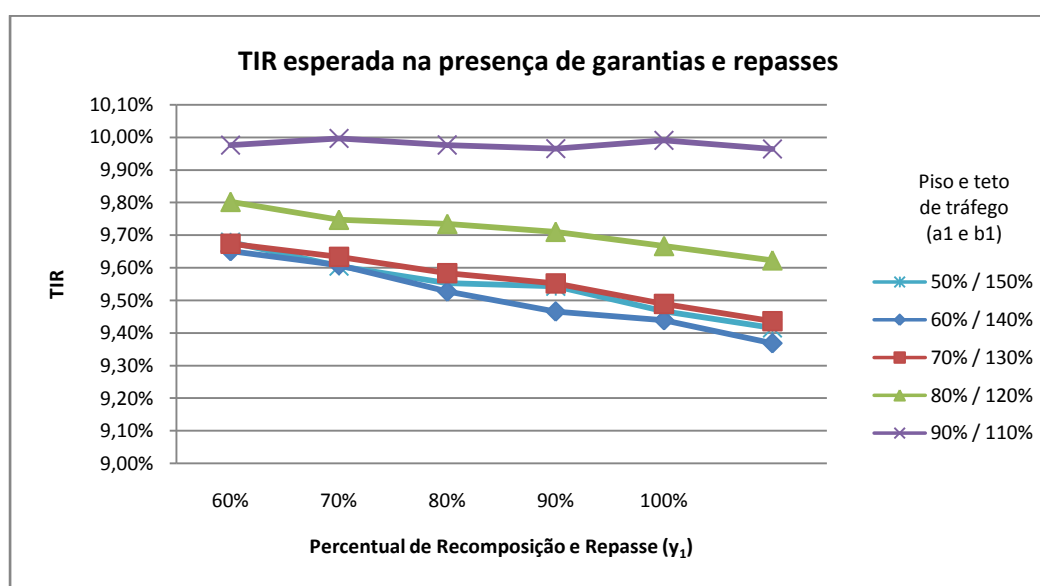


Figura 22 - TIR esperada na presença de garantias e repasses

De forma geral, na existência de repasse combinada com a presença de garantias, quanto maior o nível de garantia e menor o nível simétrico de repasse, maior é a TIR para um mesmo percentual de recomposição e repasse.

De forma contrária, para percentuais maiores de recomposição e repasse, nota-se que a TIR esperada tende a ser menor (exceto no caso de piso de 90% do tráfego esperado em que a TIR é mais estável).

Parece haver uma inconsistência nos valores da TIR na comparação com o caso sem a presença de opções. Apesar de em alguns casos a presença das opções

combinadas aumentar o VPL esperado, a TIR calculada nestes casos é menor do que a TIR original do caso sem opções. Quando são comparados os gráficos de evolução do VPL e da TIR, o comportamento é contrário ao esperado. Na direção em que o VPL cresce, a TIR decresce.

Para o caso sem garantias, a TIR determinada pelos fluxos de caixa esperados foi de 9,91% a.a. Para os casos de pisos de 50% a 80% do tráfego esperado, com os respectivos tetos de repasse, as TIRs ficaram todas abaixo deste valor.

Tome-se, por exemplo, o nível de 70% / 130% com recomposição e repasse de 100%. Ou seja, o governo garante 70% do tráfego esperado e o concessionário repassa toda a receita que estiver acima de 130% do tráfego esperado. Apesar de as opções de garantia e repasse aumentarem o VPL esperado em torno de \$ 60.000 mil, a TIR encontrada foi de 9,44% a.a.

Este fato pode ser avaliado de duas maneiras. Para o cálculo, foi usado como base o cenário esperado, mas a TIR é uma função extremamente não linear. Assim, o valor da TIR nos casos com opções poderia estar sendo viesado para baixo por algum motivo e, quando comparado com o caso sem opções, a análise não estaria sendo feita de forma correta.

Entretanto, há outra explicação possível. Quando o projeto apresenta características de opções, a taxa de desconto ajustada ao risco se altera.⁹⁶ No caso do projeto, como a cada período do fluxo de caixa há uma combinação de diferentes opções, este problema se torna ainda mais crítico.

Como a presença combinada de opções de garantia e repasse diminuem o risco do projeto, supõe-se que, se fosse calculada uma taxa de desconto única para todos os períodos, esta deveria ser menor do que a taxa de desconto calculada para o caso original sem garantias. Desta forma, poder-se-á ter uma situação em que os valores esperados dos fluxos de caixa reais período a período do caso sem garantias sejam maiores do que os do caso com garantias e repasse, mas que quando descontados a uma taxa ajustada ao risco maior, produzam um VPL menor. Entretanto, a TIR calculada para o caso sem garantias poderá ser maior do que a TIR para o caso com garantias e repasses.

⁹⁶ Para os derivativos, apesar de se conhecer muitas vezes a taxa de desconto ajustada ao risco do ativo base, não se sabe qual a taxa ajustada ao risco do derivativo.

Tome-se, por exemplo, novamente o caso anterior do nível de 70% / 130% do tráfego esperado com recomposição e repasse de 100% deste valor.

Os valores esperados para os fluxos de caixa reais obtidos foram:

Período	Sem garantias	Com garantia e repasse
0	(150.000)	(150.000)
1	(208.000)	(208.000)
2	(2.576)	(2.740)
3	(17.212)	(17.666)
4	(7.041)	(7.827)
5	2.895	1.792
6	12.661	11.294
7	22.344	20.556
8	32.028	29.967
9	41.786	39.382
10	36.185	33.460
11	46.504	43.509
12	57.007	53.781
13	67.655	64.178
14	78.525	74.579
15	89.638	84.547
16	90.828	83.542
17	114.552	106.053
18	134.876	125.917
19	144.542	134.628
20	154.627	143.899
21	165.089	153.527
22	175.810	163.365
23	186.906	173.581
24	198.493	184.387
25	210.755	195.556
VPL (simulação NR)	70.503	129.766
TIR (FC esperado)	9,91%	9,44%

Tabela 14 - Fluxos de caixa reais esperados para piso de 70% e teto de 130%

Tomando os VPLs calculados por simulação neutra ao risco, pode-se calcular uma taxa de desconto ajustada ao risco correspondente aos fluxos de caixa reais esperados acima. Para o caso sem garantias, este valor já foi obtido anteriormente (8,78% a.a.). Já para o caso com garantias e repasses, o valor calculado com base nos fluxos da tabela acima é de 7,54% a.a.

Mesmo sendo os fluxos de caixa esperados período a período menores no caso com garantias e repasses do que no caso sem opções, quando descontados a uma taxa ajustada ao risco menor, fornecem um VPL maior (R\$ 129.766 mil, comparado com de R\$ 70.503 mil). Mas a TIR calculada com base no fluxo esperado do caso com garantias e repasses é menor do que no caso sem garantias (9,44% a.a., comparada com 9,91% a.a.).

Desta forma, conclui-se que, apesar de a TIR calculada no caso com garantias e repasses ser menor do que no caso sem garantias, o risco associado ao projeto é menor e o VPL esperado maior.

7.4.2.1.4

Capacidade Máxima de Tráfego na Rodovia

O investimento na rodovia pode estar associado a uma capacidade máxima de tráfego de veículos (Cheah e Liu, 2006). Neste caso, quando o tráfego atingir determinado valor, o concessionário poderia exercer uma opção de expansão, que não foi considerada neste trabalho.

Para fins de análise do que ocorre com o VPL esperado, foram realizadas simulações de Monte Carlo, considerando que quando o tráfego atingisse o valor determinado como capacidade máxima estaria limitado a ele, ou seja, $\theta_{i\max} = K$.

Tendo em vista que o tráfego inicial considerado foi de 100.000 veículos equivalentes em média por dia no ano "0", foi realizada uma análise de sensibilidade para casos de capacidade máxima de 200.000 a 500.000 veículos equivalentes por dia.

Caso os valores esperados do tráfego originais superem a capacidade máxima, estes devem ser alterados para serem iguais à própria capacidade, de forma que o *payoff* da opção de garantia no ano i será:

$$\begin{aligned} \text{Se } \bar{\theta}_i &= K, \quad \text{onde } K \text{ é a capacidade máxima de tráfego} \\ \text{Então, } RG_{1i} &= [y_1 \max(a_1 K - \theta_i, 0)]. 365. (1 - \tau). p \end{aligned}$$

No caso da opção de repasse, como $\theta_{i\max} = K$, se ocorrer a situação em que $b_1 \bar{\theta}_i > K$, o seu *payoff* será sempre nulo. Ou seja, a opção de repasse nunca

será exercida nos anos em que o valor de exercício original for maior do que a capacidade máxima.⁹⁷ Ou seja,

$$\begin{aligned} \text{Se } b_1 \bar{\theta}_i \geq K, \quad \text{onde } K \text{ é a capacidade máxima de tráfego} \\ \text{Então, } RR_{1i} = -[y_1 \max(\theta_i - b_1 \bar{\theta}_i, 0)]. 365. (1 - \tau). p = \\ = 0 \end{aligned}$$

A análise foi realizada considerando a situação de repasse de 100% para diversos níveis de tráfego (ou seja, $a_1 = 50\%$, 60% , 70% , 80% e 90% ; e $y_1 = 100\%$). As informações calculadas estão no Apêndice 10.5.3. Graficamente, foram obtidos os seguintes comportamentos:

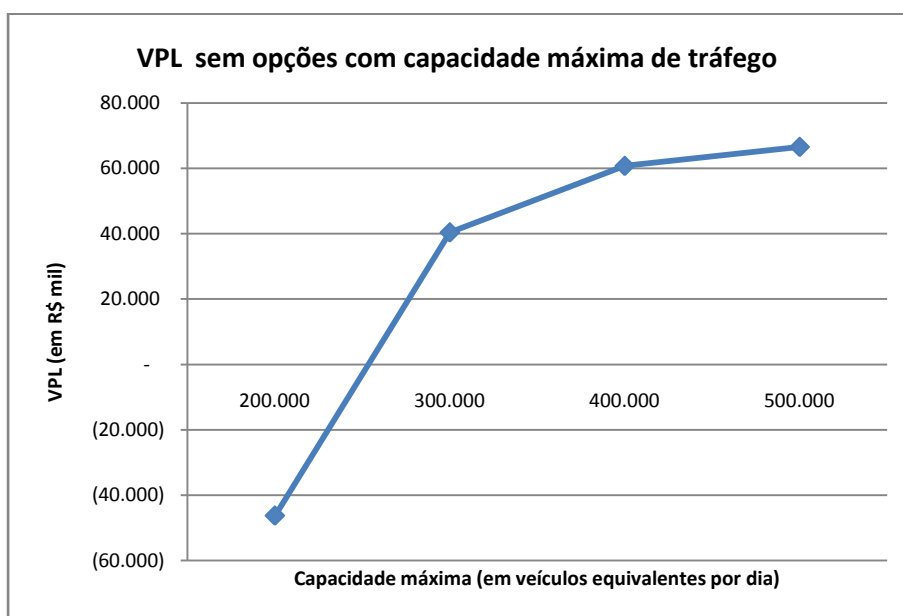


Figura 23 - VPL sem opções com capacidade máxima de tráfego

O VPL esperado sofre bastante com a capacidade, principalmente abaixo de 300.000 veículos equivalentes, por conta do limite imposto na receita também.

⁹⁷ Isso ocorre em particular também no caso em que $\bar{\theta}_i = K$.

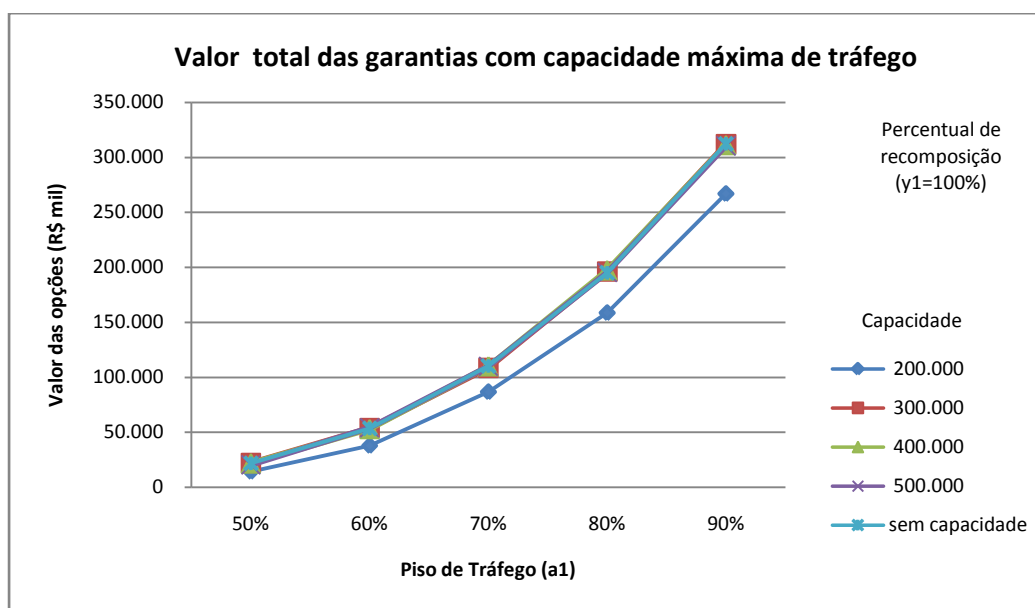


Figura 24 - Valor total das opções de garantia com capacidade máxima de tráfego

Na presença apenas de garantias por tráfego mínimo, pode-se observar que os valores das opções só são alterados para a capacidade máxima de tráfego de 200.000 veículos equivalentes por dia. Observando os valores esperados para o tráfego na tabela 8 (seção 7.1.2.2), pode-se perceber que o valor máximo esperado é de 271.828 veículos equivalentes por dia, de forma que o *payoff* das opções de garantia não são afetados nos casos de capacidade máxima igual ou superior a 300.000 veículos. Como a garantia em cada período só é afetada quando o preço de exercício correspondente se altera por conta da capacidade, ela não é influenciada para limites de capacidade mais altos.

Na presença de garantia por tráfego mínimo e repasse por tráfego máximo, como a capacidade máxima impõe um limite ao tráfego na rodovia, o valor a ser repassado para o governo também vai diminuir. Nos casos de capacidades mais limitadas da rodovia, as curvas do valor conjunto das opções se descolam do caso sem capacidade, conforme a figura a seguir. Quanto maior for o teto a partir do qual ocorre repasse, menos valor tem a opção de repasse, já que será exercida menos vezes.

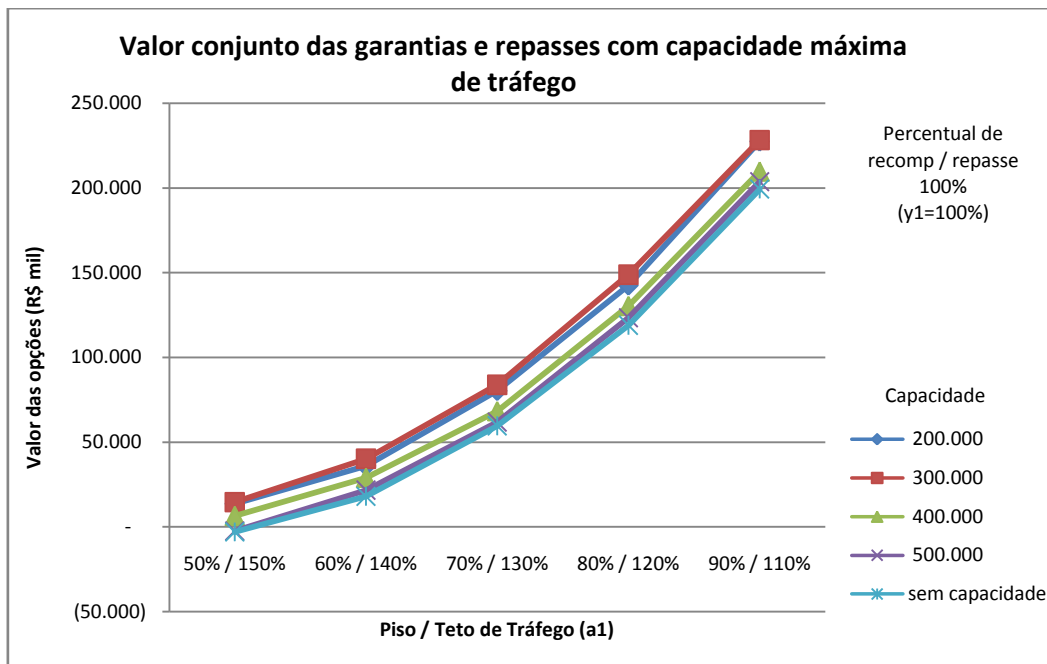


Figura 25 - Valor conjunto das garantias e repasses com capacidade máxima de tráfego

7.4.2.2

Projeto com Opção de Abandono, de Garantia por Tráfego Mínimo e de Repasse por Tráfego Máximo

As análises anteriores de avaliação das opções de garantia de tráfego mínimo e tráfego máximo não consideram a questão estratégica da estrutura de *project finance* proposta Pollio (1998). Neste tipo de financiamento, é possível identificar uma opção de abandono inerente aos próprios conceitos envolvidos de limitação de responsabilidade dos acionistas sobre a dívida assumida pela SPE.

A cada momento de decisão, o acionista deve avaliar o que é ótimo para ele: permanecer no projeto ou abandoná-lo, ao se deparar com problemas de fluxo de caixa que exijam o investimento de mais recursos ou não. Esta opção agrega valor ao projeto do ponto de vista do acionista e influencia nos valores das opções de garantia e repasse analisadas neste capítulo.

Pela metodologia proposta, para montar a árvore binomial de Cox, Ross e Rubinstein (1979) foram utilizados os seguintes dados para a volatilidade e a taxa de conveniência do tráfego, o tráfego inicial e a taxa livre de risco, respectivamente, apresentados anteriormente:

$$\sigma = 10\% \text{ a. a.} \quad \delta = 2,96\% \text{ a. a.} \quad r = 6\% \text{ a. a.}$$

$$\theta_0 = 100.000 \text{ veículos equivalentes}$$

Considerando $\Delta t = 1$ trimestre e fazendo as conversões para o intervalo correspondente, os parâmetros obtidos pelas equações (7.38) a (7.40) foram:

$$u = 1,1052$$

$$d = 0,9048$$

$$q = 69,74\%$$

7.4.2.2.1

Curvas de Gatilho de Tráfego

A partir da árvore para o valor do projeto com base nos fluxos de caixa, pela otimização *backwards* proposta na metodologia, é identificada a curva de gatilho do tráfego para o projeto sem opções adicionais, como as de garantia e de repasse. Esta curva representa os valores mínimos, a cada período, aos quais o tráfego real deve se igualar para evitar o abandono do projeto.

Graficamente a região de abandono corresponde à área onde o tráfego atinge valores menores do que os representados pela curva em cada período. Os dados obtidos encontram-se no Apêndice 10.5.4.

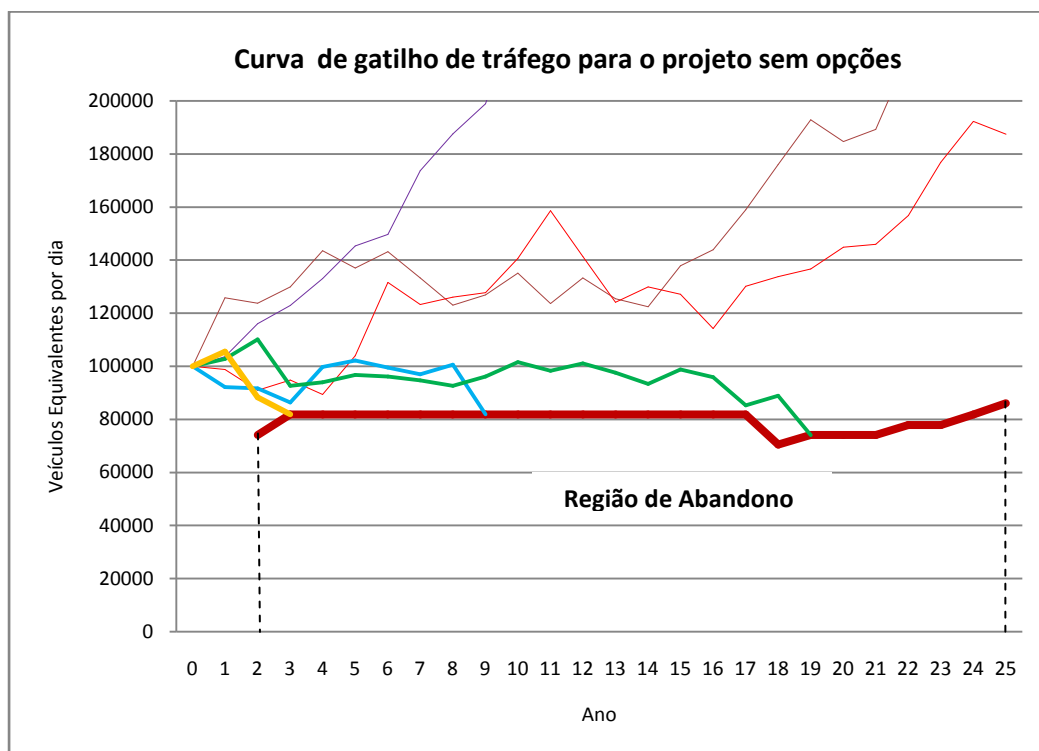


Figura 26 - Curva de gatilho de tráfego para o projeto sem opções

A região de abandono é limitada pela linha vermelha, que é a curva de gatilho para o caso original, sem opções. São apresentados também alguns

possíveis caminhos seguidos pelo tráfego estocástico, de forma que no primeiro momento de toque de um caminho na curva que define a região de abandono, o processo é cessado e o projeto abandonado.

Da mesma forma, quando a presença da opção de abandono é considerada em conjunto com as opções de garantia e com as opções de garantia e repasse simultaneamente, obtêm-se novas curvas de gatilho. Foram propostas diversas situações para avaliação da influência das opções de garantia e repasse sobre a curva de gatilho e sobre o VPL esperado.

Foi considerada a existência de um nível de garantia de tráfego mínimo e um nível simétrico de repasse de tráfego máximo, variando o piso de tráfego garantido ($a_1 = 50\%, 60\%, 70\%, 80\%$ e 90%), o teto de tráfego para repasse ($b_1 = 150\%, 140\%, 130\%, 120\%$ e 110%) e o percentual de recomposição e repasse de receita ($y_1 = 60\%, 70\%, 80\%, 90\%$ e 100%) para cada nível de a_1 .

Como exemplo, as curvas de gatilho de tráfego encontradas para todos os níveis de piso e teto de tráfego considerados com percentual de recomposição / repasse de 100% foram as seguintes⁹⁸:

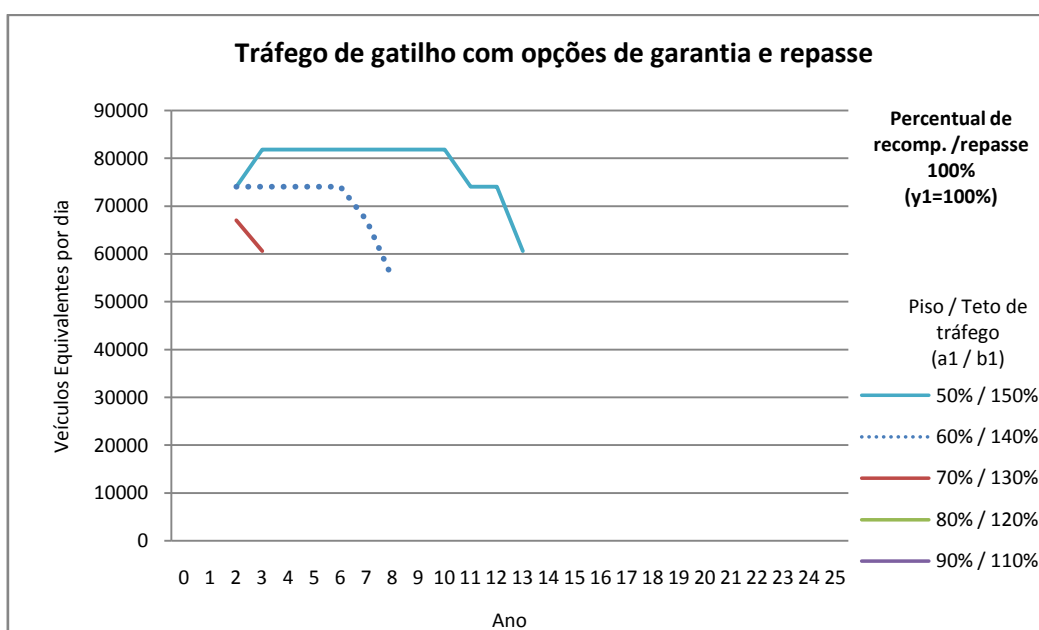


Figura 27 - Tráfego de gatilho com opções de garantia e repasse (recomposição / repasse de 100%)

⁹⁸ As curvas de gatilho encontradas na presença apenas de garantia para determinado piso de tráfego esperado foram as mesmas quando consideradas a presença de garantia e repasse para a combinação piso e teto simétrico. Na realidade, o projeto só é abandonado quando o tráfego atingir valores tão baixos que a mesma a garantia dada, que é igual nos dois casos, não for capaz de evitar o abandono.

Pelo gráfico acima, considerando um percentual de recomposição e repasse de 100%, não existe curva de gatilho para piso de 80% e 90% do tráfego esperado, de modo que pode se concluir que a decisão de abandono nunca é ótima nestes casos. Além disso, as curvas de gatilho para os outros níveis de piso de tráfego envolvem poucos períodos, apenas no início do prazo de concessão.

Quando considerado um percentual de recomposição / repasse de 50%, as curvas obtidas foram:

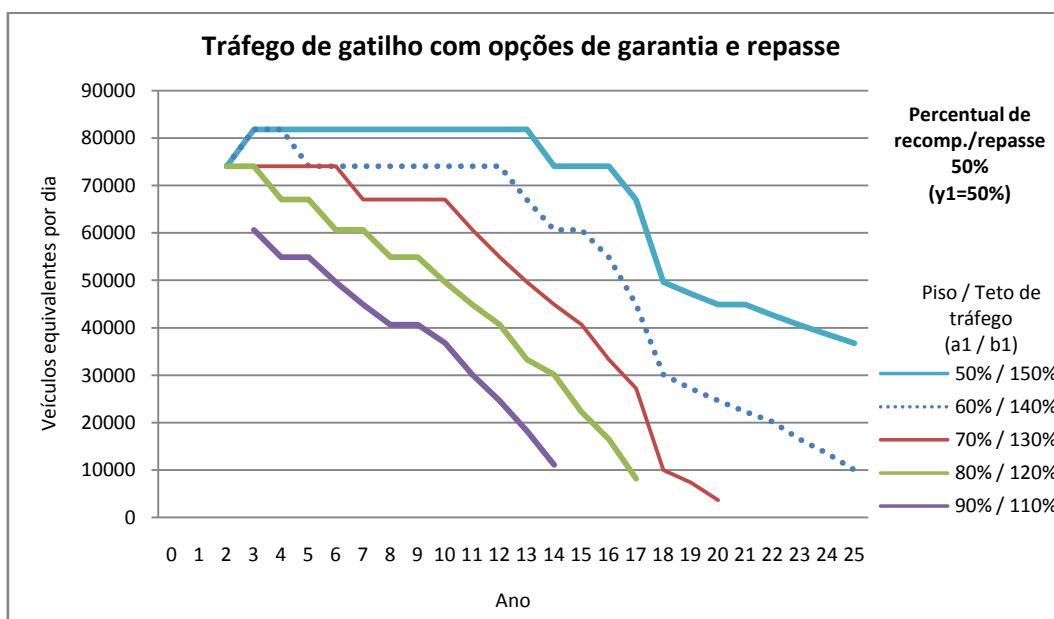


Figura 28 - Tráfego de gatilho com opções de garantia e repasse (recomposição / repasse de 50%)

Neste caso, para todas as combinações de piso e teto de tráfego considerados existe curva de gatilho. Entretanto, nota-se que, para pisos menores, a curva de gatilho se estende por mais períodos. Além disso, os tráfegos mínimos para abandono nos períodos iniciais são maiores do que nos períodos mais a frente.

Espera-se, assim, diminuição de probabilidade de abandono para garantias maiores e ocorrência de abandonos maior nos anos iniciais do prazo de concessão.

7.4.2.2.2 VPL e Valor das Opções

O VPL esperado considerando a opção de abandono pode ser obtido através de uma simulação de Monte Carlo neutra ao risco, de forma que o fluxo de caixa é interrompido quando o caminho simulado do tráfego toca pela primeira vez a curva de gatilho.

Foi utilizado o programa @Risk com 5.000 caminhos simulados em praticamente todos os resultados a seguir.

No caso base, em que tomamos o projeto com a opção de abandono e sem opções adicionais de garantia e repasse, o VPL esperado foi de R\$ 104.180 mil (para 10.000 iterações no @Risk), em comparação com o VPL encontrado sem a opção de abandono de R\$ 70.503 mil. O valor adicionado pela presença desta opção é dado por:

Valor da Opção de Abandono

$$= \text{VPL acionista com abandono} - \text{VPL acionista original}$$

$$= \text{R\$ 33.677 mil}$$

Considerando, por exemplo, as situações de percentual de recomposição e repasse de 100% para diferentes combinações de piso e teto de tráfego e comparando com os resultados das análises sem abandono, os resultados obtidos foram⁹⁹:

Piso / Teto de tráfego com recomposição e repasse de 100%	Caso com garantia sem abandono		Caso com garantia e repasse, sem abandono		Caso com garantia com abandono		Caso com garantia e repasse, com abandono	
	VPL	Valor das opções	VPL	Valor das opções	VPL	Valor das opções	VPL	Valor das opções
50% / 150%	91.679	21.701	66.987	(2.991)	108.870	38.892	84.232	14.254
60% / 140%	123.403	53.482	87.891	17.970	128.225	58.304	92.729	22.808
70% / 130%	180.422	110.236	129.766	59.581	180.310	110.124	129.662	59.477
80% / 120%	265.533	194.940	189.535	118.942	265.533	194.940	189.535	118.942
90% / 110%	382.503	312.184	269.629	199.310	382.503	312.184	269.629	199.310

Tabela 15 - VPL e valor das opções sem e com abandono

Os resultados para os outros percentuais de recomposição e repasse estão no Apêndice 10.5.5.

Na presença de opções de garantia e repasse, para níveis maiores de pisos de tráfego garantido (e tetos de tráfego simétricos menores para repasse), a opção de abandono não tem valor, já que nunca é exercida. Assim os prêmios da opção correspondem apenas às garantias e repasses. Isso ocorre, por exemplo, nos casos

⁹⁹ O valor das opções foi calculado para cada simulação pela diferença *VPL com opções – VPL original sem opções*, sendo este último em torno de R\$ 70.000 mil.

de pisos de 80% e 90% do tráfego esperado (com tetos de 120% e 110% do tráfego esperado, respectivamente), como marcado em azul na tabela anterior.

Conforme o piso vai diminuindo (e o teto simétrico vai aumentando), o valor da opção de abandono se torna mais relevante em relação ao valor das opções de garantia e repasse. Para a presença de apenas garantia com piso de 50% do tráfego esperado o prêmio total é de \$ 38.892 mil, pouco acima dos \$ 33.677 da opção de abandono quando considerada sozinha. No caso em que há repasse para teto simétrico de 150% do tráfego esperado, o valor conjunto das opções se torna positivo quando considerado o abandono, como assinalado em vermelho.

Em conjunto com a opção de abandono, a existência das garantias tem uma importância estratégica. Sob o ponto de vista do governo, é possível construir a garantia de forma a diminuir a probabilidade de abandono, minimizando problemas políticos e sociais. Sob o ponto de vista dos credores, a presença de garantias diminui o risco de o acionista sair da operação e deixar de pagar o serviço da dívida, o que pode acarretar em uma redução da taxa de financiamento e melhorar conseqüentemente a atratividade do projeto.

7.4.2.2.3

Probabilidade e Tempo Médio de Abandono

Com base nas curvas de gatilho do tráfego, é possível calcular a probabilidade de abandono em cada situação proposta a partir da simulação real.

Na situação original, considerando a opção de abandono sem a presença de opções de garantia e repasse, a probabilidade de abandono total do projeto em algum momento é de 14,93%, conforme definido pela equação (7.42). O tempo médio para abandono é entre os anos 7 e 8 do prazo da concessão (7,22 anos), conforme definido pela equação (7.43).

Quando consideradas as opções de garantia e repasse, esta probabilidade se reduz bastante, chegando a zero em alguns casos.¹⁰⁰ Os resultados obtidos estão no Apêndice 10.5.6 e no gráfico a seguir.

¹⁰⁰ Sendo as curvas de gatilho as mesmas para os casos apenas com garantia e com garantia e repasse, as probabilidades de abandono são também as mesmas.

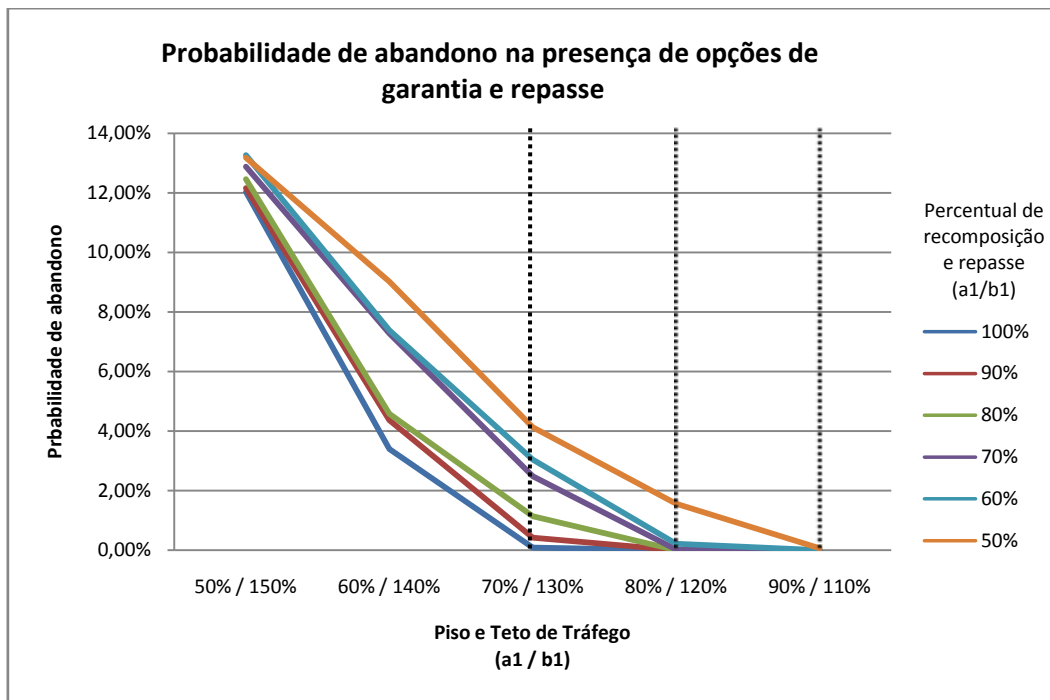


Figura 29 - Probabilidade de abandono na presença de opções de garantia e repasse

Quanto maior o percentual de recomposição, menor a probabilidade de abandono para todos os níveis de piso de tráfego considerados.

Para pisos de 70%, 80% e 90% do tráfego esperado (com tetos simétricos), a probabilidade de abandono cai bastante independente do percentual de recomposição. Para o piso de 70% do tráfego esperado, a probabilidade de abandono fica sempre abaixo de 4,12%. Para os pisos de 80% e 90%, fica sempre abaixo de 1,56% e 0,06%, respectivamente, chegando a zero em alguns casos.

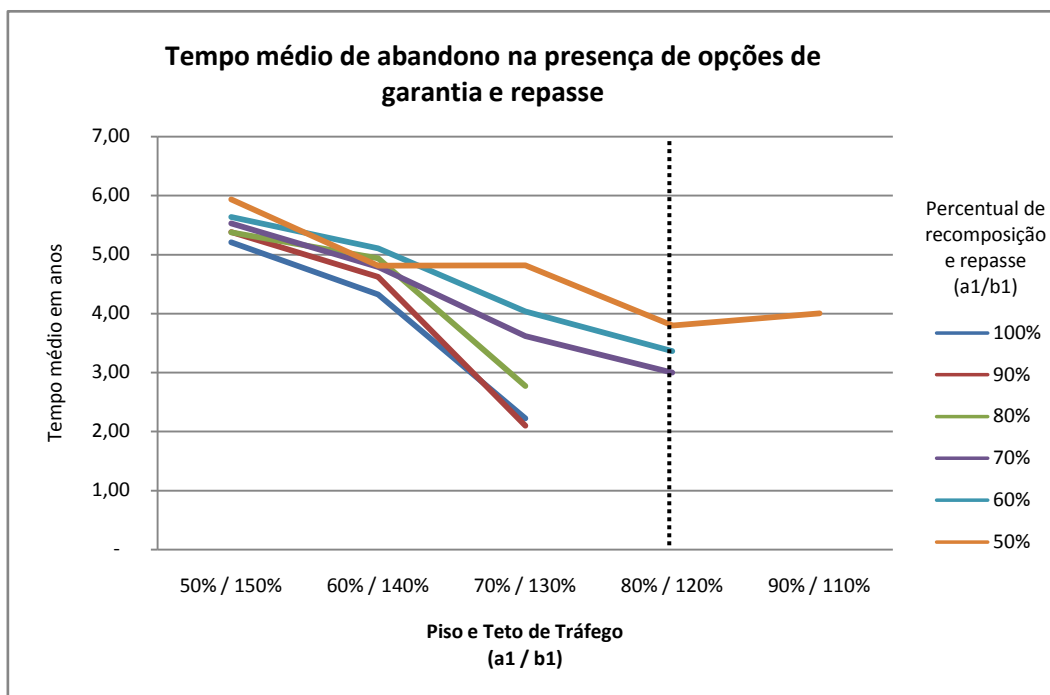


Figura 30 - Tempo médio de abandono na presença de opções de garantia e repasse

O tempo médio de abandono para todos os casos considerados ocorre até o ano 6 do prazo da concessão, sendo quase sempre menor quando o piso de tráfego aumenta. Na prática, este abandono logo nos anos iniciais limitaria o desembolso do governo com garantias e implicaria em uma revisão imediata das projeções de tráfego. Os maiores prejudicados seriam os credores, pois a dívida ficaria inadimplente e deveria ser renegociada de alguma forma.

Pode ser realizada uma análise ainda comparando todos os níveis de pisos e tetos estudados para ver como influenciam o VPL esperado e a probabilidade de abandono simultaneamente. É possível ter uma situação em que, apesar de apresentar um VPL esperado maior do que outra, também acarreta em uma probabilidade de abandono maior.

O governo pode, a partir de uma combinação de pisos, tetos e percentuais de recomposição e repasse, escolher o nível de garantia que deseja oferecer, tornando a concessão mais atrativa para a iniciativa privada e limitando a probabilidade de abandono a valores desejados – além de diminuir sua exposição ao risco. Esta avaliação poderia ajudar na escolha de determinadas combinações de garantias e repasses em detrimento de outras.

No gráfico a seguir, cada ponto corresponde a uma das combinações propostas de piso, teto e percentual de recomposição / repasse, caracterizada através do seu VPL esperado e da respectiva probabilidade de abandono.¹⁰¹

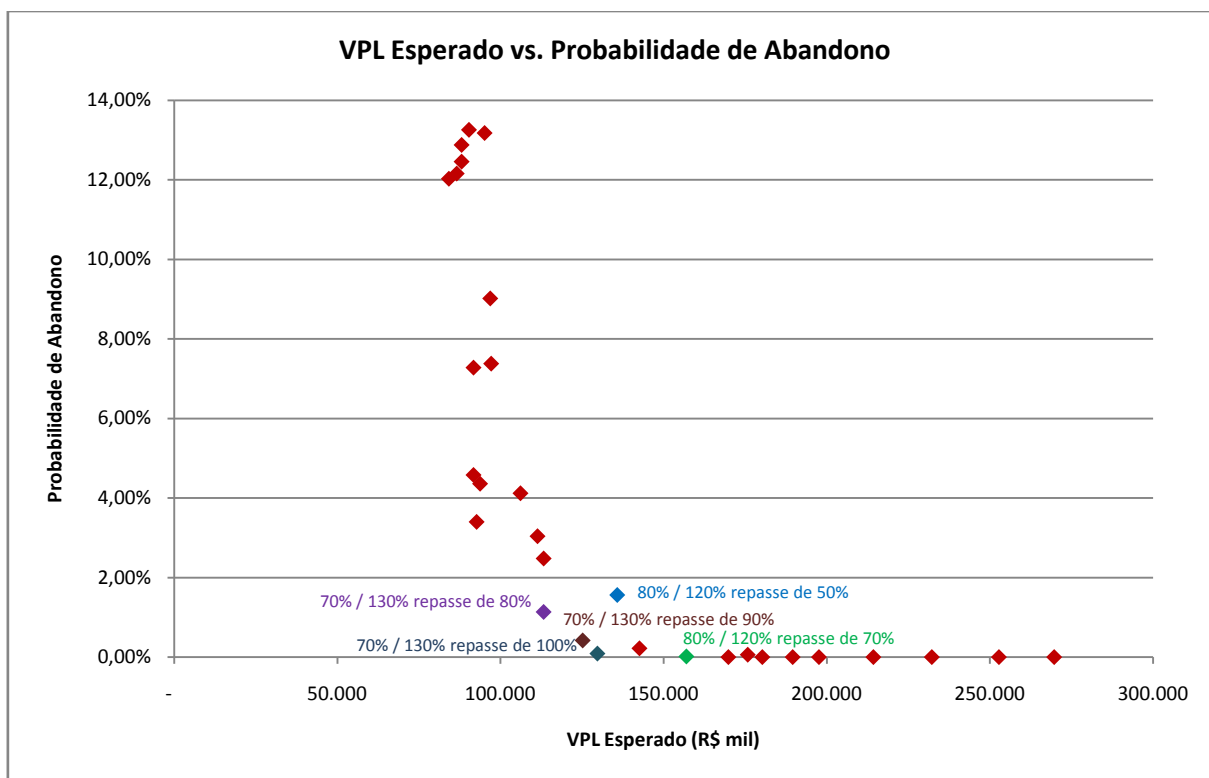


Figura 31 - VPL esperado versus Probabilidade de Abandono

Há alguns níveis de garantia que são muito altos e desnecessários, como, por exemplo, os que envolvem 90% do tráfego esperado como piso, já que a probabilidade de abandono é nula também para situações de garantia de 80% do tráfego esperado e, ainda assim, representam um aumento relevante no VPL.

Os dados assinalados no gráfico, por exemplo, representam alternativas de combinações para as quais a probabilidade de abandono está abaixo de 2%.

¹⁰¹ Na figura, há 30 pontos correspondentes às combinações de pisos / tetos (a_1/b_1) de 50%/150% a 90%/110% do tráfego esperado, com os percentuais de recomposição e repasse (y_1) de 50% a 100%.

Percentual de recomposição e repasse												
	100%		90%		80%		70%		60%		50%	
Piso / Teto (a1 / b1)	Prob	VPL	Prob	VPL	Prob	VPL	Prob	VPL	Prob	VPL	Prob	VPL
90% / 110%	0,00%	269.629	0,00%	252.707	0,00%	232.149	0,00%	214.254	0,00%	197.582	0,06%	175.716
80% / 120%	0,00%	189.535	0,00%	180.234	0,00%	169.842	0,02%	156.979	0,22%	142.521	1,56%	135.130
70% / 130%	0,09%	129.766	0,42%	124.701	1,14%	119.358	-	-	-	-	-	-

Tabela 16 - Probabilidade de abandono abaixo de 2%

O nível de garantia e repasse de 70% do tráfego esperado para piso com 130% para teto fornece VPLs esperados menores do que os outros apresentados, mas que configuram um bom acréscimo no VPL do projeto sem garantias. E, ainda assim, a probabilidade de abandono fica abaixo do nível de 2% do exemplo.

Outras combinações de garantia e repasse que não apenas as simétricas podem ser realizadas. O pagamento de garantias é bem mais questionável do que o não recebimento de uma receita por conta de um repasse, de forma que o governo poderia aumentar o limite de teto máximo, mantendo um piso adequado no nível que lhe convier.

7.4.2.2.4

Dois Níveis de Opção de Garantia por Tráfego Mínimo e de Repasse por Tráfego Máximo

Como na modelagem da PPP da Linha 4 do Metrô de São Paulo, a possibilidade de percentuais de recomposição diferentes para mais de um piso de tráfego aumenta a flexibilidade de atuação do governo a fim de definir a garantia. Ganha-se mais um grau de liberdade para construir a composição de garantias e repasses, variando de forma mais justa o VPL esperado e a probabilidade de abandono.

Neste caso, para cada período, estar-se-á considerando uma composição de duas opções de piso mínimo de tráfego e de duas outras opções simétricas de teto máximo de tráfego. Gráficamente ficam determinadas duas “bandas” que podem visualizadas abaixo como um exemplo:

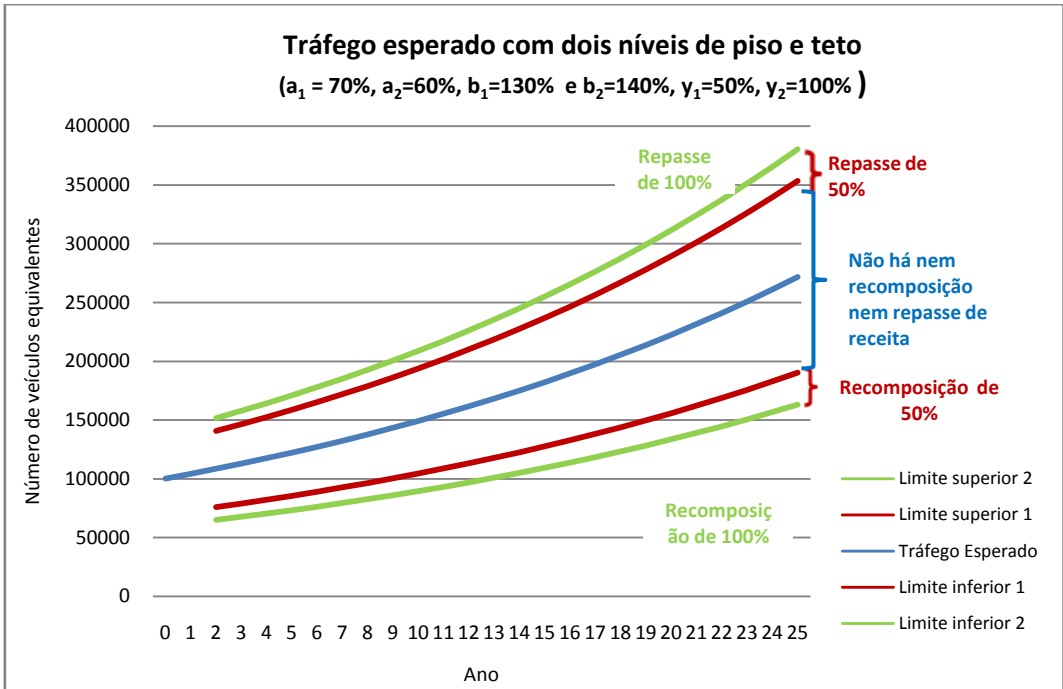


Figura 32 - Tráfego esperado com dois níveis de piso e teto

Para exemplificar, tomou-se o primeiro piso como 70%, com teto simétrico de 130%. Para análise do comportamento do VPL e da probabilidade de abandono, foram considerados percentuais de recomposição e repasse nesta primeira banda variando de 50% a 90%. Como segunda banda, foram então avaliados os casos de 50% / 150% e 60% / 140% do tráfego esperado, considerando que a recomposição e o repasse são totais (de 100%). Os resultados obtidos foram:

1a banda de 70% / 130% do tráfego esperado (a1 / b1)						
com recomp / repasse (y1)	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Probabilidade	4,12%	3,04%	2,48%	1,14%	0,42%	0,09%
VPL	106.157	111.378	113.260	119.968	125.210	129.662
+ 2a banda de 60% /140% do tráfego esperado (a2 / b2) com repasse de 100% (y2)						
Probabilidade	1,26%	1,26%	1,28%	0,72%	0,28%	
VPL	110.159	114.598	115.691	121.929	123.307	
+ 2a banda de 50% /150% do tráfego esperado (a2 / b2) com repasse de 100% (y2)						
Probabilidade	2,84%	2,36%	1,40%	1,22%	0,14%	
VPL	98.861	108.172	111.060	116.503	120.939	

Tabela 17 - VPL e probabilidade de abandono com dois níveis de opções de garantia e repasse

Graficamente, os pontos podem ser representados por:

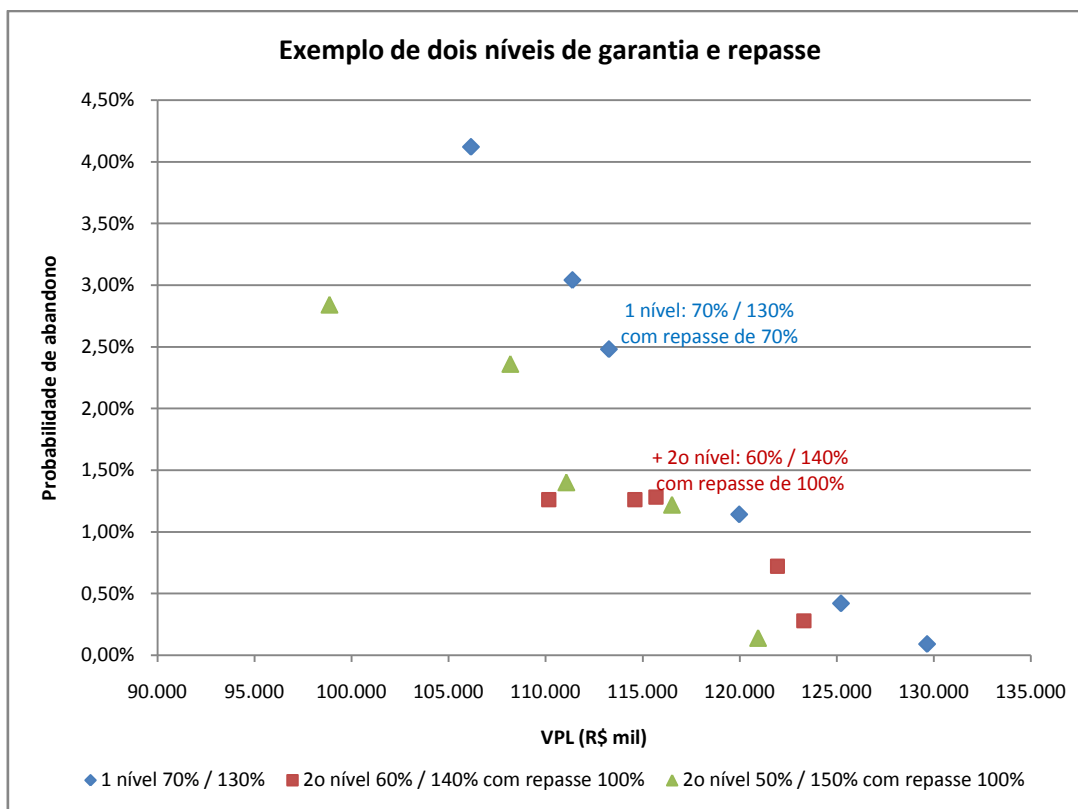


Figura 33 – VPL esperado e probabilidade de abandono para dois níveis de opções

A combinação de dois níveis de piso e teto de tráfego com percentuais de recomposição e repasse diferentes permite que se ajuste de forma mais fina o VPL esperado e a probabilidade de abandono. Quando um segundo nível é adicionado, podem-se obter situações em que o VPL esperado é aproximadamente o mesmo (em alguns casos, até maior) e a probabilidade de abandono é bem menor.

O exemplo assinalado em azul mostra a situação em que a primeira banda é dada por 70% / 130% do tráfego esperado, com percentual de recomposição / repasse de 70%. No caso de apenas um nível, a probabilidade de abandono de 2,48%. Quando é acrescentado um segundo nível de 60% / 140%, com percentual de recomposição / repasse de 100%, assinalado em vermelho, a probabilidade de abandono cai muito para 1,28%. Neste exemplo, o VPL esperado praticamente não varia.

A análise de dois níveis de garantia e repasse é complexa, pois envolve vários parâmetros de pisos e tetos de tráfego esperado e percentuais de recomposição e repasse. As várias possibilidades devem ser analisadas para que se

obtenha a composição mais adequada do ponto de vista do governo, do concessionário privado e dos credores.

7.4.2.3

Análise de Sensibilidade do VPL Esperado

Através de simulação de Monte Carlo, foi realizada a análise de sensibilidade do VPL esperado, considerando as variáveis: pedágio, tráfego inicial, taxa de crescimento do tráfego, volatilidade do tráfego e correlação do tráfego com o IBovespa. As tabelas com os dados calculados estão no Apêndice 10.5.7 e, a seguir, são apresentados os resultados gráficos.

Considerando variação do valor do pedágio, o comportamento do VPL esperado foi:

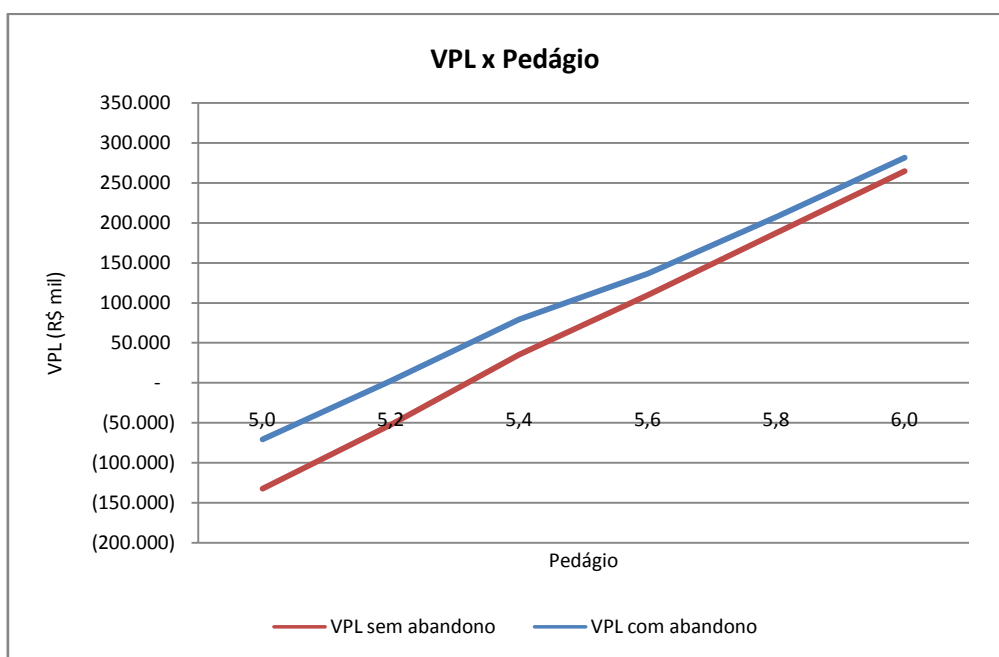


Figura 34 - Sensibilidade VPL x Pedágio

Quanto maior o pedágio cobrado, maior é o VPL esperado, mas a opção de abandono perde valor, de forma que as curvas acima se aproximam. A receita fica sendo cada vez maior e a opção de abandono é exercida menos vezes, se tornando menos relevante em relação ao VPL.

Considerando variação do tráfego inicial esperado, o comportamento foi:

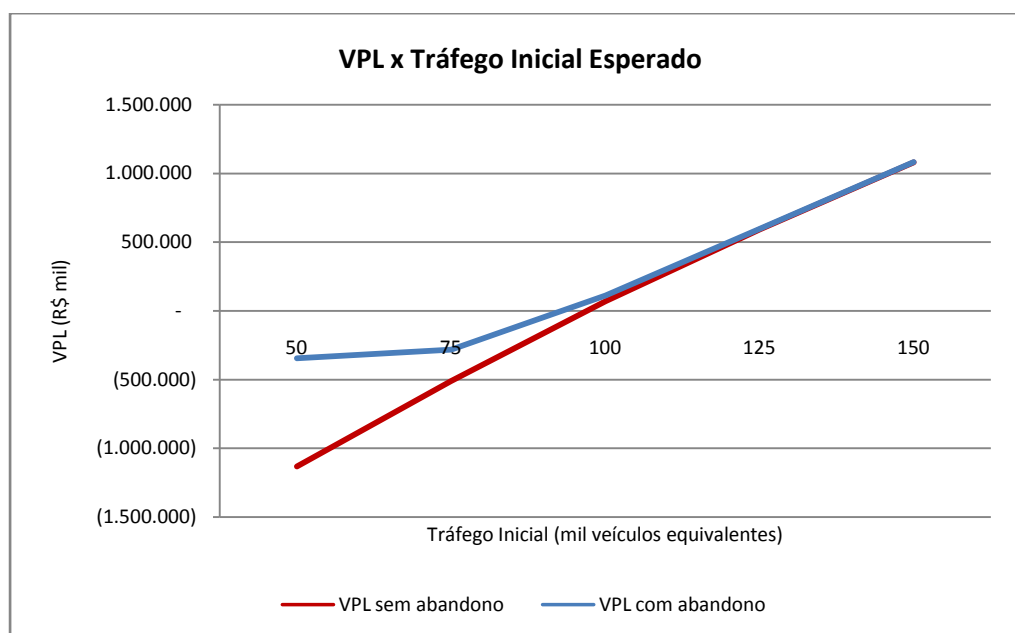


Figura 35 - Sensibilidade VPL x Tráfego Inicial Esperado

O VPL esperado é bastante sensível ao tráfego inicial esperado e esta é uma variável crítica do modelo. Graficamente, pode-se perceber que o VPL esperado pode se torna bastante positivo ou negativo para pequenas variações do tráfego inicial em torno de 100.000 veículos equivalentes por dia, que é o valor considerado no modelo original. A acurácia na estimativa desta variável é de grande importância, apesar de, em casos de projetos de novas rodovias, não se disporem de dados preliminares, aumentando a possibilidade de erro.

Para tráfegos iniciais cada vez maiores, a opção de abandono perde valor, da mesma forma que com o pedágio, e as curvas de VPL com e sem abandono se superpõem. Como no pedágio, se o tráfego inicial for alto, a receita será também alta e o abandono não se justificará. De forma contrária, para tráfegos iniciais menores, a opção de abandono vai ficando mais valiosa e, graficamente, pode-se verificar que o VPL esperado tende inclusive se estabilizar em determinado valor.

Considerando variação da taxa de crescimento do tráfego – ou *drift* – o comportamento do VPL foi:

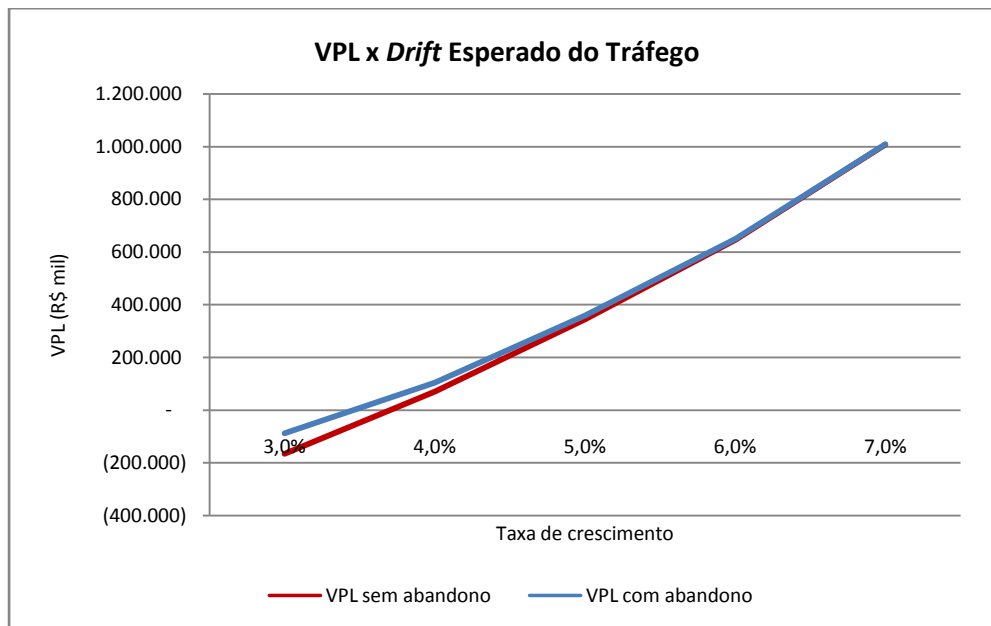


Figura 36 - Sensibilidade VPL x *Drift* Esperado do Tráfego

Graficamente, verifica-se que para tendências de crescimento de tráfego pouco abaixo de 4%, que foi o valor considerado no caso base, o VPL esperado se torna negativo, de forma que esta é também uma variável crítica do modelo. Levando-se em conta tanto o tráfego inicial quanto o *drift* do movimento, o risco associado a projeções dos parâmetros do tráfego é considerável no projeto.

Novamente, para taxas de crescimento cada vez mais altas, a opção de abandono vai perdendo valor, sendo menos exercida. Visualmente, para taxas abaixo de 4,5% ela passa a ter algum valor.

A variação da volatilidade do tráfego afeta não apenas o termo aleatório do movimento estocástico do tráfego, como também o prêmio de risco do tráfego, que é subtraído da tendência de crescimento real. O comportamento do VPL foi:

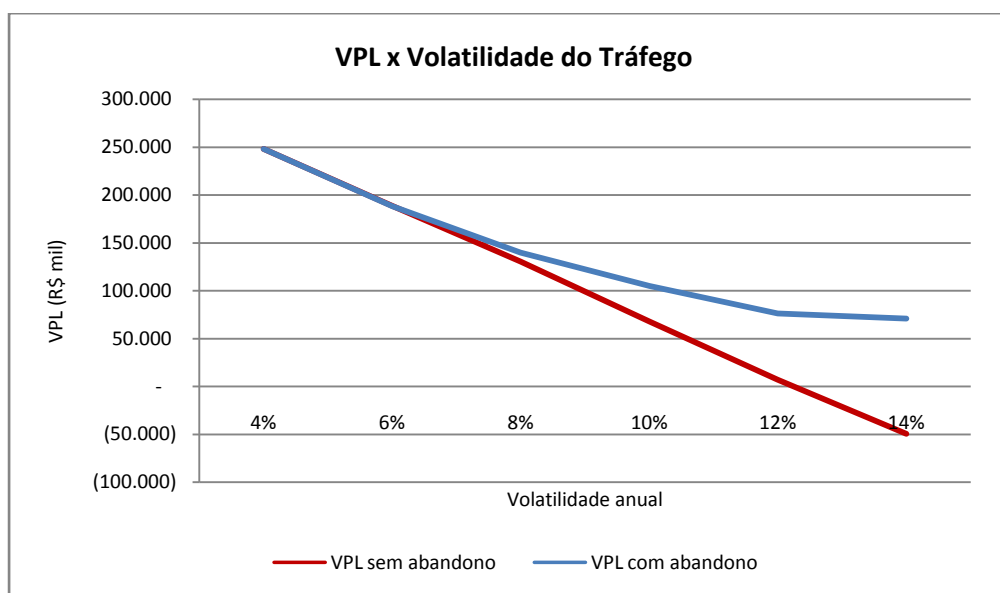


Figura 37 - Sensibilidade VPL x Volatilidade do Tráfego

Quanto maior a volatilidade do tráfego, mais negativo se torna o VPL esperado sem considerar a opção de abandono, tendo em vista que valores menores de tráfego podem ocorrer mais vezes. No modelo, o valor considerado foi de 10% e, pela análise de sensibilidade, até aproximadamente 12% não estaria comprometendo o VPL esperado em valores negativos.

Além disso, o aumento da volatilidade, mantendo-se o preço de mercado do risco constante, torna o prêmio de risco do tráfego maior que, ao ser subtraído da tendência real de crescimento do tráfego, acarreta em uma tendência neutra ao risco menor.

Assim, quando considerado o abandono, o aumento da volatilidade faz com que esta opção tenha cada vez mais valor. Isto pode ser observado tanto graficamente, pois como o VPL diminui para maiores volatilidades, o abandono passa a ser exercido mais vezes, como pelo próprio conceito de opções, que passam a ter mais valor quanto maior a volatilidade. Para volatilidades anuais do tráfego a partir de algum valor entre 7% e 8%, a opção de abandono começa a ganhar cada vez mais relevância. Visualmente, o VPL esperado tende a se estabilizar em um valor positivo para volatilidades acima de 14%, não ficando nunca negativo.

A variação da correlação do tráfego com o IBovespa afeta diretamente o preço de mercado de risco do tráfego e, conseqüentemente o seu prêmio de risco, que é subtraído da tendência de crescimento real. O comportamento do VPL foi:

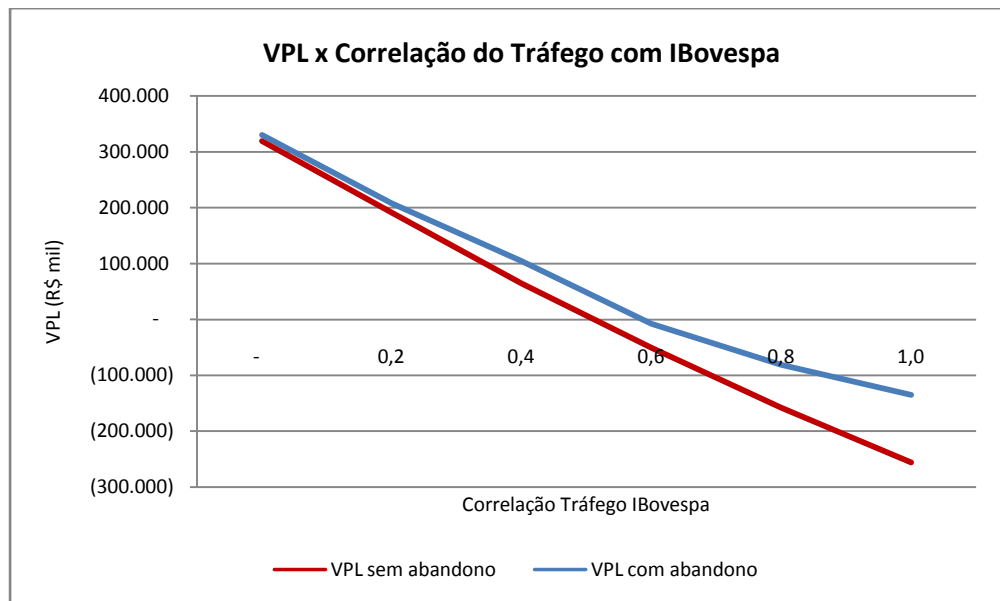


Figura 38 - Sensibilidade VPL x Correlação do Tráfego com IBovespa

Observa-se que quanto maior a correlação entre o tráfego e o IBovespa, menor é o VPL esperado. O que ocorre é que uma maior correlação entre estas variáveis, mantida a volatilidade do tráfego constante, provoca um aumento do prêmio de risco. Da mesma forma que a análise de sensibilidade da volatilidade, a tendência neutra ao risco é diminuída, gerando VPL esperado menor e uma maior relevância da opção de abandono.