

Gerenciamento de risco de tráfego em PPP rodoviária com uso de modelagem de opções reais em concessões SCUT

Cristiano Maroja de Medeiros, Doutorado em andamento em Administração de Empresas com ênfase em Finanças, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
Telefone: (21) 99133-7009. Email: cmaroja@gmail.com

Resumo

O trabalho tem como objetivo a avaliação à luz da Teoria de Opções Reais de alternativa de gerenciamento de risco com uma modelagem de uma opção de tráfego, pelo governo português, no caso de concessão rodoviária com cobrança virtual do tipo shadow toll – também conhecida pelo acrônimo SCUT. A maior parte da literatura se preocupa apenas com as garantias que devem ser fornecidas pelo setor público para atrair o ente privado para o negócio. A novidade aqui foi utilizar a teoria de opções reais para propor um modelo que ajude no gerenciamento do risco suportado pelo governo. Propõe-se uma modelagem de uma opção de tráfego inspirado em BRANDÃO; SARAIVA (2007), com o uso de metodologia binomial. Para projetos futuros além da aplicação prática, sugere-se o uso de outros processos subjacentes que não apenas o Movimento Geométrico Browniano.

Palavras-chave: Opções reais; PPP, SCUT, pedágio virtual.

1. INTRODUÇÃO

A Lusoponte foi a primeira parceria público privada (PPP) em Portugal. O projeto compreendia a construção e operação da ponte Vasco da Gama em Lisboa por 33 anos. Inicialmente anunciada como custo zero ao contribuinte, ao longo do projeto mostrou-se muito mais onerosa do que isso.

O principal planeamento da malha rodoviária de Portugal foi estabelecido em final dos anos 90 com o Plano Rodoviário Nacional (PRN2000). FERREIRA (2013) explica que o Estado português optou pelas PPP como forma de acelerar o plano e obter baixo impacto sobre o já frágil orçamento público.

A implantação do ambicioso plano não saiu exatamente como planejado. Em fevereiro de 2015, de acordo com os valores publicados pelo Eurostat, o total de passivos contingentes das PPP *off-balance* chegaram a 5,12% do PIB de 2013, correspondendo a um valor próximo dos 10 bilhões de Euros. Os problemas abrangeram diversos aspectos dos projetos das PPPs. Desde falhas na avaliação ambiental, passando por interferências políticas, com modificações unilaterais nos contratos, até avaliação equivocada dos custos nas expropriações. Com isto houve um grande custo de reequilíbrio dos contratos já na fase de construção, conforme se observa na Tabela 1.

<i>Concessão</i>	<i>Comprimento (km)</i>	<i>Custo de Construção Estimado (milhões de €)</i>	<i>Custo de Construção Efetivo (milhões de €)</i>	<i>Diferença (%)</i>
Beiras Litoral e Alta	166	702	1.135	+61,7%
Beira Interior	177	576	925	+60,6%
Grande Porto	64	545	733	+34,5%
Interior Norte	155	488	645	+32,2%
Norte Litoral	121	306	656	+114,4%
Costa de Prata	102	299	531	+77,6%
Algarve	129	218	570	+161,5%
Total	914	3.134	5.195	+65,8%

Tabela 1 – Custo de Construção para rodovias SCUT
Fonte: DGTF, 2008

No caso das PPPs com modelo SCUT (Sem Custo para o Utilizador) houve ainda mais dois agravantes. O primeiro relativo ao fato de que o custo orçado não recebeu dotação orçamentária, incorrendo em grande impacto no momento do efetivo desembolso. O segundo foi relativo à surpresa quanto ao grande volume de tráfego realizado nas autoestradas. Como no modo SCUT o pedágio é pago pelo ente público e não pelo utilizador da rodovia, mais uma infeliz surpresa sobre o já escasso orçamento português.

A solução apresentada pelo governo de Portugal foi a renegociação dos contratos e a implantação de pedágio “real” nas autoestradas. De início, a idéia seria incluir em apenas algumas delas. Mas com a piora nas finanças públicas decorrente da crise global de 2008/2009, em pouco tempo todas as rodovias se tornaram ex-SCUTs. Os resultados, entretanto, foram desanimadores. Após a implementação da decisão de cobrança foi notória a redução significativa do volume de tráfego nas vias ex-SCUT. À primeira vista, o ocorrido explica-se apenas pela introdução dos pedágios nas vias, mas há de se ressaltar que a decisão coincide com um período de crise econômica que pode também ter influência sobre o fato.

Segundo FERREIRA (2013) nas renegociações o governo português foi novamente penalizado. Isso porque na renegociação dos contratos a matriz de riscos foi alterada e no caso

da grande maioria de ex-SCUTs houve uma alteração da concessão para o modelo de disponibilidade. A empresa Estradas de Portugal S.A. recebe o valor cobrado pelos pedágios e paga ao parceiro privado uma renda pela disponibilidade e pela qualidade da manutenção da via.

Outro aspecto a ser ressaltado decorre do fato de a grande maioria das autoestradas ex-SCUT serem em direção ao interior de Portugal, regiões notadamente mais carentes e dependentes tanto do turismo quanto da exportação de produtos agropecuários. Ainda segundo FERREIRA (2013) diversas regiões promoveram estudos comprovando o significativo impacto regional da introdução do sistema de cobrança de pedágios. O imbróglgio atravessou fronteiras, com a manifestação da organização espanhola fundada para defender os interesses da Galícia e Norte de Portugal.

O trabalho, através de metodologia de opções reais vai procurar mostrar que o melhor a ser implementado no caso de PPPs sob o modo SCUT seria a contratação, desde o início, pelo governo junto aos concessionários de uma opção real de compra sobre o tráfego base. Apesar de incorrer em algum custo decorrente do prêmio da opção, a economia gerada por essa estratégia mais do que compensaria os custos envolvidos. Sejam eles custos financeiros ou políticos.

Será estudada a concessão conhecida por NORSCUT-Concessionária de Autoestrada S.A. ou Interior Norte, com aproximadamente 155 km de estradas sob sua responsabilidade. Ela faz parte do Itinerário Principal nº 3 (IP3), conforme figura 1. O contrato de concessão foi assinado em final de 2000, com duração prevista de 30 anos. O investimento previsto era de aproximadamente €500 milhões. O vencedor foi um *pool* de empresas francesas. Em 2000, possuía apenas um trecho de 24 km. A maior parte entrou em operação no triênio 2004-06, com um adicional de aproximadamente 100 km de novas rodovias operacionais.



Figura 1 – Itinerário Principal nº 3
Fonte: Relatório de Monitoração - IMT

Apesar das dificuldades enfrentadas pelo programa de PPPs rodoviárias, MARQUES; SILVA (2008) apontam como méritos do programa a antecipação do plano rodoviário, a salvaguarda

da manutenção por um período de até 30 anos, o estímulo e transferência de riscos ao setor privado e a redução da sinistralidade nas estradas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Revisão da Literatura

Ensinam PASIN; BORGES (2003) que a Parceria Público Privada (PPP) envolve o uso de recursos privados para atividades, em geral, associadas ao papel do Estado. Para isso é razoável esperar alguma garantia prestada pelo setor público para atingir as expectativas de retorno financeiros dos entes privados. Já o Banco Mundial utiliza a seguinte definição: “*um contrato de longo prazo entre um ente privado e um governamental para prover um ativo ou serviço público em que a parte privada corre uma quantidade significativa de risco e detém o gerenciamento do projeto. Além disso, a remuneração está associada ao desempenho.*” (WORLD BANK, 2017).

Teve origem na Europa, mais especificamente no Reino Unido, num cenário de escassos recursos públicos para investimento. De início foi entendido como uma alternativa mais branda à privatização. Ao longo da década de 90 se espalhou por diversos países da Europa incluindo Portugal, Polônia, Hungria, Eslovênia, França, Tchecoslováquia e também países das Américas, incluindo Brasil, Chile, México e Estados Unidos. No Brasil, a regulamentação das parcerias público-privadas só veio a acontecer através da Lei nº. 11.079, de 30 de dezembro de 2004 e que ficou conhecida como “Lei das PPPs”.

PASIN; BORGES (2003) ainda ressaltam que é comum a confusão entre PPP e *Project Finance*. Mas eles evidenciam as diferenças tanto jurídicas, entre os parceiros, quanto de objetivo. Nas PPPs a conclusão e operação do projeto deve ocorrer independentemente das situações de mercado.

MARQUES; SILVA (2008) explicam que as PPPs podem ser classificadas quanto ao tempo de duração dos contratos (longo prazo ou curto prazo) e em função das fases do projeto envolvidas. Assim temos DBO (concepção, construção e operação – dos termos em inglês, *Design, Build e Operate*), o BOO (construção, operação e propriedade – dos termos em inglês, *Build, Operate e Own*), o BOOT (construção, operação, propriedade e transferência – dos termos em inglês, *Build, Operate, Own e Transfer*), o DBM (concepção, construção e gerenciamento – dos termos em inglês, *Design, Build e Manage*) e o DFBO (concepção, construção, financiamento e operação – dos termos em inglês, *Design, Finance, Build e Operate*).

Para a realização das diversas fases do projeto o ente privado geralmente cria uma empresa específica para essa finalidade: a SPV – *Special Purpose Vehicle*, ou sociedade de propósito específico (SPE). Uma empresa dedicada ao projeto permite segregar todos os ativos e passivos ligados à prestação do serviço e facilita a auditoria. Por último, os projetos de PPPs devem ser analisados sob a ótica do *value-for-money*, ou seja, avaliar frente às alternativas disponíveis ao setor público se o uso de PPP seria a mais vantajosa.

Em Portugal, o Decreto-Lei n.º 86/2003 veio regulamentar o regime de contratação pública baseado em PPP. Até então grande parte do ordenamento se dava através de documentos normativos das diversas áreas governamentais. Em 2006, foi reformado através do Decreto-Lei 141/2006, que mormente esclarece o direito a indenização do ente privado e procura maior eficácia na divisão dos riscos e benefícios dos projetos.

KAPPELER (2012), em 2011, esclarece que Portugal, dentre os países europeus que implantaram projetos rodoviários em formato de PPP, era o que possuía um maior número deles em relação ao PIB. E segundo DOMAN (2007) no período entre 1985 e 2004, a Europa possuía os maiores volumes em programas de PPP em infraestrutura. Além disso, nesse mesmo período, dois terços dos projetos de PPPs rodoviários do mundo eram financiados com pedágios reais.

BABBAR; FISHER (1996) relacionam os principais riscos a que uma concessionária responsável pelo financiamento, construção e operação do projeto de PPP pode enfrentar:

- riscos de pré-construção: obtenção das licenças - ambientais e de construção - e outros requerimentos do projeto;
- risco de construção: problemas técnicos, climáticos e geológicos inesperados, erros de planejamento do projeto, atrasos, indisponibilidade de materiais, falta de mão-de-obra qualificada e aumento de custos;
- risco de tráfego e receita: tráfego insuficiente e baixo valor da tarifa;
- risco de câmbio: nos casos de financiamento externo, flutuação na taxa de câmbio e inconversibilidade da moeda;
- risco de força maior: além do controle como terremotos, enchentes, guerra;
- risco de responsabilidade civil: indenizações por acidentes;
- risco político: interrupção unilateral do projeto, descumprimento do contrato de concessão, aumento de impostos e imposição de regulação;
- risco financeiro: fluxo de caixa insuficiente para o pagamento dos juros da dívida ou dividendo aos acionistas.

Segundo o Banco Mundial (WORLD BANK, 2017) na fase operacional a maior incerteza enfrentada pelos projetos decorre do risco de tráfego. O problema mais comum decorre dos erros de previsão. BAIN (2009) analisou 104 projetos rodoviários e concluiu que há um certo viés de otimismo na projeção do volume de tráfego. Por conta disso, diversos financiadores só aceitam entrar em projetos que os proteja desse risco de baixo volume de tráfego exigindo que o governo suporte tal risco.

Nessa linha, BRANDÃO; SARAIVA (2007) modelam uma garantia de tráfego mínimo num projeto de concessão rodoviária com o objetivo de determinar o valor e o impacto dela na viabilidade econômica e financeira do projeto. Além disso, relacionam as principais vantagens das PPPs:

- competição na contratação;
- economias de escala e de aprendizagem;
- ajuste de alguma ineficiência ao final do contrato;
- complementariedade de tarefas entre o governo e entes privados;
- financiamento privado e custo de capital revelado;
- incentivos eficazes e alocação ótima de riscos.

NG; BJÖRNSSON (2004) utilizam um exemplo de rodovia pedagiada para defender que a análise de decisão e opção, independente da escolha da função de utilidade dão o mesmo resultado.

Já D'ARCIER (2003) discute sob que condições o uso do *shadow toll* (pedágio virtual ou SCUT, em Portugal) como alternativa de financiamento faz sentido. O exemplo mais claro decorre do uso em pontes e túneis. Nesses casos, devido ao alto investimento o pedágio real que adequadamente remunerar o capital deveria ser de valor muito alto e poderia inviabilizar sua

adoção por conta do “limite” da vontade de pagar dos motoristas. O outro caso, continua o autor, está ligado ao compartilhamento de riscos associados às PPPs.

O primeiro a propor o conceito de opções reais foi MYERS (1977) que inclusive apontou grandes similaridades entre opções financeiras e opções reais. Em MYERS (1984) ele amplia a questão e discute as limitações do método de fluxo de caixa descontado, ao evidenciar a disparidade entre a teoria financeira e a prática das decisões estratégicas. Ele recomenda o uso de teoria de opções e não mais apenas o método de FCD. No mesmo ano, KESTER (1984) orienta a discussão na mesma linha que Myers e os estudos começam a apontar esse novo caminho de unir teoria de opções com avaliação de ativos. Pelo lado da teoria de finanças, ROSS (1978) analisa projetos de investimentos de alto risco. Ele ressaltava a nova abordagem que vinha sendo adotado desde a formulação de Black & Scholes para opções (BLACK e SCHOLES, 1973) e também reconhece o caráter das opções reais implícitas em projetos de investimento de grande risco, já discutindo as bases para uma teoria de opções reais. MCDONALD; SIEGEL (1986) discutem o valor de se adiar um investimento.

Em seu artigo, Black e Scholes fazem menção a algumas tentativas de precificação de opções anteriores à época, como o modelo de SPRENKLE (1961), SAMUELSON (1965) e CHEN (1970), mas ressaltam que nenhuma tentativa havia alcançado resultados relevantes que pudessem justificar a aplicabilidade de tais modelos. Para contornar essa carência, grande parte do mercado praticava uma precificação baseada no valor das garantias envolvidas em cada operação ou através de modelos que abriam margem para diferentes interpretações.

De uma forma mais aplicada, TOURINHO (1979) utiliza teoria de opções para tratar problemas de avaliação de reservas de petróleo. BRENNAN; SCHWARTZ (1985) apresentam um modelo geral de avaliação para uma *commodity* e utilizam como exemplo uma mina de cobre. Por sua vez, TITMAN (1985) adapta o método de precificação binomial para determinar o valor do lote urbano edificável. A intuição por trás da abordagem trata que o lote vazio pode ser modelado como uma opção de compra, dentre várias alternativas viáveis, cujo preço de exercício seria igual ao seu respectivo custo de construção. Já SCHWARTZ; MOON (2000) aplicam a teoria de opções reais para encontrar o valor de uma empresa de Internet.

Embora o sucesso do modelo de Black & Scholes seja incontestável, muitas críticas foram direcionadas às suas restrições. Em especial, o fenômeno do sorriso da volatilidade aparece como principal fraqueza à premissa de volatilidade constante assumida por Black e Scholes em 1973. O cálculo implícito da volatilidade a partir do modelo permite observar que, na prática, o mercado atribui volatilidades diferentes para opções de mesmo tipo, com vencimentos e preços de exercício distintos (CARR; MADAN, 1999). O formato em “U” da curva de volatilidade implícita inspirou a denominação de “sorriso da volatilidade” ou “sorriso da volatilidade implícita” e deu origem a uma série de trabalhos em sequência, que buscaram desenvolver modelos capazes de incorporar este efeito ao se estimar o preço de opções de compra e venda sobre ações. Autores como Heston (HESTON, 1993), Bates (BATES, 1996), Hull e White (HULL, JOHN; WHITE, 1987) buscaram solucionar o problema de estimação da volatilidade criando modelos baseados na adoção de processos estocásticos para estimação da curva de volatilidade.

Para organizar, TRIGEORGIS (1993) divide as opções reais em sete categorias de acordo com a flexibilidade presente na análise. Assim, temos opção de abandono, opção de diferir o investimento, opção de investir em estágios, opção de alterar a escala operacional, opção de crescimento, opção interativa múltipla e opção de mudança de projeto.

TRIGEORGIS (1993) explica ainda que as opções reais existentes num projeto podem aparecer naturalmente com o mesmo, ou podem ser definidas e construídas, tendo um determinado custo, incrementando a flexibilidade do projeto. DIXIT; PINDYCK (1994) num trabalho abrangente sobre opções reais mostram que a regra de investimento ótimo pode ser obtida usando tanto programação dinâmica quanto análise de *contingent claims*.

ZUBELLI *et al.* (2015) relembram que uma crítica marcante à teoria de opções reais foi apresentada por HUBALEK; SCHACHERMAYER (2001). No artigo eles mostram que o uso de técnicas de não arbitragem para ativos não negociáveis pode levar a erros grosseiros na precificação das opções, ressaltando as limitações do uso das técnicas de opções reais no contexto de mercados incompletos.

3. METODOLOGIA

3.1. Dados e Amostragem

Devido ao sigilo dos contratos não possuímos os valores exatos das tarifas de pedágio negociadas entre eles, mas temos o volume de tráfego e a auditoria realizada nos pagamentos pelo ente governamental português. Com isso, pode-se deflacionar a tarifa utilizada atualmente e utilizá-la no cálculo da receita de pedágio e de posse dessa tarifa precificar uma possível opção de tráfego.

A tarifa acumulada, em 2018, para uso na concessão Interior Norte para o total de 155 km é de €10,30, o que daria algo como €6,65 por cada 100 km. Deflacionando para o ano de 2005, onde grande parte da rodovia entra em operação, temos: €5,45 por cada 100 km.

3.2. Modelagem

A proposta é modelar uma opção de compra de tráfego, a ser detida pelo governo, num projeto de concessão rodoviária, com o objetivo de determinar o valor e o impacto de tal garantia na viabilidade econômica e financeira do projeto. A estrutura utilizada será uma opção de compra de tráfego/receita e a modelagem será realizada pelo modelo Binomial.

Vale lembrar que num projeto de *shadow toll* o maior risco para o ente público decorre do sucesso do projeto. Isso porque cabe ao governo o pagamento do pedágio. Se o projeto for um sucesso pode haver uma demanda muito superior à planejada criando um peso excessivo sobre o orçamento público.

Portanto, consideramos uma garantia de tráfego onde o poder público tem o direito, mas não o dever de exercer, cada vez que o tráfego na rodovia (TMDA — tráfego médio diário anual) for acima de um certo patamar máximo preestabelecido durante um determinado período de tempo. Sem perda de relevância vamos considerar uma tarifa de pedágio constante. A modelagem segue BRANDÃO; SARAIVA (2007).

Seja S_t a receita observada do projeto ($S_t = TMDA_t \times Pedágio$) no ano t e K_t a receita máxima após o exercício da opção pelo governo, caso o valor de tráfego máximo seja alcançado. Nesse caso, considerando a garantia recebida, a receita efetivamente paga pelo governo à concessionária no ano t será dada por:

$$S(t) = \min(S_t, K_t)$$

Da mesma forma, o valor $G(t)$ no vencimento de uma opção de compra detida pelo governo será:

$$G(t) = \max(0; S_t - K_t)$$

Como é esperado que o tráfego seja sempre positivo, é razoável supor que a receita também nunca será negativa. Para modelar de forma mais simples vamos supor também que a volatilidade da receita é constante, apesar de variar estocasticamente. Por conta disso, usaremos o movimento geométrico browniano (MGB) como processo subjacente de modelagem, sendo representado da seguinte forma:

$$dS_t = \alpha_t S_t dt + \sigma S_t dz$$

onde:

dS_t é a variação incremental da receita no intervalo de tempo dt ;

α_t é a taxa de crescimento da receita no intervalo de tempo dt ;

σ é a volatilidade da receita;

$dz = \varepsilon \sqrt{dt}$, onde $\varepsilon \sim N(0,1)$ e é um processo de Wiener padrão.

Ainda conforme BRANDÃO; SARAIVA (2007), para um prazo de concessão de 30 anos, a modelagem pode ser realizada com uma série de 30 opções européias, com prazo de maturidade de um a 30 anos. Após a precificação de cada uma basta agregar seus valores de forma a saber o valor do conjunto total de opções.

Adotaremos o método da Probabilidade Neutra a Risco e o modelo binomial para o apreamento de opções. Para tanto, necessitamos apenas do seu valor inicial (S), da volatilidade (σ) e da taxa livre de risco (r). No caso de um projeto, onde não existem dados sobre o fluxo de veículos, pode ser utilizado a metodologia proposta por (BRANDÃO; DYER; HAHN, 2005). No nosso caso é possível extrair a volatilidade dos dados de tráfego entre os anos de 2005 a 2010.

De posse dos dados do projeto o mais correto é utilizar a metodologia descrita em HULL (2015) no capítulo de opções reais e ajustar para a *market price of risk*. Conforme Hull, o preço de mercado do risco para uma variável x pode ser definido como:

$$\lambda = \frac{\mu - r}{\sigma}$$

Onde μ é o retorno de um ativo negociável dependente de x, r é a taxa de juros livre de risco e σ é a volatilidade.

No caso prático pode ser estimado da seguinte forma:

$$\lambda = \frac{\rho}{\sigma_m} (\mu_m - r)$$

Onde μ_m é o retorno em um índice de mercado, r é a taxa de juros livre de risco, σ_m é a volatilidade do índice de mercado e ρ é a correlação instantânea entre a variação o índice de mercado e da variável.

4. CONCLUSÕES

Na discussão do problema já fica evidenciado a importância do uso de derivativos para ajudar a gerenciar os riscos decorrentes de projetos rodoviários, sejam eles públicos ou privados.

Como já mencionado anteriormente é fundamental que o governo suporte algum tipo de risco para atrair o ente privado, tendo em vista os interesses de ordem pública com viés não financeiros nos projetos. Por outro lado, a determinação do nível ótimo de risco é de grande

importância para evitar que essas garantias sejam insuficientes ou dadas em excesso. Propusemos uma modelagem matemática simples que permite gerenciamento do risco pela agregação de uma opção de compra em favor do governo.

Em geral, a maior parte dos trabalhos se preocupa apenas com as garantias que devem ser fornecidas pelo governo para atrair o ente privado. A novidade aqui foi utilizar a teoria de opções reais no gerenciamento do risco incorrido pelo governo.

Com o gerenciamento adequado através do uso de derivativos acreditamos que a má impressão sobre o modelo de concessão do tipo SCUT seja eliminada tendo em vista a importância dele como grande instrumento de integração regional.

Estudos posteriores que tenham acesso aos dados poderão considerar uma aplicação prática da metodologia apresentados e considerar outros processos subjacentes que não apenas o movimento geométrico browniano (MGB), além de testar efetivamente os ganhos sobre os resultados obtidos. Outras estratégias de opções como “zero cost collars” ou mesmo estruturas mais complexas também podem vir a ser testadas.

Referências

- BABBAR, Suman; FISHER, Gregory. *Private Financing of Toll Roads*. , RMC Discussion Paper Series., nº 117. [S.l: s.n.], 1996.
- BAIN, Robert. Error and optimism bias in toll road traffic forecasts. *Transportation*, v. 36, n. 5, p. 469–482, 2009.
- BATES, David S. Jumps and Stochastic Volatility: Exchange Rate Processes Implicit in Deutsche Mark Options. *The Review of Financial Studies*, v. 9, n. 1, p. 69–107, 1996.
- BRANDÃO, Luiz E.; DYER, James S.; HAHN, Warren J. Response to Comments on Brandão et al. (2005). *Decision Analysis*, v. 2, n. 2, p. 103–109, 2005.
- BRANDÃO, Luiz E. T.; SARAIVA, Eduardo C. G. Risco privado em infra-estrutura pública: uma análise quantitativa de risco como ferramenta de modelagem de contratos. *Revista de Administração Pública*, v. 6, n. 41, p. 1035–1067, 2007.
- BRENNAN, Michael J; SCHWARTZ, Eduardo S. Evaluating Natural Resource Investments. *The Journal of Business*, v. 58, n. 2, p. 135–157, 1985.
- CARR, Peter; MADAN, Dilip B. Option valuation using the fast Fourier transform. *Journal of Computational Finance*, v. 2, n. 4, p. 61–73, 1999.
- CHEN, Andrew H.Y. A Model of Warrant Pricing in a Dynamic Market. *The Journal of Finance*, v. 25, n. 5, p. 1041–1059, 1970.
- D’ARCIER, Bruno Faivre. Can Shadow Toll Pricing Be an Alternative to Investment Grants? *Association for European Transport*, p. 17, 2003.
- DIXIT, Avinash K.; PINDYCK, Robert S. *Investment Under Uncertainty*. Princeton: Princeton University Press, 1994.
- DOMAN, Daniel. *Case Studies of Transportation Public-Private Partnerships around the World. Federal Highway Administration*. Washington: [s.n.], 2007. Disponível em: <https://www.fhwa.dot.gov/ipd/pdfs/p3/int_ppp_case_studies_final_report_7-7-07.pdf>.
- FERREIRA, Sara Maria Morais. *Parcerias Público-Privadas Rodoviárias - A estimação da elasticidade preço da procura da A28*. 2013. 1-90 f. Universidade do Porto, 2013.
- HESTON, Steven L. A Closed-Form Solution for Options with Stochastic Volatility with Applications to Bond and Currency Options. *The Review of Financial Studies*, v. 6, n. 2, p. 327–343, 1993.
- HUBALEK, Friedrich; SCHACHERMAYER, Walter. the Limitations of No-Arbitrage

- Arguments for Real Options. *International Journal of Theoretical and Applied Finance*, v. 04, n. 02, p. 361–373, 2001.
- HULL, John C. *Options, Futures and Other Derivatives*. [S.l.: s.n.], 2015. v. 1542.
- HULL, John; WHITE, Alan. The Pricing of Options on Assets with Stochastic Volatilities. *The Journal of Finance*, v. 42, n. 2, p. 281–300, 1987.
- KAPPELER, Andreas. PPPs and their Financing in Europe: Recent Trends and EIB Involvement. *European Investment Bank, ECON Department, Economic Studies Division*, n. 2010, p. 1–10, 2012.
- KESTER, W. Carl. Today's options for tomorrow's growth. *Harvard Business Review*, p. 1–16, 1984.
- MARQUES, Rui Cunha; SILVA, Duarte. As Parcerias Público-Privadas em Portugal. Lições e Recomendações. *Revista de Estudos Politécnicos*, v. VI, n. 10, p. 33–50, 2008.
- MCDONALD, Robert L.; SIEGEL, Daniel. The Value of Waiting to Invest. *The Quarterly Journal of Economics*, NBER Working Paper Series. v. 101, n. 4, p. 707–728, 1986.
- MYERS, Stewart C. Determinants of corporate borrowing. *Journal of Financial Economics*, v. 5, n. 2, p. 147–175, 1977.
- MYERS, Stewart C. Finance Theory and Financial Strategy. *Interfaces*, v. 14, n. 1, p. 126–137, 1984.
- NG, Francis P.; BJÖRNSSON, Hans C. Using real option and decision analysis to evaluate investments in the architecture, construction and engineering industry. *Construction Management and Economics*, v. 22, n. 5, p. 471–482, 2004.
- PASIN, Jorge Antonio Bozoti; BORGES, Luiz Ferreira Xavier. A nova definição de parceria público-privada e sua aplicabilidade na gestão de infra-estrutura pública. *Revista Do Bndes*, v. 10, p. 173–196, 2003.
- ROSS, Stephen A. A simple approach to the valuation of risky streams. *Journal of business*, v. 51, n. 3, p. 453–475, 1978.
- SAMUELSON, Paul. Rational Theory of Warrant Pricing. *Industrial Management Review*, v. 2, p. 13, 1965.
- SCHWARTZ, Eduardo S.; MOON, Mark. Rational pricing of internet companies. *Financial Analysts Journal*, v. 56, n. 3, p. 62–75, 2000.
- SPRENKLE, Case M. Warrant prices as indicators of expectations and preferences. *Yale economic essays*, v. 1, n. 2, p. 178–231, 1961.
- TITMAN, Sheridan. Urban Land Prices Under Uncertainty. *The American Economic Review*, v. 75, n. 3, p. 505–514, 1985.
- TOURINHO, Octavio A F. *The valuation of reserves of natural resources: an option pricing approach*. 1979. 112 f. University of California, 1979.
- TRIGEORGIS, Lenos. Real Options and Interactions with Financial Flexibility. *The Journal of the Financial Management Association*, v. 22, n. 3, p. 202–224, 1993.
- WORLD BANK. *Public-Private Partnerships Reference Guide Version 3*. . Washington: [s.n.], 2017.
- ZUBELLI, Jorge P. *et al.* A Hedged Monte Carlo Approach to Real Option Pricing. *Fields Institute Communications*. 1st. ed. New York: [s.n.], 2015. v. 74. p. 275–299.