

A

A DECISÃO DO PREÇO DE OFERTA EM LEILÕES DE TELECOMUNICAÇÃO: UMA ANÁLISE POR OPÇÕES REAIS

THE TENDER OFFER PRICE DECISION IN TELECOMMUNICATION AUCTIONS: A REAL OPTIONS ANALYSIS

DAVIS MACHADO DA SILVA TEIXEIRA

*Mestre em Administração pelo Programa de Pós-Graduação em Administração de Empresas da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ).
Pesquisador colaborador do Centro de Ciências Sociais da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
Avenida Presidente Vargas, 1.012, 1º-3º andar, Centro – Rio de Janeiro – RJ – Brasil – CEP 20071-910
E-mail: davisnst@hotmail.com*

LUIZ EDUARDO TEIXEIRA BRANDÃO

*Doutor em Engenharia de Produção pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ).
Professor do Centro de Ciências Sociais da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
Rua Marquês de São Vicente, 225, Gávea – Rio de Janeiro – RJ – Brasil – CEP 22451-900
E-mail: brandao@iag.puc-rio.br*

LEONARDO LIMA GOMES

*Doutor em Engenharia de Produção pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ).
Professor do Centro de Ciências Sociais da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
Rua Marquês de São Vicente, 225, Gávea – Rio de Janeiro – RJ – Brasil – CEP 22451-900
E-mail: leonardolima@iag.puc-rio.br*

RESUMO

A decisão de oferta de preço em leilão público depende de diversos fatores. Entre eles, está o valor esperado do projeto, o qual é tradicionalmente determinado a partir do método do fluxo de caixa descontado (FCD). No entanto, técnicas tradicionais de avaliação de investimentos podem não ser adequadas para avaliação do valor de projetos que envolvem diferentes opções. O objetivo deste trabalho é analisar o valor máximo que uma empresa pode ofertar em um leilão de frequências WiMAX no Brasil, tanto pela análise tradicional do FCD quanto pela metodologia das opções reais. Esse tipo de projeto apresenta grandes incertezas e significativas flexibilidades gerenciais, o que indica que métodos de avaliação estática podem não ser os mais adequados para determinar seu valor. Os resultados obtidos mostram que as opções existentes no projeto aumentam seu valor em até 58% em relação ao FCD. Dessa forma, a empresa pode fazer uma oferta significativamente mais alta, aumentando as chances de sucesso no leilão, sem comprometer a viabilidade econômica do projeto. A contribuição deste artigo é demonstrar que, para projetos que podem ser implantados a partir de diferentes estratégias operacionais, o valor da oferta em leilões públicos pode estar subavaliado, uma vez que o valor agregado pela flexibilidade gerencial existente nessa classe de projetos não é capturado pelos métodos tradicionais de avaliação de investimentos como o FCD.

PALAVRAS-CHAVE

Decisão de oferta de preço em leilão público; Opções reais; Avaliação de investimento; Telecomunicações; WiMAX.

ABSTRACT

The decision to tender a bid offer in a public auction depends on many factors. Among them is the expected net present value of the project, which is usually

determined using the Discounted Cash Flow method (DCF). However, traditional techniques for valuating investments may not be suitable for valuating projects that involve different options. The aim of this article is to analyze the maximum value that a firm can offer in an auction of WiMAX frequencies in Brazil, under both the DCF traditional approach and the Real Options approach. This type of project presents many uncertainties and significant managerial flexibilities, which indicates that traditional static valuation methods may not be the more appropriate to determine its value. Our results show that the options embedded in the project increase its value by up to 58% compared to the DCF value. Therefore, the firm can offer a significantly higher bid, increasing its chances of success in the auction, without compromising the economic feasibility of the project. The contribution of this article is to demonstrate that for projects that can be implemented under different operational strategies the value of the bid in public auctions may be undervalued, since the value aggregated by the managerial flexibility present in this class of projects is not captured by traditional investment valuation methods like DCF.

KEYWORDS

Decision to tender a bid offer in a public auction; Real options; Investment analysis; Telecommunications; WiMAX.

1 INTRODUÇÃO

Diversos fatores influem na decisão de oferta de preço em leilões públicos, sendo o principal deles o valor esperado do projeto em consideração. Tradicionalmente, esse valor é determinado usando a metodologia do fluxo de caixa descontado (FCD). Contudo, em projetos que apresentam significativas flexibilidades gerenciais que possibilitam a alteração da estratégia operacional inicialmente definida, esse valor pode estar sendo subavaliado. A existência dessas flexibilidades é típica em áreas de tecnologia como telecomunicações, e, para essa classe de projetos, o método do FCD pode não ser o mais indicado para avaliar corretamente o potencial de um projeto de investimento.

O setor de telecomunicações, em particular, é caracterizado por forte competição entre as empresas e uma constante evolução tecnológica, que tende a aumentar as incertezas de mercado dos novos projetos. Tradicionalmente, a análise desses projetos é feita usando o método do fluxo de caixa descontado, em que

seu valor é determinado descontando, a valor presente, as estimativas dos fluxos de caixa futuros.

Esse mercado caracteriza-se por um alto grau de incerteza e flexibilidade gerencial, que têm características de opções, uma vez que as licenças governamentais necessárias para operar o projeto garantem o direito, mas não a obrigação de ofertar os serviços propostos. Assim, a empresa pode, por exemplo, adiar, suspender, acelerar ou até mesmo abandonar os investimentos previstos se a real demanda do mercado se mostrar muito diferente das expectativas iniciais. Por esse motivo, essas flexibilidades somente podem valoradas usando métodos de apreçamento de opções.

O uso da metodologia das opções reais para avaliar projetos na área de telecomunicações é bem documentado na literatura. Berrêdo (2001) comparou a abordagem por opções reais com o fluxo de caixa descontado na avaliação econômico-financeira da Embratel, no processo de privatização do Sistema Brasileiro de Telecomunicações. Gonçalves e Medeiros (2002) estudaram os principais estágios decisórios de investimentos das empresas de telecomunicações em um ambiente competitivo, também utilizando opções reais. D'Halluin, Forsyth e Vetzal (2003) descrevem uma aplicação de opções reais para a determinação do momento ótimo para efetuar um incremento da capacidade de uma rede *wireless*, e Lopes (2004) propõe um método para descrição e avaliação de estratégias para telecomunicações, apresentando análises de cenários e estratégias com visões integradas de ferramentas utilizadas em opções reais.

Pindyck (2005) pesquisou o processo de *unbundling* do mercado de telecomunicações americano, que oferece aos incumbentes a opção de compartilhar a rede a uma determinada taxa calculada pelo órgão regulador e mostra que, ao não incorporar as flexibilidades oferecidas aos incumbentes na taxa calculada, a agência reguladora cria desincentivos para novos investimentos no setor. Nessa mesma linha, Rocha (2006) adota um modelo de opções reais para analisar a regulação de interconexão de redes de telecomunicações e propõe ajustes no cálculo da remuneração de capital da telefonia fixa local, de forma a evitar prejuízos aos incumbentes. O trabalho considera o impacto de mudanças de paradigmas tecnológicos que ocasionam saltos negativos na demanda da concessionária e conclui que o *mark-up* para o Wacc aplicado à tarifa de interconexão de rede fixa (TU-RL) é inferior a 1%.

Pinto e Pereira (2005) apresentam uma aplicação de opções reais com base na avaliação da Portugal Telecom, em que destacam o alto grau de incerteza do mercado de telecomunicações e a aderência da teoria de opções reais a esse cenário. Ramirez, Harmantzis e Tanguturi (2006) analisaram o problema da prestação de serviços de *wireless* em áreas de difícil acesso, em arranha-céus, e propõem quatro alternativas para maximizar as receitas e reduzir os riscos da operadora, a fim de melhorar a satisfação do cliente dentro de suas limitações orçamentárias.

Em seguida, as diferentes soluções propostas são avaliadas com o uso de um modelo de opções reais. Teixeira et al. (2009) utilizaram o modelo de Imai e Watanabe (2005) para determinar o momento estratégico ótimo para investimento em uma nova tecnologia, em função da variação do custo de investimento e da demanda inicial, considerando duas empresas concorrentes no mercado brasileiro de telecomunicações. Nenhum desses trabalhos, no entanto, aborda a questão do valor a ser ofertado em licitações públicas.

O objetivo deste trabalho é determinar o valor máximo que pode ser ofertado em uma licitação de telecomunicação, considerando tanto a abordagem tradicional quanto a metodologia das opções reais e adotando como exemplo ilustrativo o caso da Licitação nº 002/2006/SPV-Anatel para a implantação do WiMAX, um novo padrão *wireless* de banda larga. Os resultados indicam que existe um significativo valor de flexibilidade gerencial que não é capturado pelos métodos tradicionais de avaliação, o que sugere que as empresas que investem nessa categoria de projetos podem estar subestimando seu valor e tomando decisões de investimento não ótimas se utilizarem exclusivamente o FCD.

Este trabalho está organizado da seguinte forma. Na seção 1, apresentamos esta introdução, os objetivos e uma revisão da literatura. A seguir, apresentaremos as características da tecnologia *wireless* padrão WiMAX e o ambiente licitatório. Nas seções 3 e 4, será feita a valoração do projeto pelas metodologias do FCD e opções reais, respectivamente. Na seção 5, apresentamos os resultados e, a seguir, a conclusão.

2 A TECNOLOGIA WiMAX

O WiMAX (*World Interoperability for Microwave Access*) é um padrão de tecnologia *wireless* desenvolvido para oferecer acesso à banda larga, assim como cabo *modem*, linha telefônica ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) e BPL (*Broadband Power Line*) atualmente existentes, e também para telefonia móvel e outras aplicações. Como qualquer padrão *wireless*, o WiMAX opera por meio de ondas eletromagnéticas em faixas de frequência denominadas espectros.

Os espectros de frequência são bens públicos escassos, e seu uso depende de prévia outorga e autorização da agência reguladora. No Brasil, a outorga de autorização de uso é feita por meio de licitações promovidas pela Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel). Assim, uma empresa que pretenda participar desse mercado precisa assegurar o direito de uso de um bloco de radiofrequência adequado para o serviço desejado. Como os espectros de frequência são ofertados com exclusividade, a empresa que não obtém sucesso na licitação fica automati-

camente excluída desse mercado. E esse sucesso depende do preço ofertado pela empresa e de seus concorrentes no leilão de frequências.

Se, por um lado, uma oferta baixa demais pode deixar a empresa fora de um mercado promissor, por outro, uma oferta excessivamente alta pode comprometer a viabilidade e o retorno do serviço pretendido, podendo causar prejuízos para a empresa. Dessa forma, uma análise adequada do potencial do mercado e do projeto é fundamental para que a empresa possa determinar o valor máximo que pode ser ofertado na licitação.

Em setembro de 2006, a Anatel (2006) efetuou a Licitação nº 002/2006/SPV-Anatel, em que ofereceu blocos de frequência que possibilitam o uso do padrão WiMAX para as regiões I (Nordeste, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Espírito Santo, Amazonas, Roraima, Amapá e Pará), II (Centro-Oeste, Sul, Tocantins e Acre) e III (Estado de São Paulo), e também para as demais regiões do país. Os preços mínimos estabelecidos para o interior do Estado de São Paulo (região III) e capital (SP1) foram de R\$ 1.594.755,10 e R\$ 935.707,80, respectivamente. A operadora vencedora teria exclusividade do uso dos blocos de frequência adquiridos para um prazo inicial de quinze anos, renováveis por mais quinze, obrigando-se a atender às capitais de Estado e aos municípios com população maior ou igual a 500.000 habitantes em um prazo máximo de dezoito meses, sob pena de perder a licença outorgada. Havia nove municípios com mais 500.000 mil habitantes na região III, e cinco na área SP1. A licitação era na modalidade de envelope fechado, em que o participante não conhece o valor da proposta da empresa concorrente nem suas áreas de interesse, portanto a principal decisão da empresa é definir o valor a ser ofertado pelas frequências.

3 MODELAGEM ESTÁTICA: FCD

Consideramos um projeto para oferecer os serviços de uma rede WiMAX fixo de alta capacidade na capital (região SP1) e no interior do Estado de São Paulo (região III) para o segmento de pequenas e médias empresas do mercado corporativo. Assumimos que a implantação do projeto será feita em cinco fases anuais, começando pela cidade de São Paulo e expandindo a rede gradualmente aos demais centros urbanos do interior do Estado.

Assumimos que a implantação completa do projeto exigirá a instalação de setecentas e vinte estações-base com raio médio de dois quilômetros nas áreas urbanas e onze quilômetros nas áreas com topografia favorável e com características rurais. As despesas associadas às estações-base incluem equipamentos, *links*, mão de obra, cabos e cordas e outros equipamentos necessários para operação. O valor estimado do *Customer Premises Equipment* (CPE) foi de US\$ 500

inicialmente, decrescendo para US\$ 300 ao final do ano 2010 e constante a partir daí. Os investimentos de capital (Capex) estão concentrados nos quatro primeiros anos do projeto e são estimados em R\$ 103,1 milhões. Essas premissas foram baseadas em informações publicamente disponíveis e valores típicos do setor para a determinação dos parâmetros e dados do projeto, além de estimativas de especialistas do setor.

As principais incertezas do projeto referem-se à demanda futura do mercado, ao preço dos serviços e à taxa de câmbio, uma vez que as receitas serão denominadas em reais, e o custo dos equipamentos, em dólares americanos. De acordo com a IDC_Brasil (2006), em 2006, havia seis milhões de conexões ativas de banda larga no Brasil, representando um percentual de penetração de mercado de 2,6%, considerado baixo se comparado a países como Espanha (7%), Coreia (27%) ou mesmo outros países sul-americanos, como o Chile (6%) e a Argentina (3,2%). O mercado corporativo representava 13,4% desse total, sendo o Estado de São Paulo responsável por aproximadamente 40% da demanda total do país. Estimava-se que, em 2010, o número de conexões atingiria a casa dos dez milhões.

De acordo com estimativas da Senza Fili Consulting (PAOLINI, 2006), assumimos que o WiMAX obterá uma fatia de 7,8% do mercado de banda larga na América Latina e que o WiMAX fixo representará 2/3 do mercado corporativo. Assumimos também que a fatia de mercado da empresa será de 12% em 2010, crescendo para 25% em 2017.

O Quadro 1 apresenta um resumo das premissas de mercado adotadas, tomando o ano de 2010 como referência. A receita média obtida por cliente foi estimada em R\$ 850,00, com base nos produtos similares existentes no mercado, e a taxa de câmbio médio ao longo da vida útil do projeto foi prevista em R\$ 2,19.

QUADRO 1

ESTIMATIVAS DO NÚMERO DE CONEXÕES EM 2010

MERCADO	CONEXÕES
Total banda larga Brasil	10.000.000
Fatia WiMAX (7,80%)	780.000
Fatia WiMAX corporativo fixo (13,4% x 2/3)	69.680
Fatia São Paulo (40%)	27.872
Fatia empresa (12%)	3.345

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os principais parâmetros utilizados na modelagem do projeto e sua análise pelo fluxo de caixa descontado (FCD) estão relacionados no Quadro 2.

QUADRO 2

CARACTERÍSTICAS DO PROJETO

Nº de estações-base	720 (Cobertura de todo o Estado de São Paulo)
Foco de mercado	Corporativo, pequenas e médias empresas
Preço médio inicial	R\$ 850,00/mês
Prazo de concessão	15 anos
Alíquota de Imposto de Renda	30%
Tributos	ICMS 25%, PIS e Cofins 3,65%
Taxa livre de risco	8% a.a.
Depreciação	Linear em 10 anos
Wacc	14% a.a.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Como base nas premissas e nos dados mencionados, o valor presente dos fluxos de caixa esperados do projeto é de R\$ 125,663 milhões. Considerando o valor presente dos investimentos, ao longo dos cinco anos do projeto, de R\$ 103,116 milhões, o valor presente líquido (VPL) é de R\$ 22,548 milhões. Dessa forma, o valor máximo que poderá ser ofertado pela licença na licitação é de R\$ 22,548 milhões também, uma vez que, acima desse valor, o VPL do projeto passará a ser negativo. O fluxo de caixa do projeto está apresentado no Anexo I e foi considerado um valor de perpetuidade após o décimo quinto ano da concessão.

4 MODELAGEM DINÂMICA: OPÇÕES REAIS

A análise pelo FCD representa uma análise estática que não considera o valor das flexibilidades existentes no projeto, como a opção de adiar, abandonar ou reduzir o escopo do investimento. O edital de licitação, por exemplo, estabelece o prazo de dezoito meses para o início dos serviços, o que significa que a empresa tem a opção de adiar seus investimentos por pelo menos um ano. Uma vez iniciado o projeto, a empresa tem também a opção de abandonar de forma total ou parcial esse mercado a qualquer momento, caso a demanda pelos serviços oferecidos se revele muito aquém das estimativas iniciais.

A concepção original do projeto prevê a expansão gradual da cobertura em cinco fases anuais, independentes, de modo que todo o Estado de São Paulo esteja atendido ao final de cinco anos. A primeira fase fornecerá a cobertura necessária para atender à cidade de São Paulo. Nas fases dois a quatro, a rede será expandida para os demais centros urbanos do Estado, começando pelas cidades maiores, e, na quinta e última fase, a expansão atenderá às áreas rurais e menos populosas.

Essa arquitetura cria para a empresa uma opção adicional, que é a de, uma vez completada cada fase, não dar seguimento para a fase seguinte. Isso equivale a dizer que a empresa tem a opção de escolher cinco projetos distintos para executar, em que o primeiro é composto apenas pela fase I; o segundo abrange as fases I e II; o terceiro, as fases I, II e III; e o quarto inclui as fases I, II, III e IV. O quinto e último equivale ao projeto completo com cinco fases, analisado na modelagem estática, seção 3. Cada fase representa um incremento de valor sobre a fase anterior, representada por seu fator de expansão.

Dado que os investimentos são distribuídos ao longo de cada fase do projeto, a não execução de qualquer fase significa que os investimentos de capital correspondentes também não serão necessários. Dessa forma, foi realizada uma análise separada para cada um dos cinco projetos mencionados, a fim de identificar os investimentos específicos exigidos em cada fase, de forma a poder isolá-los na fase de modelagem das opções, determinar seu valor presente, a volatilidade de cada combinação de projetos e o fator de expansão do valor presente, que reflete o incremento no valor do projeto, causado pelo investimento em cada uma das fases subsequentes. Esses valores estão apresentados na Tabela 1.

TABELA 1

CAPEX INCREMENTAL E FATOR DE EXPANSÃO DE CADA FASE

FASE	CAPEX*	CAPEX INCREMENTAL	VP	FATOR DE EXPANSÃO
I	25.082	25.082	38.973	1,00000
I + II	43.482	18.400	58.823	1,49981
I + II + III	59.848	16.366	78.127	1,32595
I + II + III + IV	74.290	14.442	93.590	1,20434
Todas	103.116	28.826	125.663	1,37641

Valores em R\$ 1.000.

* A valor presente.

Fonte: Elaborada pelos autores.

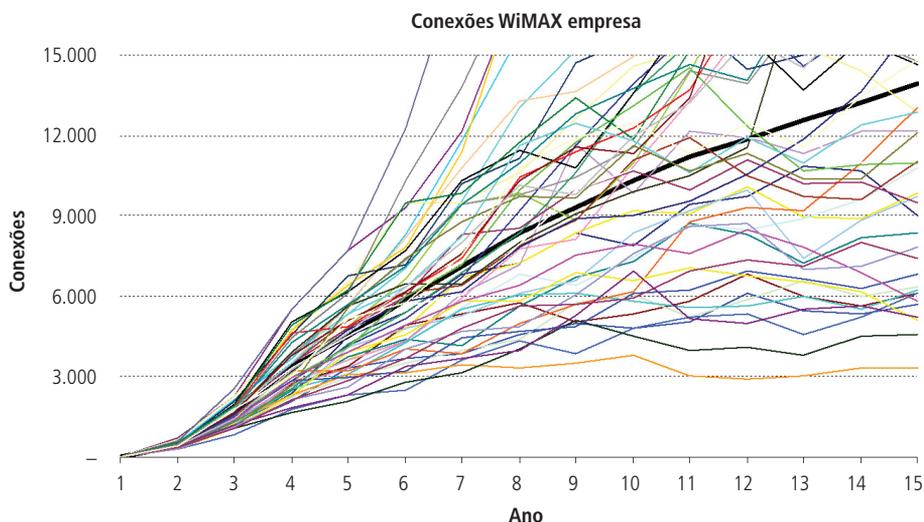
Todas as opções mencionadas coexistem, simultaneamente, no projeto e configuram um caso de opções compostas, em que a existência de uma opção influencia o valor de outra. Como esses valores não são aditivos, para determinar o valor agregado dessas flexibilidades gerenciais, essas opções precisam ser modeladas e avaliadas simultaneamente.

Para a modelagem dinâmica da metodologia das opções reais, assumimos que as principais incertezas do projeto são o número de conexões demandadas pelo mercado, o preço médio mensal por cliente e a taxa de câmbio futura. Como é padrão na literatura, a demanda do mercado (S) foi modelada como um processo de difusão geométrico browniano, na forma $dS = \mu_t S dt + \sigma_S S dz$, em que μ_t é a taxa de crescimento do mercado em cada ano t ; σ_S , a volatilidade do processo; e dz , o incremento de Wiener padrão.

As taxas de crescimento adotadas são as mesmas da análise determinística. Como não há dados históricos nem de mercado de WiMAX disponíveis, que permitam estimar diretamente a volatilidade, foi adotado como referência o desvio padrão da taxa de crescimento das conexões de banda do mercado de banda larga via cabo *modem* no Brasil, entre 2002 e 2007, tendo ficado em $\sigma_S = 13,8\%$ a.a.

GRÁFICO I

EVOLUÇÃO ESTOCÁSTICA DO NÚMERO DE CONEXÕES



Fonte: Elaborado pelos autores.

O número de conexões e a evolução da receita da empresa são funções diretas do crescimento do mercado WiMAX. O Gráfico 1 ilustra a projeção do crescimento do número de conexões da empresa para o período inicial da concessão (linha em negrito), bem como a simulação dos caminhos possíveis para essa variável, de acordo com os parâmetros definidos anteriormente.

Da mesma forma, assumimos que o preço médio mensal por cliente também segue um movimento geométrico browniano (MGB) $dP = \mu_t P dt + \sigma_P P dz$, com uma taxa de crescimento μ_t variável.

Com base em produtos similares existentes no mercado, o preço inicial foi estimado em R\$ 850,00, mas, dada a grande incerteza sobre esse valor, ele foi modelado como uma distribuição triangular com limite inferior de R\$ 600,00 e limite superior de R\$ 1.100,00, com valor mais provável de R\$ 850,00.

Dada a rápida evolução tecnológica nesse mercado, estima-se que o custo médio do serviço irá reduzir com o tempo, como tem ocorrido com outros produtos e serviços de telecomunicações. Assim, assumimos que o preço irá reduzir para cerca de R\$ 500,00, em um prazo de seis anos, o que foi modelado usando uma taxa de crescimento negativa de 11,6%, que reduz gradativamente, durante um período de dez anos, até chegar ao crescimento zero, quando se estima que os preços estejam estabilizados.

Dado que não existem dados históricos de preços em decorrência de o produto ser inédito no Brasil, a volatilidade foi estimada a partir da determinação do intervalo de confiança de 95% do preço futuro. Para tanto, consideramos que o preço no quarto ano estará contido no intervalo dado por $P_4 \in [P_1 e^{(\alpha t - 2\sigma\sqrt{t})}, P_1 e^{(\alpha t + 2\sigma\sqrt{t})}]$, em que $P_4^- = P_1 e^{(\alpha t - 2\sigma\sqrt{t})}$, e que, de acordo com estimativas gerenciais, o limite inferior no quarto ano seria de R\$ 254,00. Dessa forma, a volatilidade pode ser determinada usando a equação, obtendo uma volatilidade de $\sigma_P = 24,8\%$:

$$\sigma = \frac{\mu t - \ln(P_4^- / P_1)}{2\sqrt{t}} \quad (1)$$

Em que P_1 : Preço Inicial (R\$ 850,00).

P_4^- : Limite inferior no quarto ano (R\$ 254,00).

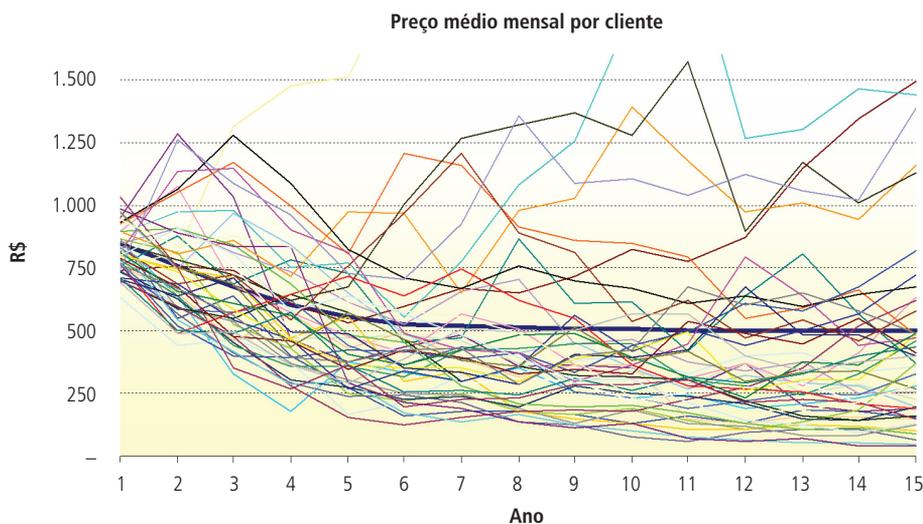
α : Taxa de crescimento no período em análise (-11,61% a.a.).

t : Intervalo de tempo (três anos).

O Gráfico 2 ilustra a projeção do preço médio dos pacotes de produtos que serão oferecidos pela empresa para o período (linha em negrito) e a simulação de Monte Carlo para essa variável.

GRÁFICO 2

EVOLUÇÃO ESTOCÁSTICA DO PREÇO MÉDIO PROJETADO



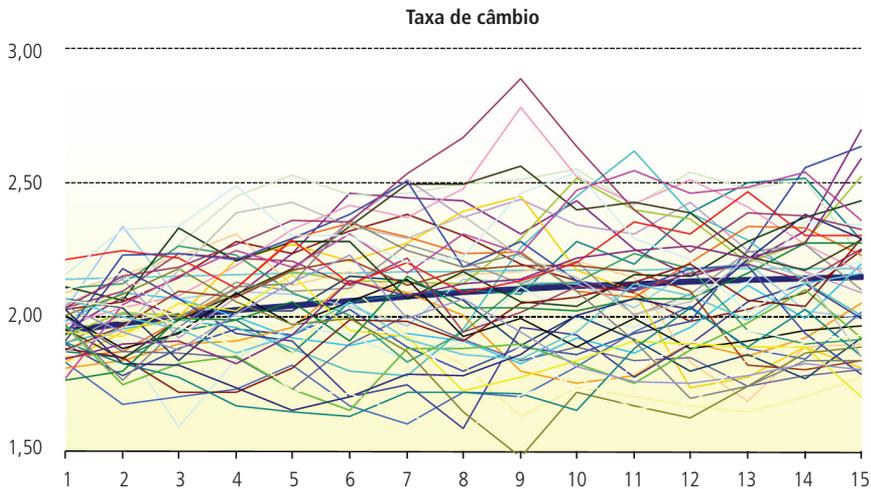
Fonte: Elaborado pelos autores.

A terceira fonte de incerteza trata da taxa de câmbio que irá vigorar ao longo de toda a vida útil do projeto e que afeta parte dos custos de manutenção e operação do serviço. Essa incerteza foi modelada como um processo de reversão à média, na forma $dC = \eta(\bar{C} - C)Cdt + \sigma_C Cdz$, em que η é a velocidade de reversão; \bar{C} , a média de longo prazo; e σ_C , a volatilidade da taxa de câmbio.

Com base nos dados estimados por especialistas do setor, para a modelagem foram adotados os seguintes valores: $\eta = 0,06$, $\bar{C} = 2,17$ e $\sigma_C = 6\%$ a.a. O Gráfico 3 ilustra a evolução estocástica da taxa de câmbio, com o valor esperado dessa variável apresentada na linha em negrito.

GRÁFICO 3

EVOLUÇÃO ESTOCÁSTICA DA TAXA DE CÂMBIO



Fonte: Elaborado pelos autores.

A volatilidade do projeto, que incorpora todas as três fontes de incerteza, é o desvio padrão anualizado dos retornos do fluxo dinâmico do projeto. Nessa modelagem, as três incertezas foram consideradas independentes entre si, o que é certamente o caso da taxa de câmbio. Embora seja razoável supor que possa haver uma correlação entre preço unitário e número de conexões, essa relação foi desconsiderada pela falta de séries históricas que possibilitem a determinação desse parâmetro.

Definimos $v = \ln(V_1/V_0)$, em que V_0 é o valor presente do projeto na modelagem estática, V_1 é o valor estocástico do projeto no primeiro ano, considerando as três incertezas, e v é o retorno estocástico do projeto. Considerando apenas o fluxo de caixa do primeiro ano como estocástico e condicionando os períodos subsequentes ao resultado observado do primeiro ano, obtemos para a média de três simulações, com 20.000 iterações cada, o valor de $\sigma = 0,359$ ou 35,9% para a volatilidade do projeto.

Modelamos o valor do projeto usando o modelo binomial de Cox, Ross e Rubinstein (1979), com o auxílio do *software* de árvore de decisão DPL™, em que o valor S de um ativo que segue um movimento geométrico browniano pode assumir um valor discreto Su ou Sd , a cada intervalo de tempo. O fator de subida u e o de descida d têm probabilidade p e $1-p$, respectivamente, e, no limite, a média e a variância desse modelo são idênticas às do MGB. Os parâmetros u e d são determi-

dados a partir da volatilidade do preço do ativo σ , em que $u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$ e $d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}$. A probabilidade p é dada por $p = \frac{(e^{r\Delta t} - d)}{(u - d)}$, em que r é a taxa livre de risco.

Para maiores detalhes a respeito do uso de árvores de decisão para a construção do modelo binomial de CRR (1979), consultar Brandão, Dyer e Hahn (2005).

O caso básico considera a expansão do projeto em cinco fases, sem nenhuma flexibilidade gerencial, idêntico ao FCD. Utilizamos a medida neutra a risco, descontando os fluxos de caixa do projeto à taxa livre de risco e chegamos, como era de se esperar, ao mesmo valor presente na modelagem estática, uma vez que essa modelagem não incluiu nenhuma opção. Consideramos, a seguir, cada um dos três tipos de opções existentes no projeto.

4.1 OPÇÃO DE ADIAMENTO

A primeira opção a ser considerada é a de adiar o início do projeto por um ano. Assumimos que o atraso em iniciar o projeto acarreta uma penalidade de fatia de mercado que será perdida para os concorrentes. Dessa forma, caso a empresa decida por adiar o projeto, haverá um impacto mercadológico que refletirá no fluxo de caixa e no valor do projeto, e o projeto que será executado dentro de um ano será diferente do projeto executado imediatamente.

O valor do projeto adiado, medido pelo FCD, é de R\$ 111,696 milhões. Como o investimento é de R\$ 91,361 milhões, o VPL será de R\$ 20,335 milhões. Esse VPL é menor do que o valor do projeto original (Anexo I), portanto, fica claro que a opção de adiar nunca é ótima, quando analisada isoladamente. Podemos notar que os investimentos de capital também são menores, em função de que não serão necessários tantos equipamentos nesse caso. Se considerarmos as outras flexibilidades que coexistem no projeto, esse valor poderá sofrer alterações, como veremos mais adiante.

4.2 OPÇÃO DE ABANDONO TOTAL

Consideramos agora a possibilidade de a empresa abandonar totalmente o projeto nos primeiros cinco anos de operação, que são os de maior incerteza e, conseqüentemente, os mais críticos. Na modelagem da opção de abandono, assumimos que parte do investimento em infraestrutura é recuperada com a venda dos ativos do projeto para um concorrente. Por causa da obsolescência, essa parcela sofre, com o tempo, uma redução de 85%, no primeiro ano, para 25% no quinto ano, conforme indicado na Tabela 2, que mostra também o investimento e a depreciação acumulada no período. Assumimos também que os blocos de frequência poderão ser vendidos ao final do quinto ano por 50% do valor de aquisição.

TABELA 2

VALOR DE ABANDONO

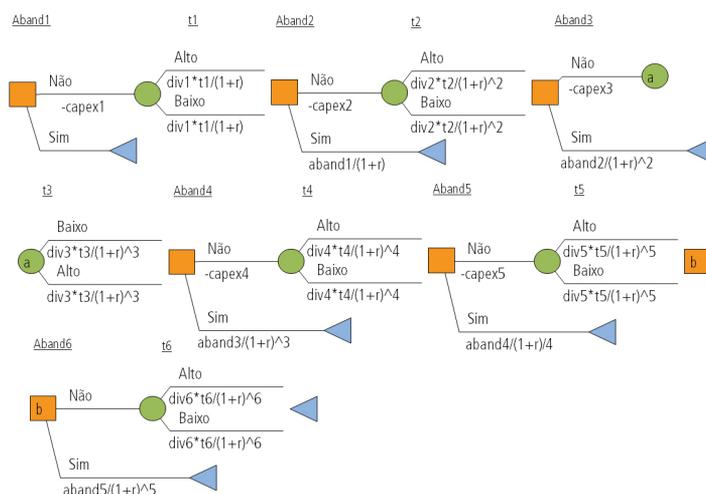
R\$ 1.000	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5
Investimento	27.335	50.441	73.839	97.498	109.443
(-) Depreciação acumulada	(2.733)	(7.778)	(15.161)	(24.911)	(35.856)
Investimento líquido	24.601	42.663	58.677	72.587	73.588
% Recuperação	15%	30%	45%	60%	75%
Venda dos blocos de frequência (50%)					8.935
Valor do abandono	20.911	29.864	32.272	29.035	27.332

Fonte: Elaborada pelos autores.

A modelagem das opções de flexibilidade do projeto é inserida na malha binomial como nós de decisão, em cada um dos instantes em que a empresa tem a possibilidade de escolher maximizar o valor do projeto. No caso da opção de abandono, essa flexibilidade é representada por um nó de decisão em cada um dos cinco anos iniciais do projeto. A árvore de decisão do projeto, com as opções de abandono, está representada na Figura 1, em que $div_i * t_i$ representam os fluxos de caixa livres no ano i , $i = 1, 2, \dots, 6$.

FIGURA 1

MODELO DO PROJETO COM OPÇÃO DE ABANDONO TOTAL



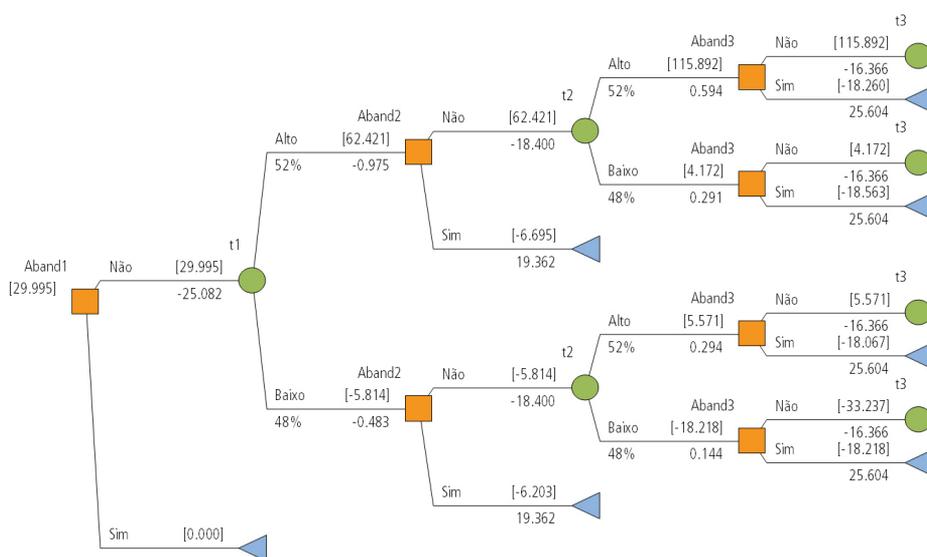
Fonte: Elaborada pelos autores.

O resultado da incorporação da opção ao modelo básico proporcionou um incremento no valor do projeto de R\$ 22,548 milhões para R\$ 29,995 milhões, conforme pode ser observado na Figura 2, em que são apresentados apenas os três primeiros períodos da árvore de decisão do projeto com opção de abandono.

A política ótima de investimento indica que a opção de abandono tem uma probabilidade de 39% de ser exercida no terceiro ano e de 10%, no quarto ano. Nos demais anos, nunca será ótimo abandonar o projeto. A análise de sensibilidade indica que, mesmo que os ativos não tenham valor residual, a opção, ainda assim, agrega R\$ 1,451 milhão ao valor da análise estática do projeto, ficando o valor do projeto em R\$ 23,999 milhões.

FIGURA 2

VALOR DO PROJETO COM OPÇÃO DE ABANDONO TOTAL



Fonte: Elaborada pelos autores.

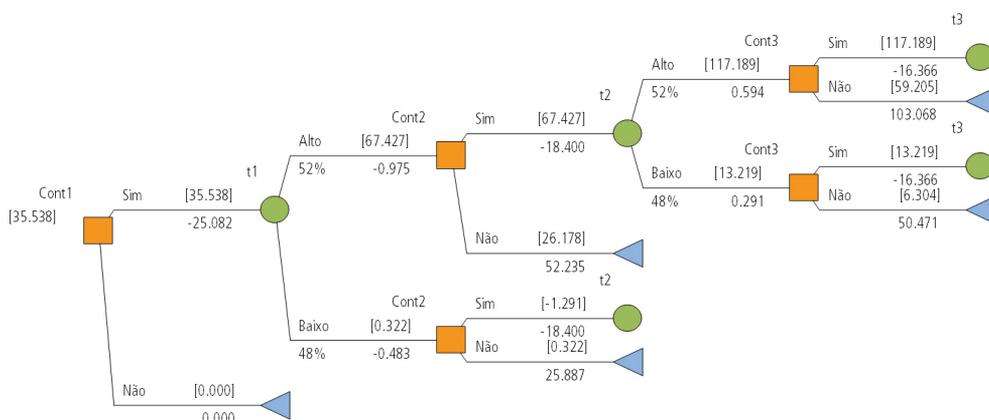
4.3 OPÇÃO DE NÃO EXPANDIR O PROJETO

A terceira opção existente representa a hipótese de não investir na fase seguinte do projeto, caso a demanda de mercado seja menor do que a prevista. Cabe notar que essa opção é distinta da opção de abandono total, abordada no item 4.2, pois, nesse caso, embora a empresa possa optar por não dar prosseguimento às fases posteriores de expansão do projeto, as fases realizadas até aquele instante continuarão em operação ininterrupta até o final da vida útil do projeto.

Dessa forma, a modelagem se inicia apenas com a fase I do projeto, e outras fases vão sendo adicionadas, à medida que o investimento em Capex correspondente é realizado. Ao fim de cada fase anual, dos primeiro ao quinto ano, a empresa tem a opção de não expandir o projeto para a fase seguinte, conforme previsto originalmente, mantendo apenas a cobertura da rede implantada até aquele momento. O resultado da incorporação dessa flexibilidade para todas as fases proporcionou um incremento no valor do projeto de R\$ 22,548 milhões para R\$ 35,538 milhões, conforme ilustrado na Figura 3.

FIGURA 3

VALOR DO PROJETO COM OPÇÃO DE NÃO EXPANDIR



Fonte: Elaborada pelos autores.

A análise da estratégia ótima de investimentos indica que há uma probabilidade de 39% de o projeto não ser expandido para a segunda fase. Isso ocorre principalmente pelo fato de que o investimento necessário para a fase II é um dos maiores. Existe também uma probabilidade de 10% e 12% de não ocorrer o investimento nas fases IV e V, respectivamente.

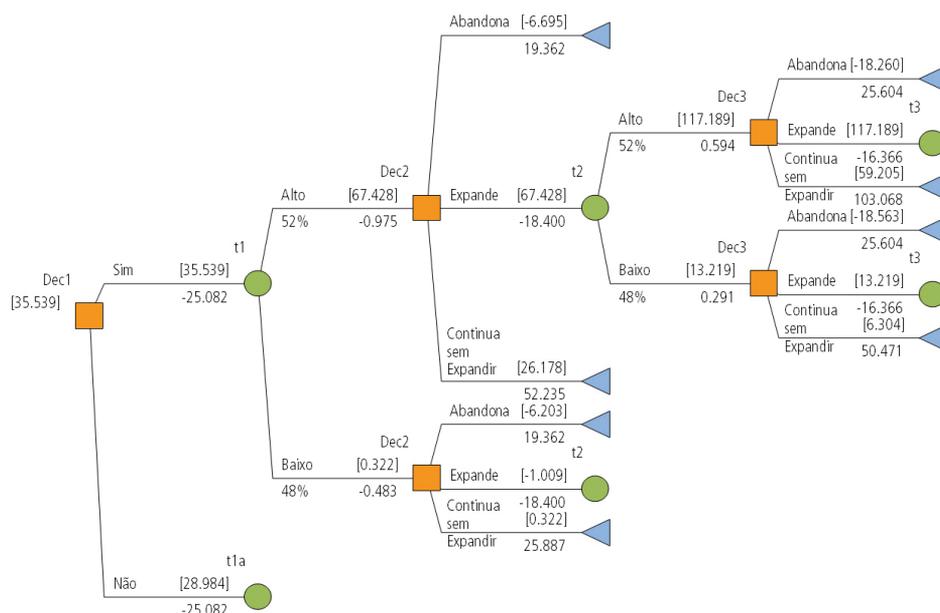
4.4 PROJETO COM TODAS AS OPÇÕES

Modelamos agora todas as três opções em conjunto, uma vez que coexistem no projeto e existe interação entre elas. O modelo de árvore de decisão com todas as opções do projeto está ilustrado no Apêndice I, em que foi considerada a opção de abandono e a de não investimento também no caso de o projeto ser adiado por um ano.

O resultado da incorporação das opções existentes no projeto gerou um resultado de R\$ 35,539 milhões, comparado com o valor de R\$ 22.546 da análise determinística do FCD, conforme ilustra a Figura 4, em que estão apenas os primeiros dois anos do modelo.

FIGURA 4

VALOR DO PROJETO COM TODAS AS OPÇÕES



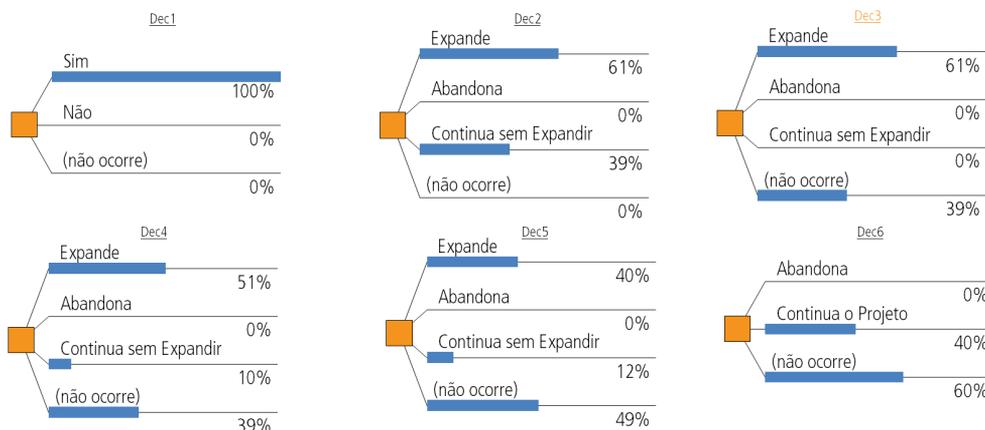
Fonte: Elaborada pelos autores.

Verifica-se que a opção de não expandir domina todas as demais. Na presença dessa opção, as outras, de adiamento e abandono, nunca serão exercidas, ficando, então, com valor zero. Dessa forma, todo o valor de flexibilidade do projeto é proveniente da opção de não expansão. Dependendo das premissas adotadas em relação ao valor de recuperação na opção de abandono ou na remodelagem das premissas mercadológicas na opção de adiar, no entanto, essa superioridade poderá sofrer alterações.

Na Figura 5, podemos observar a estratégia ótima de investimento do projeto, considerando todas as opções existentes.

FIGURA 5

RESUMO DA ESTRATÉGIA ÓTIMA DE INVESTIMENTO



Fonte: Elaborada pelos autores.

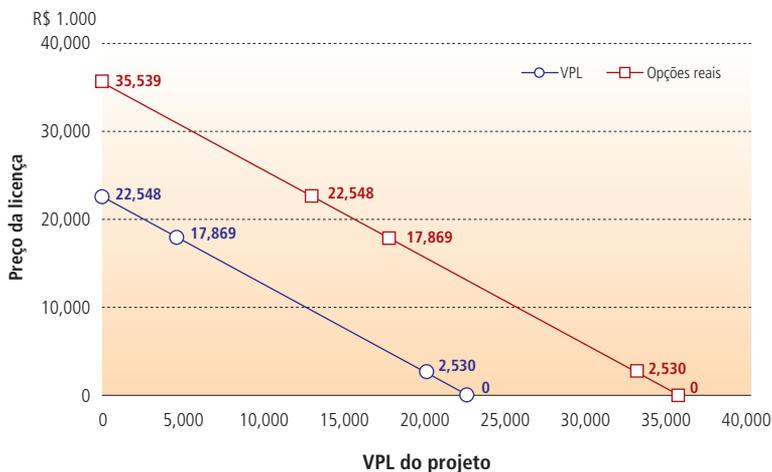
5 RESULTADOS

Os cálculos do caso base foram realizados sem a inclusão dos custos de aquisição da licença. Pela metodologia tradicional do FCD, a empresa poderá oferecer, no máximo, o valor que fará que o VPL do projeto seja nulo, ou seja, R\$ 22,548 milhões. A análise pela metodologia das opções reais, por sua vez, acrescenta ao projeto o valor de R\$ 12,991 milhões adicionais, referente às opções existentes no projeto que não são capturadas pela metodologia do FCD. Dessa forma, o valor ofertado poderá ser elevado até R\$ 35,539 milhões, que representa um aumento de 58% sobre o valor determinado pelo FCD, sem que isso cause prejuízo ao projeto. Isso possibilita que a empresa tenha uma faixa maior de valores para escolher usar na licitação, dependendo de suas expectativas acerca do interesse das concorrentes.

O Gráfico 4 ilustra os resultados encontrados. Para cada valor de VPL desejado para o projeto da escala horizontal, o gráfico identifica o preço máximo que a empresa pode ofertar pelas licenças na escala vertical. Pode-se observar que a metodologia das opções reais domina a análise do FCD, no sentido em que mostra que a empresa pode ofertar preços maiores para as licenças, caso isso seja de seu interesse estratégico, sem comprometer a viabilidade econômica do projeto.

GRÁFICO 4

VPL X PREÇO DA LICENÇA



Fonte: Elaborado pelos autores.

A análise de sensibilidade à volatilidade do projeto indica que a relação do VPL com a volatilidade é aproximadamente linear. Uma redução de 50% na volatilidade reduz o VPL do projeto em 38% para R\$ 13,5 milhões, um pouco mais do que a metade de seu valor original, enquanto um aumento de 50% na volatilidade aumenta o VPL em cerca de 40% para R\$ 30,5 milhões.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste trabalho, analisamos um projeto de investimento na tecnologia WiMAX, considerando as diversas flexibilidades existentes, com o objetivo de auxiliar na decisão do preço a ser ofertado na licitação da licença de operação. Para tanto, o projeto foi analisado tanto pela modelagem estática do fluxo de caixa descontado quanto pela modelagem dinâmica da metodologia das opções reais. Este estudo foi elaborado com dados publicamente disponíveis, tomando como base a Licitação nº 002/2006/SPV-Anatel.

O resultado final foi que, com o uso da teoria das opções reais, o valor do projeto teve um incremento de até R\$ 12,991 milhões, quando comparado com o projeto pelo FCD, o que representa um incremento de 58%. Considerando que o valor mínimo da licença, de acordo com o edital, é de R\$ 2,530 milhões, pode-se dizer que esse valor é significativo no caso dessa licitação.

Na modelagem apresentada, a opção real que mais agregou valor ao projeto e que dominou as outras opções foi a de não expandir, que é a possibilidade de implantar a infraestrutura dispersa geograficamente de forma gradual. Dessa forma, é possível que projetos com características semelhantes apresentem também significativo valor de flexibilidade. Um resultado relevante no estudo foi que mesmo a flexibilidade mais básica do projeto, que é a opção de abandono sem nenhum tipo de recuperação financeira, propiciou um incremento de 33% sobre o valor calculado pelo FCD.

Concluímos que a metodologia das opções reais pode proporcionar, em casos semelhantes ao analisado neste trabalho, resultados significativamente diferentes daqueles obtidos pelos métodos tradicionais. Essa pode ser uma possível explicação para os altos ágios (acima de 200%) pagos pelas empresas de telecomunicação nos leilões das licenças de operação de 3G, em 2007, uma vez que a metodologia da Anatel não considera o valor de opção ao estabelecer o preço mínimo para a licitação.

A modelagem adotada, no entanto, merece algumas ressalvas. Não foram consideradas neste trabalho incertezas adicionais, como variação de taxas de juros e de custos de investimento, ações dos concorrentes ou incertezas políticas e regulatórias, que podem afetar os resultados obtidos e os preços ofertados. Também não foram incluídos os efeitos de possíveis correlações entre as variáveis. Pela falta de dados históricos de mercado, o comportamento estocástico de algumas variáveis pode apresentar características distintas daquelas utilizadas nessa modelagem.

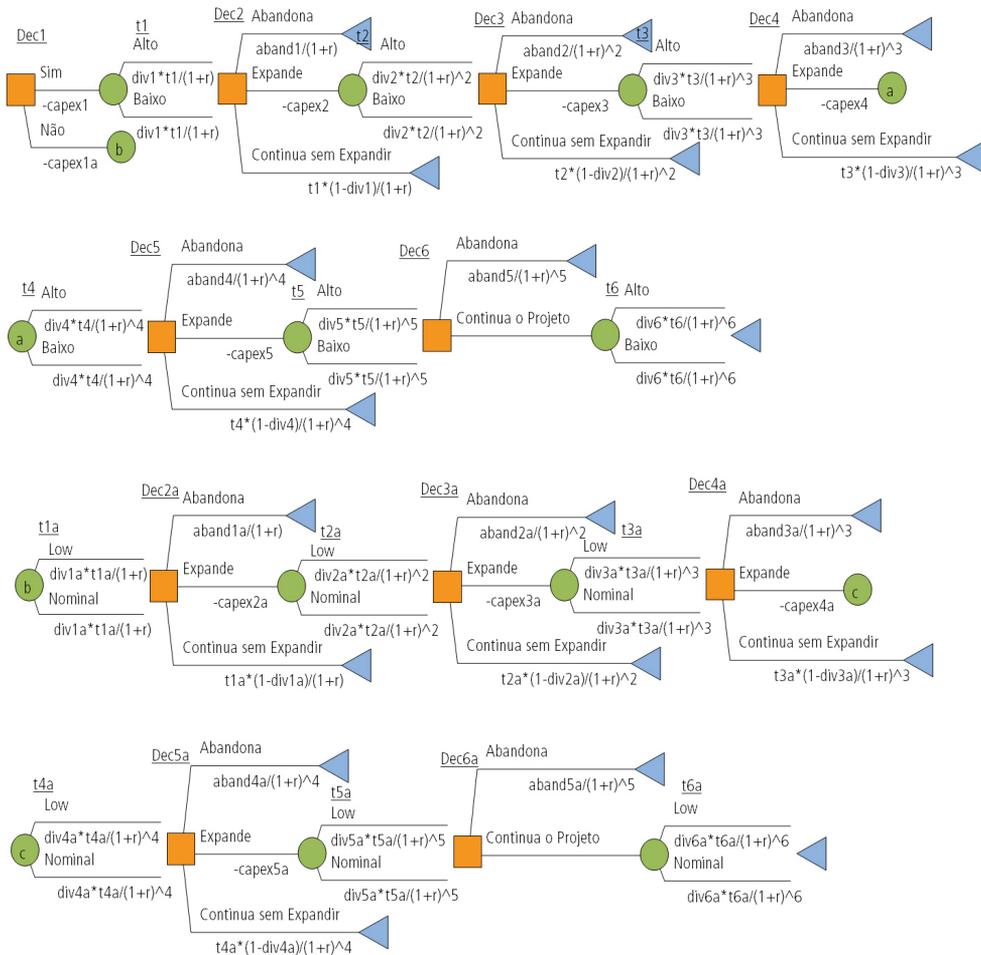
REFERÊNCIAS

- ANATEL. *Edital da licitação nº 002/2006/SPV*. Rio de Janeiro: Anatel, 2006.
- BERRÊDO, M. C. H. *Abordagem por opções reais na privatização do setor de telecomunicações: o caso da Embratel*. 2001. 173 p. Dissertação (Mestrado em Finanças)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.
- BRANDÃO, L. E.; DYER, J. S.; HAHN, W. J. Using binomial decision trees to solve real-option valuation problems. *Decision Analysis*, v. 2, n. 2, p. 69-88, June 2005.
- COX, J. C.; ROSS, S. A.; RUBINSTEIN, M. Option pricing: a simplified approach. *Journal of Financial Economics*, v. 7, n. 3, p. 229-263, 1979.
- D'HALLUIN, Y.; FORSYTH, P.; VETZAL, K. Wireless network capacity investment. In: ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE ON REAL OPTIONS, 7., 2003, Washington. *Proceedings...* Washington: Real Options Group, 2003.
- GONÇALVES, F. D. O.; MEDEIROS, P. Y. Opções reais e regulação: o caso das telecomunicações no Brasil. In: SBE CONFERENCE, 2., 2002, Rio de Janeiro. *Working paper...* Rio de Janeiro: BBM, 2002.

- IDC_BRASIL. *Análise de mercado*. Barômetro de banda larga no Brasil, 2005-2010. São Paulo: Cisco Systems Brasil, 2006.
- IMAI, J.; WATANABE, T. A multi-stage investment game in real option analysis. In: ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE ON REAL OPTIONS, 9., 2005, Paris. *Proceedings...* Paris: Real Options Group, 2005.
- LOPES, W. P. *Uma abordagem para aplicação integrada de cenários de estratégia com avaliação de opções reais em telecomunicações*. 2004. 165 p. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.
- PAOLINI, M. *WiMAX State of industry: mid-year analysis*. Sammamish, WA: Transmedia Telebriefing, 2006. Disponível em: <http://www.senzafiliconsulting.com/downloads/SenzaFili_Telebriefing_June06.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2007.
- PINDYCK, R. S. *Pricing capital under mandatory unbundling and facilities sharing*. Cambridge: National Bureau of Economic Research, 2005.
- PINTO, L. G.; PEREIRA, J. A. A. *Stock valuation using a contingent claims approach: the case of Portugal Telecom*. Açores: Universidade dos Açores, CeeapIA, 2005. (Série de Seminários do CeeapIA).
- RAMIREZ, W.; HARMANTZIS, F. C.; TANGUTURI, V. P. Deployment of Wi-Fi networks in enterprise market: an application in wireless data services. In: ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE ON REAL OPTIONS, 2006, New York. *Proceedings...*
- ROCHA, K. *Três ensaios sobre a metodologia de apuração de ativos utilizando opções reais*. 2006. 109 p. Tese (Doutorado em Finanças)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- TEIXEIRA, R. B. M. et al. Decisões estratégicas em empresas de telecomunicações no Brasil: uma aplicação de opções reais e teoria de jogos. *Revista de Economia e Administração*, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 1-16, jan./mar. 2009.

APÊNDICE I

MODELO COMPLETO COM TODAS TRÊS OPÇÕES: ADIAMENTO, ABANDONO E NÃO EXPANSÃO



Fonte: Elaborado pelos autores.

ANEXO I

FLUXO DE CAIXA DESCONTADO DO PROJETO TOTAL

R\$ 1.000,00

	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7	ANO 8	ANO 9	ANO 10	ANO 11	ANO 12	ANO 13	ANO 14	ANO 15	
Receita bruta	186	5.172	17.344	33.850	42.165	51.769	61.959	71.974	79.752	88.002	94.840	100.369	106.030	111.826	117.758	
(-) Impostos e outras deduções	(53)	(1.482)	(4.969)	(9.698)	(12.080)	(14.832)	(17.751)	(20.620)	(22.849)	(25.213)	(27.172)	(28.756)	(30.378)	(32.038)	(33.738)	
Receita líquida	133	3.690	12.375	24.152	30.085	36.937	44.208	51.353	56.903	62.790	67.668	71.614	75.653	79.788	84.020	
Custo dos produtos vendidos	(2.473)	(4.237)	(6.573)	(9.055)	(9.836)	(11.204)	(12.600)	(13.987)	(15.245)	(16.543)	(16.641)	(16.976)	(17.321)	(17.670)	(18.023)	
Despesas de vendas, Ge&A	(40)	(996)	(2.970)	(5.072)	(5.415)	(6.649)	(7.957)	(9.244)	(10.242)	(11.302)	(12.180)	(12.890)	(13.617)	(14.362)	(15.124)	
Depreciação	(2.735)	(5.079)	(7.502)	(9.978)	(11.245)	(12.531)	(13.826)	(15.125)	(16.414)	(17.714)	(15.034)	(12.733)	(10.354)	(7.922)	(6.702)	
Lair	(5.115)	(6.622)	(4.670)	47	3.589	6.553	9.825	12.997	15.001	17.230	23.813	29.014	34.360	39.834	44.172	
Tributos	1.534	1.987	1.401	(14)	(1.077)	(1.966)	(2.947)	(3.899)	(4.500)	(5.169)	(7.144)	(8.704)	(10.308)	(11.950)	(13.252)	
+ Depreciação	2.735	5.079	7.502	9.978	11.245	12.531	13.826	15.125	16.414	17.714	15.034	12.733	10.354	7.922	6.702	
Geração de caixa	(846)	444	4.233	10.012	13.757	17.118	20.703	24.223	26.915	29.776	31.703	33.043	34.406	35.806	37.622	
Valor residual															268.729	
Capex (103.116)																
Fluxo de caixa livre (103.116)	(846)	444	4.233	10.012	13.757	17.118	20.703	24.223	26.915	29.776	31.703	33.043	34.406	35.806	306.351	
VPL	22.548															
Wacc	14,0%															
IRR	16,1%															
Valor do projeto	125.663	143.256	164.276	186.769	208.091	225.811	241.742	256.070	268.319	278.268	286.543	292.715	297.553	301.542	304.535	306.351
Taxa de dividendos	(0,006)	0,003	0,023	0,048	0,0609	0,071	0,081	0,090	0,097	0,104	0,108	0,111	0,114	0,118	1,000	

Fonte: Anatel (2006).

ANEXO II

FLUXO DE CAIXA DESCONTADO DO PROJETO TOTAL COM INVESTIMENTOS ADIADOS POR UM ANO

R\$ 1.000,00

	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7	ANO 8	ANO 9	ANO 10	ANO 11	ANO 12	ANO 13	ANO 14	ANO 15	
Receita bruta	1	646	8.362	21.703	32.413	41.438	52.244	62.965	73.310	81.038	89.227	96.355	101.789	107.353	113.048	
(-) Impostos e outras deduções	(0)	(185)	(2.396)	(6.218)	(9.286)	(11.872)	(14.968)	(18.039)	(21.003)	(23.217)	(25.564)	(27.606)	(29.163)	(30.757)	(32.388)	
Receita líquida	1	461	5.967	15.485	23.127	29.566	37.276	44.925	52.307	57.821	63.663	68.749	72.627	76.596	80.659	
Custo dos produtos vendidos	(0)	(2.542)	(4.474)	(6.801)	(8.854)	(9.867)	(11.296)	(12.718)	(14.121)	(15.375)	(16.668)	(16.773)	(17.099)	(17.435)	(17.775)	
Despesas de vendas, G&A	(0)	(125)	(1.432)	(3.252)	(4.163)	(5.322)	(6.710)	(8.087)	(9.415)	(10.408)	(11.459)	(12.375)	(13.073)	(13.787)	(14.519)	
Depreciação	(0)	(2.777)	(5.167)	(7.619)	(10.090)	(11.369)	(12.666)	(13.970)	(15.278)	(16.574)	(17.879)	(15.157)	(12.809)	(10.400)	(7.974)	
Lair	0	(4.982)	(5.107)	(2.187)	20	3.009	6.604	10.150	13.492	15.464	17.657	24.444	29.646	34.974	40.392	
Tributos	(0)	1.495	1.532	656	(6)	(903)	(1.981)	(3.045)	(4.048)	(4.639)	(5.297)	(7.333)	(8.894)	(10.492)	(12.118)	
+ Depreciação	0	2.777	5.167	7.619	10.090	11.369	12.666	13.970	15.278	16.574	17.879	15.157	12.809	10.400	7.974	
Geração de caixa	0	(710)	1.592	6.088	10.104	13.475	17.289	21.076	24.723	27.399	30.239	32.268	33.561	34.882	36.248	
Valor residual															258.916	
Capex (91.361)																
Fluxo de caixa livre (91.361)	0	(710)	1.592	6.088	10.104	13.475	17.289	21.076	24.723	27.399	30.239	32.268	33.561	34.882	295.164	
VPL	20.335															
Wacc	14,0%															
IRR	16,1%															
Valor do projeto	111.696	127.334	145.160	166.292	187.758	207.103	224.579	240.658	254.641	266.264	275.357	282.673	287.774	291.278	293.797	295.164
Taxa de dividendos	0,000	(0,005)	0,010	0,032	0,0488	0,060	0,072	0,083	0,093	0,100	0,107	0,112	0,115	0,119	1,000	

Fonte: Anatel (2006).