Uma Aplicação de Opções Reais na Avaliação de Licença de Prestação de Serviços de Telefonia Móvel 3G no Brasil

Rafael Stille*
Celso Funcia Lemme**
Luiz Eduardo Teixeira Brandão***

Resumo

Este artigo avaliou as contribuições do método de opções reais ao processo decisório em projetos de telecomunicações, estudando um caso real de aquisição, em licitação pública, de uma licença de prestação de serviços de telefonia móvel 3G no Brasil. Foi encontrada uma diferença de 64% em relação ao valor obtido pelo método do Fluxo de Caixa Descontado, o que poderia justificar os altos ágios pagos pelas empresas vencedoras da licitação, incompatíveis com o valor obtido pelos métodos tradicionais de análise. Isso indica que a metodologia aplicada, facilmente replicável e bastante intuitiva, pode ser uma ferramenta útil para apoiar o processo decisório destas empresas.

***Palavras-chave*:** opções reais; avaliação de projetos; telecomunicações; telefonia móvel 3G.

Códigos JEL: G31; G32.

Abstract

We analyze the contributions of the real option method to the decision making process in the telecommunications industry. We study the case of a public auction purchase of the license to operate a 3G mobile phone system in Brazil. The results indicate that the embedded flexibilities increase the value of the project by 64% in relative to the discounted cash flow method, which could justify the high premiums paid by the winning firms, which are incompatible with the value obtained from traditional methods of analysis. This suggests that the real options approach used, which can be easily replicated and is fairly intuitive, can be a useful tool to support the decision making process of these firms.

***Keywords*:** real options; project valuation; telcommunications; 3G mobile phone systems.

Submetido em Abril de 2010. Aceito em Julho de 2010. O artigo foi avaliado segundo o processo de duplo anonimato além se de ser avaliado pelo editor. Editor responsável: Ricardo P. C. Leal.

*McKinsey & Company, São Paulo, Brasil. E-mail: rafael.stille@mckinsey.com
**Instituto COPPEAD de Administração, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: celso@coppead.ufrj.br
***IAG/PUC-Rio, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: brandao@iag.puc-rio.br

©2010 Sociedade Brasileira de Finanças

1. Introdução

Avanços ocorridos nos últimos anos nas metodologias de avaliação de ativos e gerência de riscos permitiram que se passasse a modelar de forma mais adequada a flexibilidade gerencial em projetos de investimento. Dentre estes está a metodologia das opções reais, que permite capturar o valor da flexibilidade gerencial de projetos sujeitos a ambiente de incerteza, uma vez que considera o valor de ajustes aplicados ao projeto em função de novas informações, permitindo à empresa aperfeiçoar a gestão estratégica.

No setor de telecomunicações, muitos projetos de investimento, como por exemplo, a oferta de novos serviços de telefonia móvel apresenta incertezas sobre o seu comportamento futuro e permitem ajustes na sua operação em função de novas informações do mercado e, no limite, o abandono do projeto (Ansari e Garud, 2007). Nos projetos para aquisição de licença de uso de espectro para o fornecimento de novos serviços de telefonia móvel, três características importantes para justificar o uso de avaliação através de opções reais estão presentes na tomada de decisão: alto grau de incerteza, flexibilidade gerencial e alto grau de exclusividade ou barreira de entrada.

A primeira característica existe devido ao grande número de variáveis fundamentais e incertas que podem impactar o projeto. Como se trata de oferecer novos serviços baseados em uma tecnologia recente, a velocidade de adoção dos novos serviços e os volumes de uso são incertos, já que dependem de fatores fora do controle da empresa, como gostos e preferências dos clientes potenciais, surgimento de serviços alternativos e fatores socioeconômicos específicos do mercado, tais como renda per capita, nível de escolaridade e faixa etária da população.

A segunda característica decorre do fato de que, ao comprar a licença, a empresa adquire o direito, mas não a obrigação, de investir em uma rede de telefonia móvel. As características da rede em termos de magnitude e capacidade podem ser decidas pela operadora posteriormente à compra, em função de suas expectativas com relação ao mercado. Vale destacar que esta flexibilidade pode ser limitada por regras e exigências estabelecidas pelo órgão regulador, como prazos para cobertura de determinadas áreas com determinada tecnologia e área de cobertura mínima. A principal flexibilidade, em termos de capacidade de rede, está associada à possibilidade de instalar redes com distintas densidades. Inicialmente, a operadora pode instalar, em determinada área onde queira ou precise ter cobertura, uma rede composta por uma quantidade mínima e reduzida de células ou Estações Rádio Base (ERBs). Posteriormente, caso perceba que a região apresenta uma demanda de tráfego maior do que a capacidade das ERBs disponíveis, pode ser aumentada a densidade da rede na região. Há, também, flexibilidade na escolha da tecnologia a ser adotada, sendo possível combinar mais de uma tecnologia para distintas situações, como ocorre em países que já iniciaram a operação de redes de terceira geração (3G) onde as operadoras móveis possuem tecnologia 3G instalada em grandes centros urbanos e 2G no resto do território.

Finalmente, a terceira característica faz com que, ao comprar a licença para exploração de determinada faixa de frequência, a empresa adquira alto grau de exclusividade naquele projeto. A licença representa uma forte barreira de entrada no setor, o que aumenta consideravelmente o valor das opções reais envolvidas. No caso da licitação estudada nesta pesquisa, foram colocados à venda apenas quatro lotes de faixas de espectro para cada região, limitando assim o mercado a quatro concorrentes em cada uma delas.

O setor de telefonia móvel é relativamente novo e tem apresentado elevadas taxas de crescimento de usuários e receitas no mundo todo. Em 2008, o número de assinantes de telefonia móvel de tecnologia GSM ultrapassou a marca de 3 bilhões no mundo, apenas quatro anos após ter atingido o primeiro bilhão de usuários e dois anos após o segundo bilhão. Esta marca foi atingida 17 anos após o lançamento da primeira rede GSM, em 1991. Hoje existem mais de 700 operadoras móveis utilizando esta tecnologia em 218 países, adicionando novos usuários a uma taxa de 15 por segundo, ou 1,3 milhão por dia (GSMA, 2008). Em 2006, os serviços de telefonia móvel representavam 1,6% da economia global. Desde 2002, operadores de telefonia móvel investiram mais de US$ 234 bilhões na construção de redes GSM e 3G (GSMA, 2008).

Em dezembro de 2007, a ANATEL, leiloou as licenças para exploração do serviço de telefonia móvel com a tecnologia de terceira geração (3G) (Licitação Nº 002/2007/SPV – ANATEL). Esta tecnologia permite a transferência de dados com velocidades elevadas e equivalentes a outras soluções de banda larga sem mobilidade, como, por exemplo, o ADSL ou o Cabo. Assim, as operadoras de telefonia móvel já presentes no mercado, que hoje dependem basicamente de suas receitas de serviços de voz, poderão fornecer novos serviços móveis de transferência de dados em alta velocidade, como acesso à internet e vídeo-conferência, diversificando assim suas receitas. Este leilão de espectros de frequência destinados à tecnologia 3G arrecadou R$ 5,34 bilhões, com ágio médio de 86,67%.

Esta pesquisa analisou as contribuições do método de opções reais ao processo decisório para projetos de investimento no setor de telecomunicações, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos. Para isso, foi realizada uma aplicação a um caso real de aquisição de uma licença de prestação de serviços 3G no Brasil. Existiam duas perguntas a serem respondidas, uma principal e outra secundária.

- Principal: Qual a diferença no valor da licença obtido através da avaliação por dois métodos, opções reais e VPL tradicional?
- Secundária: De que forma a análise do valor da licença através da avaliação de opções reais pode ajudar qualitativamente as empresas na definição de suas estratégias para os projetos?

A pesquisa tratou de uma licitação pública, com dinâmica de leilão, para a aquisição de uma licença de concessão de faixas de espectro para prestação de serviços de telefonia móvel 3G em todo o território brasileiro, ocorrida em dezembro de 2007. O estudo se limitou ao lote 1 desta licitação, correspondente à região 1, que compreende os Estados do Rio de Janeiro, Bahia, Espírito Santo e Sergipe. Este lote foi escolhido por ser o que apresentou os maiores valores e os maiores ágios de toda a licitação, conforme pode ser visto na Tabela 1:

Tabela 1
Valores e ágios pagos por cada operadora pelos lotes da região I

Lote	Região	Preço mínimo	Vencedor	Lance vencedor	Ágio
1	IJ	163.670	Vivo	310.325	89.60%
2	IF	245.505	Oi	467.900	90.59%
3	IG	163.670	TIM	528.000	222.60%
4	II	163.670	Claro	612.000	273.92%

Valores em R$ 1.000

Fonte: `www.anatel.gov.br`

O período de análise dos projetos nesta pesquisa foi de quinze anos contados a partir de 2008, que foi o prazo da concessão inicial do edital. O restante do texto está organizado da seguinte forma: na secção 2 é feita uma breve revisão de literatura, a secção 3 apresenta a metodologia adotada na pesquisa e na secção 4 são apresentados a modelagem e os resultados obtidos. Finalmente, a secção 5 conclui o estudo e apresenta sugestões para futuras pesquisas.

2. Revisão da Literatura

Projetos de telecomunicações envolvem altos investimentos iniciais e elevados gastos operacionais. Seus grandes fatores de incerteza ocorrem tanto pelo lado dos investimentos e custos quanto das receitas, especialmente em se tratando de tecnologias recentes que permitem serviços inovadores. As receitas possuem forte grau de incerteza devido à imprevisibilidade do crescimento da base de usuários da operadora e da receita média por usuário, conhecida como ARPU, do inglês *Average Revenue Per User* (Tanguturi e Harmantzis, 2006).

Uma vez realizado o investimento inicial, uma série de flexibilidades se apresenta para a empresa. Por um lado, ela poderá expandir-se em novos mercados e oferecer serviços inovadores para seus clientes, como as soluções de *Mobile Money Transfer* ou *Mobile Banking*, cada vez mais difundidas em países em desenvolvimento, onde a penetração e capilaridade dos bancos tradicionais é mais baixa do que nos países desenvolvidos (GSMA, 2008). A tecnologia 3G permite ainda a uma operadora lançar uma gama de serviços inovadores baseados em transmissão de dados em alta velocidade, como acesso móvel à internet banda larga, vídeo conferência e jogos interativos. Por outro lado, ela poderá diferir seus investimentos em diversas etapas do projeto, caso conclua que as condições atuais de mercado não são adequadas e o tempo permita obter mais informações. Caso seu projeto

piloto tenha êxito, ela poderá decidir aumentar a escala do projeto, por exemplo, atingindo áreas rurais do país não planejadas inicialmente ou aumentando a capacidade de sua rede para permitir maior tráfego simultâneo, atendendo maiores demandas de seus clientes (Tanguturi e Harmantzis, 2006).

Finalmente, o projeto pode ser abandonado, caso nenhuma outra opção seja viável. A opção de abandono pode ocorrer através da venda dos ativos da empresa ou da licença, ou mesmo pela devolução da licença para o órgão regulador. A devolução pode ter um custo para a empresa, como ocorreu com algumas licenças 3G na Europa quando operadoras que quiseram devolvê-las ao estado tiveram que arcar com multas (Ansari e Garud, 2007). Estas multas têm o efeito de reduzir a flexibilidade gerencial para a empresa, diminuindo o valor da opção de abandono.

Na indústria de telecomunicações, aplicações de modelos de precificação com opções reais têm sido utilizadas para avaliar temas como novas tecnologias, valor de empresas, capacidade operacional e questões de regulamentação, bem como a modelagem de custos, de distorções regulatórias e avaliação estratégica (Alleman, 2002, 2003, Alleman e Noam, 1999, Alleman, 2002). Economides (1999) aplicou a avaliação por opções reais no estudo dos princípios econômicos que servem de base para os cálculos de custos nos aluguéis de capacidade de rede de telefonia local pelas operadoras já existentes no mercado para as novas entrantes. Gavosto et alii (2007) aplicaram o modelo de opções reais para estudar o papel dos órgãos reguladores na implantação das novas gerações de rede pelos operadores de telefonia móvel na Europa e em outros lugares, focalizando o impacto das obrigações regulatórias sobre o momento dos novos investimentos. No Brasil, Fiuza de Bragança et alii (2007) utilizaram opções reais para estudar a questão da orientação regulatória das operadoras de telefonia fixa.

Outro artigo de interesse (Harmantzis et alii, 2006) traz um estudo qualitativo e quantitativo de cinco casos através de opções reais: a) decisões de investimento em *Next Generation Wireless Networks*; b) investimentos em redes móveis integradas; c) migração para serviços de internet móvel de banda larga; d) avaliação da implantação de redes WI-FI em mercados corporativos e e) avaliação de serviços *Hosted Voice Over Internet Protocol – VOIP* – para mercados corporativos. Os autores mostram a modelagem para cada um dos casos e apontam onde as opções possuem maior valor. Cabe notar que, apesar de aportarem um valor significativo ao projeto, na maioria dos casos analisados o valor das opções não justificou uma mudança na decisão obtida pelo VPL.

Teixeira (2007) analisou o caso da tecnologia WiMAX, um novo padrão de banda larga móvel, e comparou o valor máximo que pode ser ofertado numa licitação para aquisição de uma faixa de espectro de frequência para operar nesta tecnologia, utilizando tanto a avaliação pelo VPL quanto por opções reais. A sua análise indica que as opções reais existentes permitiriam à empresa ofertar um valor 58% acima do valor original recomendado pelo VPL, aumentando as chances da empresa vencer a licitação e investir em um projeto rentável.

Finalmente, Turrettini e Young (2002) analisaram os altos preços pagos pelas licenças de 3G no Reino Unido através de um modelo de opções reais, e concluíram que o valor de uma licença para um novo entrante seria de £2,6B, sendo £100M referente às opções existentes. Este valor é significativamente inferior ao valor pago, que foi de £4,39B. O estudo examinou algumas razões específicas para isso, incluindo irracionalidade dos investidores e valor estratégico das licenças.

3. Metodologia

O processo de avaliação de opções reais utilizado neste trabalho foi baseado na metodologia de Copeland e Antikarov (2002), com as alterações propostas por Brandão et alii (2005a,b), utilizando modelagem de árvores binomiais em tempo discreto. O método foi escolhido por ser relativamente simples e intuitivo, permitindo flexibilidade na elaboração do modelo e incluindo a possibilidade de analisar diversas opções presentes no projeto ao mesmo tempo. A metodologia escolhida contempla um processo de avaliação em três etapas.

A primeira consiste em realizar uma avaliação pelo método do VPL estático, que servirá de ativo base para a avaliação por opções reais. Para o cálculo deste VPL, foi utilizado como taxa de desconto o WACC estimado para uma empresa de telecomunicação móvel no Brasil.

A etapa seguinte tem como objetivo encontrar a volatilidade dos retornos do projeto, e consiste na identificação e modelagem das incertezas presentes no projeto, com base nos seus respectivos processos estocásticos. Primeiramente são identificadas as variáveis incertas do projeto que afetam seus fluxos de caixa de forma significativa. Em seguida, determina-se o processo estocástico adequado para cada uma delas e estimam-se os parâmetros necessários para sua modelagem. Estes parâmetros poderiam ser obtidos através da análise dos dados históricos ou dados de mercado, ou ainda, quando esses não estiverem disponíveis, através de estimativas de especialistas no assunto. Uma vez modeladas as variáveis incertas, procede-se à simulação de Monte Carlo para gerar a distribuição dos retornos do projeto e determinar sua volatilidade. Cada uma das iterações da simulação gera um conjunto de fluxos de caixa, com base no qual é calculado o valor pré-dividendo $\tilde{V}_1$ do projeto ao final do primeiro período. Uma vez obtido este dado, calcula-se a taxa de retorno do projeto $\tilde{v}$ através da fórmula $\tilde{v} = ln(\tilde{V}_1/V_0)$ onde V_0 é o valor presente estático do projeto. Este cálculo, para cada iteração, fornece a distribuição dos retornos do projeto e seu desvio-padrão.

Nesta etapa adotamos a modelagem proposta por Copeland e Antikarov (2002) conforme modificado por Brandão et alii (2005a), com base em comentários de Smith (2005). Nela, as incertezas são refletidas apenas no primeiro período da análise; somente os fluxos de caixa do primeiro ano são estocásticos e os períodos seguintes têm seus fluxos condicionados aos resultados obtidos nos períodos antecedentes. Assim, a única variabilidade capturada no é a que se deve às incertezas resolvidas até aquele momento, o primeiro período (Haahtela, 2007).

Uma vez obtida a volatilidade dos retornos, a terceira etapa consiste na modelagem do projeto em tempo discreto utilizando um algoritmo aplicado a um modelo de árvore de decisão com malha binomial. Utilizam-se as probabilidades neutras a risco – calculadas com base na volatilidade obtida na etapa anterior – e a taxa livre de risco para descontar os fluxos de caixa do projeto.

Como é padrão na literatura, assumimos que o projeto segue um Movimento Geométrico Browniano (MGB). Com a árvore montada, testa-se a consistência da modelagem verificando se o resultado da modelagem binomial do ativo base, ainda sem considerar suas flexibilidades, chega ao mesmo valor obtido pela análise estática de VPL. Uma vez testada a consistência, introduz-se no modelo as diferentes opções identificadas, utilizando para isso os nós de decisão disponíveis na ferramenta. Finalmente, podem ser obtidos os resultados pela modelagem de opções reais.

As informações necessárias para aplicação desse método foram as projeções de investimentos, receitas e custos para o projeto de implantação da rede 3G, assim como as principais incertezas do projeto e as suas flexibilidades gerenciais. As principais fontes de dados utilizadas para obtê-las foram informações públicas de empresas abertas do setor de telecomunicação móvel, órgãos governamentais e imprensa especializada. As empresas abertas do setor de telefonia móvel selecionadas para esta pesquisa foram VIVO e TIM, por apresentarem disponibilidade de dados e serem focadas estritamente neste setor.

Adicionalmente, foram realizadas três entrevistas com especialistas do setor: a primeira, com um consultor experiente, especializado em projetos estratégicos para clientes no setor de telecomunicações; a segunda, com um gestor da diretoria de estratégia de uma das operadoras móveis analisadas, que teve participação ativa no processo de decisão para a aquisição da licença 3G analisada; e a terceira com um engenheiro em telecomunicações, que trabalhou na área de engenharia de uma das empresas durante o projeto de *overlay* GSM.

Também foi necessário analisar as condições e características da licença a ser adquirida, como prazo de concessão e condições de operação, tais como a obrigação de explorar em um determinado período e obrigações referentes à cobertura de rede. Estas informações foram obtidas no edital da licitação (Anatel, 2007). Além disso, foi preciso estabelecer premissas para alguns dados fundamentais sobre as incertezas presentes no projeto, como comportamento estocástico das principais incertezas identificadas e seus parâmetros. Essas premissas foram estabelecidas com base na análise dos dados obtidos nas entrevistas com especialistas.

4. Modelagem e Resultados

A principal característica inovadora da tecnologia 3G é a transmissão de dados em alta velocidade, que permite fornecer um leque de novos serviços de interesse dos consumidores, sendo que os dois de maior destaque para os especialistas entrevistados seriam o serviço de vídeo-conferência e o fornecimento de acesso à internet banda larga móvel com velocidades semelhantes às soluções semelhantes

fixas. Este último foi enfatizado pelos entrevistados como a provável "*killer application*", que provavelmente será o grande foco das operadoras móveis com a tecnologia 3G. Por um lado o projeto de tecnologia 3G tem grande potencial de geração de receita, por outro apresenta grandes incertezas, dependendo de crescimento econômico continuado, preferências dos consumidores e concorrência no mercado. Um dos fatores que podem ameaçar esta geração de receitas da tecnologia 3G está associado aos possíveis novos entrantes baseados em tecnologia WIMAX, cuja licitação de frequência ainda está sendo discutida pela ANATEL. Esta nova tecnologia pode gerar impactos significativos sobre o setor de telecomunicações no Brasil, conforme discutido no estudo de mercado da empresa (Sullivan, 2006), que estima que a adoção da tecnologia possa reduzir o tráfego tradicional de pulsos locais em pelo menos 10% a 15% por ano.

Compreendido o contexto mercadológico onde o projeto está inserido, passou-se à montagem da avaliação por VPL estático propriamente dita, optando-se por considerar o leilão de lote da região 1 (RJ, ES, BA, SE). O horizonte temporal da análise foi de 15 anos, tempo de validade da licença.

Para permitir uma análise objetiva do valor da licença, considerou-se uma empresa teórica, porém desenhada de forma criteriosa, com dinâmica operacional e econômica baseada em informações públicas de duas operadoras de capital aberto focadas exclusivamente em telefonia móvel no mercado brasileiro na época da licitação, VIVO e TIM. Assumimos que esta operadora teórica já possuía operações de telefonia móvel em tecnologia 2G no ano da licitação com um *market share* de 30% nos mercados analisados, o que é muito próximo a duas das operadoras vencedoras do leilão, e que este *market share* se manteria para esta operadora ao longo do período do projeto. Outra característica desta operadora é não ter limitação atual de capacidade em seu espectro e, portanto, ter a opção de continuar fornecendo serviços de telefonia móvel, ao menos de voz e dados em 2G, à sua base atual de clientes, sem adquirir a nova licença. Esta premissa é importante, pois caso a operadora analisada possuísse limitações de capacidade no seu espectro atual, ela atribuiria valor maior à nova licença, que não seria decorrente apenas dos novos serviços com a tecnologia 3G, mas da capacidade de fornecer serviços de voz para uma base de clientes maior em um mercado que ainda possui tendências de crescimento.

A taxa utilizada para descontar os fluxos projetados buscou refletir o risco do setor em questão, sendo construída a partir de informações das empresas mencionadas anteriormente. Utilizou-se o custo de capital médio ponderado (*Weighted Average Capital Cost* – WACC), onde o custo de capital próprio foi construído com base no CAPM (*Capital Asset Pricing Model*), considerando as ações preferenciais da TIM e VIVO (porque apresentam liquidez consideravelmente superior às ações ordinárias) e o índice Ibovespa na determinação do Beta (dados obtidos na base de dados Economática). O valor adotado para o WACC foi de 13,92%, com base em uma taxa livre de risco de 7,12% referenciada à NTN-B (2024), um beta alavancado de 0,86 e um prêmio de risco de 8,66%.

Dado que a operadora analisada não tinha restrição de capacidade atual de espectro, os fluxos de caixa projetados para os primeiros anos do projeto são baseados apenas nas receitas provenientes dos novos serviços de dados. A operadora passa a receber receitas provenientes de serviços de voz apenas quando a quantidade de usuários 3G ultrapassa a sua base atual de clientes e apenas para os usuários novos, ou seja, a quantidade de usuários que ultrapassa sua base atual. A modelagem foi realizada desta forma para garantir que o VPL do projeto fosse baseado apenas nos fluxos de caixa incrementais gerados pelos novos serviços, já que a operadora poderia manter suas receitas de voz existentes sem adquirir a licença de exploração de serviços 3G. No VPL estático, a base de usuários 3G ultrapassa a de clientes atuais da operadora apenas no ano de 2015. Até então, são consideradas apenas receitas provenientes de serviços de dados 3G.

Para a projeção das receitas, foi necessário obter a quantidade de clientes 3G da operadora em cada ano, assim como sua receita média por cliente (ARPU, separado em receitas provenientes de serviços de voz e de dados). Essas duas variáveis foram projetadas com base em três parâmetros: a evolução da densidade total do mercado (linhas por habitantes), o ritmo de migração da base de clientes para a tecnologia 3G e o ARPU de usuários de 3G (receitas de voz e de dados).

O primeiro dos três parâmetros, a densidade total do mercado, permite deduzir a quantidade total de clientes da operadora em determinado ano. Com base nas projeções de população obtidas do IBGE e nesta densidade, calcula-se a quantidade total de clientes no mercado. Como o *market share* projetado permanece, por premissa, constante em 30%, obtendo a quantidade total de clientes no mercado pode-se deduzir a quantidade de clientes da operadora.

A densidade total do mercado nas regiões analisadas foi de 67,88% no ano de 2007, tendo crescido significativamente nos anos anteriores, em linha com o crescimento do mercado brasileiro de telefonia móvel. Nas discussões com especialistas, determinou-se que o provável comportamento futuro desta densidade seria um crescimento nos primeiros anos, seguido de uma estabilização nos anos seguintes, próxima a um valor semelhante ao que pode ser observado hoje em mercados mais evoluídos como alguns países da Europa, de cerca de 110%. Examinando essas estimativas, notou-se que este comportamento é similar a um Movimento de Reversão à Média – MRM. Sendo assim, foi adotado o processo de difusão de MRM conhecido como Ornstein-Uhlenbeck para modelar este parâmetro. No caso da avaliação de VPL estático, não foi considerada a parte estocástica do movimento.

O segundo parâmetro, a porcentagem de migração de clientes para 3G, permite obter a quantidade de clientes 3G da operadora em cada ano. Assumimos que os clientes que migrariam para 3G seriam os que já dispõem de serviços de telefonia móvel 2G e que a operadora apenas migraria uma parte de sua base para a nova tecnologia a cada ano. A porcentagem, de acordo com as entrevistas com especialistas, sairia do zero em 2007 e tenderia a atingir o nível de 100% até o final do projeto, crescendo de forma mais acelerada nos primeiros anos e se estabilizando

nos anos finais. Assim, optou-se por modelar este parâmetro também com um processo de reversão à média similar ao adotado para o primeiro parâmetro. Novamente, no caso da avaliação por VPL estático considerou-se apenas a primeira parte da equação.

Finalmente, o terceiro parâmetro, o ARPU dos usuários 3G, dividido em ARPU de voz e ARPU de dados, permite o cálculo da receita total de dados da operadora. Para a modelagem, assumimos que o ARPU de voz se manteria constante para todos os usuários, sendo considerado nas receitas do projeto a partir do momento em que a quantidade de usuários 3G ultrapassasse a quantidade atual de usuários 2G (e apenas para os novos usuários). O ARPU de dados foi projetado como tendo forte crescimento nos primeiros anos, decorrente da confiança dos entrevistados que os novos serviços oferecidos com base na tecnologia 3G aumentarão de forma significativa o tráfego e os preços médios dos serviços de dados. Nos anos posteriores, ainda de acordo com os entrevistados, ele tenderia a crescer de forma mais lenta, devido à estabilização dos níveis de uso em novos patamares e a entrada de usuários de renda mais baixa no mercado. Considerando as informações e projeções obtidas nas conversas com os entrevistados, obtiveram-se os diferentes crescimentos discretos e estes foram transformados em crescimentos contínuos.

Os custos de produtos e serviços vendidos, de vendas e administrativos foram estimados com base na composição e evolução desses itens nas duas empresas abertas analisadas, VIVO e TIM, ao longo dos últimos anos. Observou-se que os custos de produtos e serviços vendidos e de vendas eram compostos, em sua quase totalidade, de itens variáveis. Notou-se, também, que a participação percentual nas receitas brutas se mantinha razoavelmente constante ao longo dos últimos cinco anos, sendo, portanto, assumidos percentuais baseados nestes dados para estimar os custos da empresa genérica do estudo. Os gastos administrativos, apesar de compostos por itens que deveriam ter característica de fixos, evoluíram em linha com as receitas nos últimos anos. Como eles representavam menos de 5% da receita total, optou-se por considerá-los variáveis. Foram assumidos percentuais constantes para os impostos, tanto sobre a receita quanto sobre o lucro operacional.

Na projeção do custo de produtos e serviços vendidos foi necessário realizar um ajuste nos percentuais utilizados: um dos principais itens no caso do serviço de voz, o custo de interconexão, é totalmente variável e não ocorre no fornecimento de serviços de dados. Este custo foi retirado do percentual das receitas brutas utilizado para projetar os custos dos serviços de dados e considerado apenas proporcionalmente às receitas de voz, ou seja, passou a existir apenas quando o projeto considera receitas de voz e proporcionalmente a estas receitas.

Analisando as notas explicativas do balanço da VIVO e com base em informações das entrevistas, foram identificados três tipos de depreciação presentes nos demonstrativos de resultados das empresas do setor. A depreciação nos custos de produtos e serviços vendidos se refere à infra-estrutura de rede necessária à prestação de serviços pela operadora, sendo estimada com base nos investimentos

projetados para o projeto de 3G. A depreciação e amortização listadas nos custos de vendas se referem aos investimentos em aparelhos, tanto subsídios quanto comodatos. Esta foi considerada variável, já que aumenta com o aumento nas vendas de aparelhos, que são subsidiados. Finalmente, a depreciação presente nas despesas gerais e administrativas se refere à depreciação de imóveis e equipamentos utilizados na administração da operadora. Como se tratava de um valor baixo, menos de 2% no caso da VIVO, e vinha crescendo em linha com as receitas, consideramos também esta depreciação como variável.

Para os investimentos, foi usado um gasto total de instalação de uma ERB de tecnologia 3G de US$355 mil, seguindo Harmantzis e Tanguturi (2007). Uma parcela deste gasto poderia ser evitada no caso de *upgrades* de ERBs existentes, porém, como não foi obtida informação sobre a parcela exata deste gasto que poderia ser evitada, a quantia total foi utilizada para todas as ERBs 3G estimadas. Além dos investimentos em ERBs, existem diversos outros em infra-estrutura de rede que precisavam ser considerados, como centrais de comutação e controle e controladoras de estações de rádio base. No entanto, como não foi elaborado um estudo de engenharia aprofundado para quantificar a necessidade de investimentos, foi adotada como *proxy* uma relação entre investimentos em ERBs e investimentos totais para realizar o *overlay* da rede, estimada em 70%, com base em dados divulgados pela VIVO quando fez seu *overlay* de rede GSM. Consolidados os diversos itens de investimento, o total a ser investido no projeto alcançou R$ 1.667,6 milhões.

O valor do investimento é função do número total de ERBs. Para estabelecer a rede 3G nos padrões mínimos exigidos pelo edital, utilizou-se a relação de ERBs existentes nos estados analisados, fornecida pela ANATEL, assim como os dados do IBGE de habitantes por município, adotando-se o mesmo percentual das ERBs 2G existentes naquela área. Esta estimativa é conservadora, já que a rede 3G inicial será provavelmente menos densa que a atual rede 2G, que possui mais usuários. Para estimar as quantidades de ERBs necessárias para a densificação da rede, adotou-se a premissa de manutenção de uma quantidade de usuários total por ERB de aproximadamente 5,2 mil clientes, que estimamos ser a da VIVO e da TIM no final de 2007 para os estados analisados. Assim, a operadora efetuaria investimentos em densificação da rede na medida em que sua base fosse aumentando. Consideramos que estes investimentos ocorrem a cada quatro anos, com base na projeção de usuários que a operadora faz para os três anos seguintes.

Para estimar a necessidade de capital de giro, foi considerada a manutenção das necessidades atuais de capital para disponibilidades, contas a receber e estoques e subtraídas destas necessidades um nível de fornecedores a pagar similar ao atual. Estas premissas foram calculadas com base no fechamento das contas da VIVO em 2007. O valor-presente estático (VP_0) obtido através da análise tradicional do fluxo de caixa descontado do projeto foi de R$ 2.109,9 milhões. Vale ressaltar que esta avaliação busca determinar o valor presente da licença sem considerar qualquer flexibilidade gerencial que o projeto possa apresentar.

Após o cálculo do modelo estático, buscou-se modelar as incertezas, a fim de simular o comportamento de alguns parâmetros utilizados para a avaliação de opções reais. A construção da modelagem que define os comportamentos possíveis de tais parâmetros nos períodos projetados baseou-se nas entrevistas com profissionais atuantes do setor. As principais incertezas identificadas neste projeto foram resumidas em três variáveis principais, anteriormente mencionadas: crescimento da densidade (linhas/habitantes) nas regiões da licença, ritmo de migração para 3G e ARPU de dados dos usuários 3G.

Antes de passar à modelagem matemática propriamente dita, foram realizadas entrevistas com especialistas do setor para estimar os valores máximo, mínimo e esperado das distribuições de probabilidade, que assumimos serem triangulares, das variáveis incertas no ano de 2008, conforme pode ser observado na Tabela 2. A escolha da distribuição triangular se deve à maior facilidade de determinação dos seus parâmetros nas discussões com os especialistas, e porque outras distribuições mais comuns, como a distribuição normal, permitem valores negativos, o que é incompatível com as variáveis adotadas no caso.

Tabela 2
Estimativas de distribuições resultantes das entrevistas com especialistas

Conceito	Tipo de distribuição	Valor esperado	Valor mínimo	Valor máximo
Densidade total do mercado	Triangular	75%	65%	85%
% Migração para 3G	Triangular	20%	5%	25%
ARPU de dados da operadora	Triangular	R$ 4,00	R$ 3,50	R$ 5,50

As duas primeiras variáveis foram modeladas como um movimento de reversão à média, e a última incerteza (ARPU de dados dos usuários 3G) foi modelada como um Movimento Geométrico Browniano.

O processo de difusão de reversão à média de Ornstein-Uhlenbeck é representado por $dP = \eta(\bar{P} - P) + \sigma dz$, onde η é o fator de velocidade de reversão, $\bar{P}$ é a média de longo prazo, σ é a volatilidade do processo e $dz = \epsilon\sqrt{dt} \quad \epsilon \sim N(0,1)$ é o incremento de *Wiener* padrão. O Movimento Geométrico Browniano, por sua vez, tem a forma de $dS = \mu S dt + \sigma S dz$, onde μ e σ são respectivamente a taxa crescimento esperada e a volatilidade do processo.

Para cada uma das variáveis, foram feitos diversos testes de simulação, utilizando o software @Risk® na planilha Excel®, para obter parâmetros que melhor aproximassem os valores obtidos nas entrevistas. A Tabela 3 mostra os parâmetros finalmente utilizados na modelagem das incertezas para as três variáveis:

Tabela 3
Parâmetros da modelagem das variáveis de receita no modelo estocástico

Incerteza	Modelagem	Parâmetros da modelagem		
Crescimento da densidade (linhas/hab) nas regiões da licença	Reversão à média (Ornstein-Uhlenbeck)	Densidade inicial 2007:	67,88%	
		Densidade potencial 2022:	110%	
		Veloc. de reversão (η):	0.2	
		Volatilidade (σ):	0.025	
Ritmo de migração para 3G	Reversão à média (Ornstein-Uhlenbeck)	Base migrada em 2007:	0%	
		Base migrada em 2022:	110%	
		Veloc. de reversão (η):	0.2	
		Volatilidade (σ):	0.05	
ARPU de dados dos usuários 3G	Movimento geométrico Browniano	ARPU inicial em 2007:	R$ 3,00	
		Crescimento:	Discreto (α)	Contínuo (μ)
		2008	0.26670	0.23642
		2009 a 2010	0.73200	0.54928
		2011 a 2016	0.03000	0.02956
		2017 a 2022	0.01000	0.00995
		Volatilidade (σ)	0.25000	0.20517

A partir da modelagem destas variáveis, efetuaram-se simulações de Monte Carlo dos fluxos de caixa projetados, com o auxílio do software de simulação @Risk®, com 10.000 iterações. Estas simulações geraram conjuntos de fluxos de caixa futuros do projeto, a partir dos quais se determinou o valor pré-dividendo V_1 do projeto ao final do primeiro período. Conforme descrito na metodologia, determinando o retorno do projeto como $\tilde{v} = \ln(\tilde{V_1}/V_0)$ a simulação gera um conjunto de valores para os retornos da variável aleatória v, a partir do qual é possível computar a volatilidade do projeto σ, como o desvio padrão destes valores. A Tabela 4 mostra os resultados da simulação para $\tilde{v}$ e demais variáveis.

Tabela 4
Resultados da simulação de Monte Carlo

Nome	Min	Médio	Max	Desvio Padrão	5%	95%
v	**-0,400582**	**0,136766**	**0,859398**	**0,171269**	**-0,132327**	**0,429784**
Densidade total – 2008	0,655	0,763	0,859	0,025	0,722	0,804
% migração 3G – 2008	0,000	0,200	0,421	0,050	0,118	0,282
ARPU de dados dos usuários 3G – 2008	1,487	3,900	9,721	0,990	2,505	5,701
Densidade total – 2022	1,080	1,085	1,089	0,001	1,083	1,087
% migração 3G – 2022	0,956	0,965	0,975	0,002	0,961	0,968
ARPU de dados dos usuários 3G – 2022	4,471	11,723	29,220	2,976	7,531	17,139
VPL	-350,041	484,252	2526,962	348,078	-3,327	1115,129
VP0	1240,709	2155,206	4373,933	379,197	1622,451	2846,382

Com base nos resultados da simulação, estimou-se a volatilidade para o projeto $\sigma = 0.1713$. Tendo estimado o comportamento das principais variáveis, foi realizada a avaliação por opções reais, utilizando-se a ferramenta DPL® para modelar o projeto em tempo discreto, através de árvore de decisão com malha binomial, conforme proposto por (Cox et alii, 1979). Foram modelados inicialmente os retornos do ativo-base, ou seja, o projeto sem considerar as opções. A modelagem obtida para os quinze períodos de vigência da licença representa os movimentos possíveis previstos para o valor presente do projeto (VP_0). Vale ressaltar que este valor do VP_0 do projeto, de R$ 2.109,9 milhões, é exatamente o mesmo obtido pela análise de VPL estático, já que ainda não considera as opções do projeto.

Uma vez modelados os retornos do ativo básico e calculados os parâmetros a serem utilizados na árvore binomial, pode-se inserir as opções de flexibilidade representadas por nós de decisão. O valor do projeto considerando as opções pode, então, ser determinado utilizando-se probabilidades neutras a risco nos nós de incerteza da árvore binomial e a taxa livre de risco para descontar os fluxos resultantes.

No mapeamento das opções que o projeto oferece, foi possível identificar três elementos: opção de expandir, opção de abandonar e opção de estender o prazo da licença por mais 15 anos. A opção de expandir decorre do fato de o edital da licitação estipular apenas a cobertura mínima de municípios, podendo a operadora decidir ampliar a abrangência ou, principalmente, aumentar a densidade da cobertura nas áreas urbanas, no caso de haver demanda que justifique tais investimentos. A opção de abandono é associada ao fato de a operadora poder vender suas operações na área licitada para outras operadoras e a opção de extensão de prazo consta no texto do edital. Decidiu-se, no presente estudo, considerar apenas as duas primeiras opções, para permitir a comparação com a avaliação por VPL estático sem perpetuidade. Além destas opções, foi inicialmente considerada a opção de adiar os investimentos, que costuma existir em projetos desta natureza. No entanto, no edital o órgão regulador faz várias exigências de cobertura mínima com prazos reduzidos, existindo especificações de cobertura mínima bastante ampla já no final do segundo ano. Como a instalação de redes desta natureza demora entre seis meses e um ano, consideramos que a opção de esperar para investir não teria relevância neste projeto.

Na montagem da árvore com as opções optou-se por inseri-las a cada quatro anos, uma vez que elas representam decisões gerenciais determinadas por expectativas de longo prazo sobre o comportamento dos parâmetros utilizados na simulação. Esta modelagem é apresentada na Figura 1.

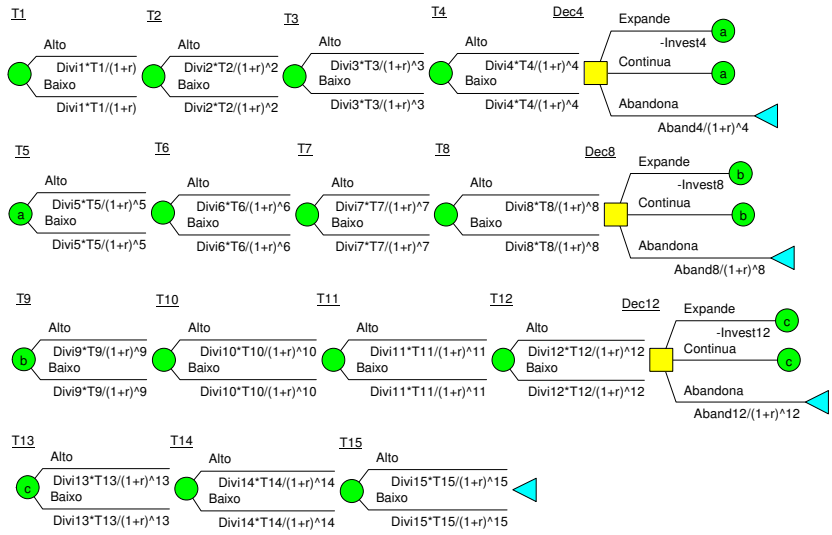

Figura 1
Modelagem da árvore binomial com as opções do projeto

Em cada um dos três momentos de decisão, a gestão do projeto tem três possíveis caminhos: expandir a capacidade da rede 3G através de um investimento em densificação de rede, continuar o projeto conforme o plano inicial e realizar os investimentos planejados, ou abandonar o projeto, vendendo a operação para um concorrente.

Uma das maiores dificuldades da presente pesquisa foi a parametrização de cada uma destas opções. De fato, não existem valores de referência para nenhuma delas e, portanto, a estimativa da equipe de gestão do projeto seria necessária para determinar estes valores. No caso desta pesquisa, estes parâmetros foram estimados pelos autores, conforme explicado a seguir.

Para as opções de expansão, foram definidos de forma exógena três níveis potenciais de fator de expansão decrescentes ao longo do projeto, à medida que a base de clientes cresce: 20%, 18% e 15%. Para cada um destes níveis, estimamos o investimento necessário, aproximadamente proporcional ao valor-presente dos investimentos totais ao longo do projeto, de R$ 1.667,5 milhões. No modelo desenvolvido, os investimentos já foram considerados com seus valores-presentes. Nas opções de abandono, considerou-se que a operação poderia ser vendida a um concorrente por aproximadamente metade do valor pré-dividendo ao final do ano da venda, calculado com base no valor determinístico. A Tabela 5 apresenta os parâmetros de cada decisão existente na árvore com opções representada na Figura 1.

Tabela 5
Parâmetros das opções para cada decisão

	Valor do investimento para expansão	Fator de Expansão	Valor de venda das operações
Decisão 4	R$ 335 M	20%	R$ 1.600 M
Decisão 8	R$ 300 M	18%	R$ 1.750 M
Decisão 12	R$ 250 M	15%	R$ 1.350 M

Valores em R$ milhões.

A Figura 2 mostra um trecho da árvore de decisão onde os caminhos em negrito apontam o rumo escolhido em cada nó. Assim, é possível verificar em que momentos as opções são exercidas, bem como o valor incremental trazido por tais flexibilidades.

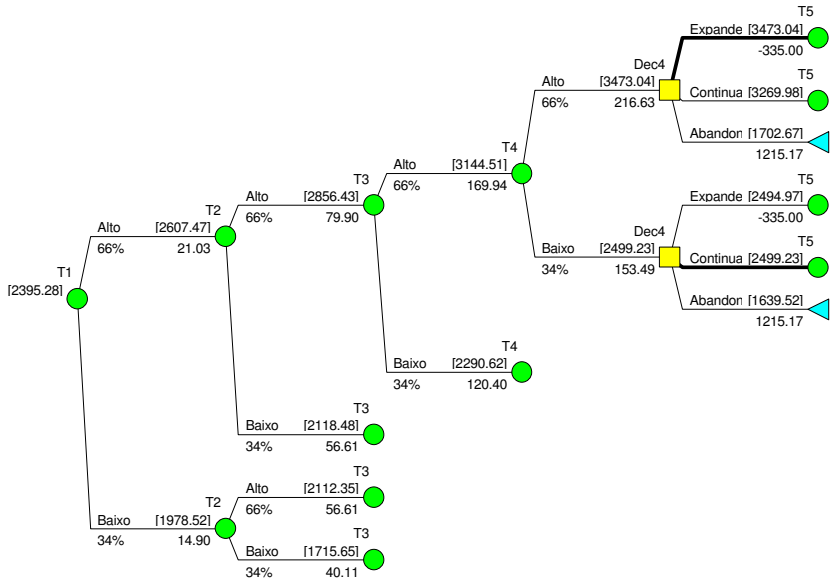

Figura 2
Resultado da modelagem do projeto com opções

O VP_0 do projeto considerando as opções é de R$ 2.395,3 milhões, contra um VP_0 de R$ 2.109,9 milhões obtido na avaliação estática de fluxos de caixa descontados, representando um acréscimo de 13,5% sobre o VP_0 inicial. Considerando o valor presente líquido, o acréscimo oriundo da consideração das opções reais contidas no projeto é de 64,5%, conforme representado na Figura 3.

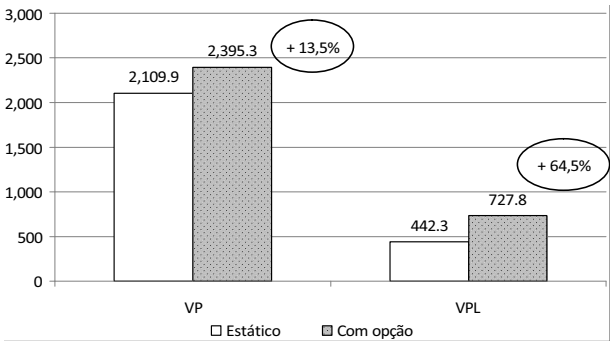

Figura 3
Comparação de VP_0 e VPL estáticos com VP_0 e VPL considerando opções

Comparando os valores das avaliações com os resultados da licitação, apresentados na Tabela 1, observa-se que o valor presente líquido obtido na avaliação tradicional, R$ 442,3 milhões, não justificaria o preço pago por três das operadoras pelas licenças da área, como mostra a Figura 4. Nela, pode-se observar, no eixo horizontal, o preço mínimo dos lotes 1 e 2, os valores pagos pelas empresas Oi, TIM e Claro e os VPLs correspondentes a cada um destes valores, tanto pelo VPL estático quanto por opções reais. Uma empresa que conseguisse comprar as licenças do lote 2 pelo preço mínimo de R$ 245,5 milhões, por exemplo, obteria um VPL de R$ 482 milhões considerando as opções existentes, embora a análise estática indique um VPL de R$ 197 milhões. Analisando apenas pelo VPL estático, o valor máximo que poderia ser ofertado é de R$ 442,3 milhões, valor este que está aquém dos lances vencedores da licitação. Considerando porem o valor das opções inerentes ao projeto, o valor máximo que poderia ser ofertado sobe para R$ 727,8 milhões, o que justificaria todas as ofertas das empresas vencedoras.

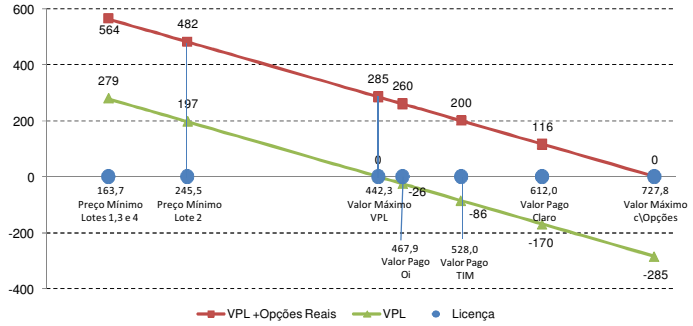

Figura 4
Comparação do VPL estático e com opções com os valores pagos pelos lotes na licitação (em R$ milhões)

5. Conclusão

Neste artigo verificou-se que avaliações que negligenciem as opções em projetos de investimento permeados de incertezas e com flexibilidades gerenciais para decisão, podem subestimar o valor do projeto. No caso examinado, a decisão sobre o lance máximo a oferecer poderia sofrer variação suficiente para alterar o resultado final do leilão de concessão.

O leilão utilizado para o estudo, que parecia feito sob medida para as quatro operadoras que já atuavam no mercado, uma vez que tinha quatro lotes de 3G para cada área geográfica, acabou contando com um fator surpresa: a participação de uma quinta empresa, fornecedora de um serviço semelhante e substituto, que participou dando lances em todos os lotes disponíveis, aumentando assim os valores pagos por eles. É interessante notar que, caso considerassem apenas o valor presente líquido estático do projeto, três das quatro vencedoras do lote analisado teriam destruído valor com sua decisão, já que pagaram mais pela licença do que o valor determinado pelo seu VPL estático.

Uma vez que as técnicas de avaliação por opções reais aqui utilizadas não parecem ser prática amplamente difundida no ambiente empresarial, é possível que diversas decisões que envolvam a estimação de um valor justo para projetos de investimento não considerem o valor agregado por eventuais opções e estejam, portanto, subestimando de forma sistemática o valor destes projetos.

É interessante notar que, ao longo das conversas com um dos profissionais da área, gestor da diretoria de estratégia de uma das operadoras, percebeu-se que estava bastante claro para ele que as flexibilidades existentes gerariam valor para o projeto. O gestor notou que a equipe que faz as análises de investimentos da empresa, apesar de não saber quantificar este valor, se referia a ele nas discussões para tomar decisões. Ele apontou que esta equipe percebe limitações nas análises de VPL atualmente feitas pela empresa, pois deixam de considerar o "valor estratégico" dos projetos analisados, que muitas vezes é superior ao valor do VPL simples. Projetos que permitiram à empresa penetrar em um segmento novo, com possível expansão futura, deveriam, segundo ele, ser avaliados levando em conta esse aspecto. Atualmente, a empresa os avalia apenas pelo que são inicialmente, correndo o risco de deixar de lado boas oportunidades de investimento. Acreditamos que estas colocações do executivo entrevistado ajudam a responder à pergunta secundária, pois a avaliação por opções reais levaria a empresa a considerar na análise quantitativa inicial o valor estratégico embutido no projeto.

A avaliação por opções reais também pode ajudar a empresa a tomar melhores decisões estratégicas, já que ela será obrigada a responder de antemão a perguntas como: "Por quanto posso vender este negócio, caso minhas expectativas de mercado não se realizem?" ou "Quanto será o fator de expansão e quais os investimentos necessários para expandir o negócio em certo período, caso haja elevação da demanda por este serviço?". Com base na árvore de decisão com as opções do projeto, poderá responder, também, a questões como: "Quais são os níveis de demanda que justificariam o exercício da opção de abandono ou da

opção de expansão?". A partir dessas considerações, a empresa poderá traçar um plano estratégico para o projeto e definir métricas para tomar decisões nos períodos seguintes, avaliando, a cada período, a conveniência de exercer as opções reais identificadas. Assim, acreditamos que a análise do valor da licença através da avaliação de opções reais pode ajudar qualitativamente a empresa na definição da sua estratégia para o projeto.

Essas questões não são exclusivas do projeto analisado neste trabalho, existindo em diversos projetos no setor de telecomunicações, não apenas em telefonia móvel como em seus outros segmentos. Sendo assim, acreditamos que a metodologia de avaliação por opções reais poderia ser empregada com êxito em diversas situações de decisões sobre projetos de investimento que as companhias de telecomunicações precisam tomar, tais como lançamento de novos produtos, investimentos em tecnologia, expansão ou *upgrade* de rede e abordagem de novos segmentos de clientes ou regiões geográficas.

Acreditamos que as barreiras existentes não são difíceis de superar nos próximos anos. Como apontado no corpo da pesquisa, o passo inicial para a aplicação do método de opções reais é uma avaliação por valor presente líquido, já realizada pela grande maioria das empresas para orientar decisões de investimento. Assim, o esforço incremental necessário para realizar a avaliação de opções reais do projeto é reduzido em comparação às contribuições que ela traz, tanto quantitativas quanto qualitativas.

Uma dificuldade normalmente associada à metodologia de opções reais diz respeito à comunicação dos resultados dentro da empresa, devido à barreira cultural e a complexidade matemática dos modelos utilizados. Julgamos que a metodologia de opções reais utilizada nesta pesquisa, graças à sua relativa simplicidade, pode ajudar a superar esta dificuldade, pois permite comunicar de forma intuitiva os principais passos do processo utilizado.

Uma sugestão de pesquisa futura seria equacionar a questão da evolução do *market share* através da introdução de uma dinâmica competitiva no modelo, que poderia ser modelada com base na teoria dos jogos. Seria interessante, também, verificar o impacto desta dinâmica competitiva nos preços praticados pelas empresas no mercado, estudando como eles se alteram na presença de maior número de competidores, principalmente quando eles estão na posição de exercer determinada opção para que outro não a exerça antes.

Referências

Alleman, J. (2002). A new view of telecommunications economics. *Telecommunications Policy*, 26:87–92.

Alleman, J. (2003). How should telecom companies be valued? Real options analysis could bring sanity back to stock prices. America´s Network. Available at `http://findarticles.com/p/articles/mi_m0DUJ/is_15_107/ai_109518433/`.

Alleman, J. & Noam, E. (1999). *The New Investment Theory and its Implications for Telecommunications Economics.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Anatel (2007). Edital da licitação nº 002/2007/SPV. Available at `http://www.anatel.gov.br`.

Ansari, S. & Garud, R. (2007). Inter-generational transitions in technological ecosystems: The case of mobile telephony. Unpublished Net Institute, Working Paper.

Brandão, L. E., Dyer, J. S., & Hahn, W. J. (2005a). Response to comments on brandao et al. (2005). *Decision Analysis*, 2:103–109.

Brandão, L. E., Dyer, J. S., & Hahn, W. J. (2005b). Using binomial decision trees to solve real-option valuation problems. *Decision Analysis*, 2:69–88.

Copeland, T. & Antikarov, V. (2002). *Opções Reais*. Editora Campus, São Paulo.

Cox, J. C., Ross, S. A., & Rubinstein, M. (1979). Option pricing: A simplified approach. *Journal of Financial Economics*, 7:229–263.

Economides, N. (1999). Real options and the costs of the local telecommunications network. In Alleman, J. & Noam, E., editors, *The New Investment Theory and its Implications for Telecommunications Economics*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Fiuza de Bragança, G., Rocha, K., & Rodrigues Moreira, R. H. (2007). Incertezas, opções reais e a nova orientação regulatória das operadoras de telefonia fixa brasileira: O mark-up sobre o custo de capital. Unpublished Texto para discussão IPEA, n. 1294.

Gavosto, A., Ponte, G. G., & Scaglioni, C. (2007). Investment in next generation networks and the role of regulation: A real option approach. SSRN eLibrary.

GSMA (2008). 20 facts for 20 years of mobile communications. Wireless Intelligence. Retrieved from `http://www.gsmtwenty.com/20facts.pdf`.

GSMA (2008). 3 billion GSM connections on the mobile planet – reports the GSMA. GSM World. Retrieved from `http://www.gsmworld.com/news/press_2008/press08_31.shtm`.

GSMA (2008). Mobile money transfer. Available at `http://216.239.213.7/mmt/`.

Haahtela, T. J. (2007). Separating ambiguity and volatility in cash flow simulation based volatility estimation. SSRN eLibrary.

Harmantzis, F. C. & Tanguturi, V. P. (2007). Investment decisions in the wireless industry applying real options. *Telecommunications Policy*, 31:107–123.

Harmantzis, F. C., Trigerogis, L., & Tanguturi, V. P. (2006). Flexible investment decisions in the telecommunications industry: Case applications using real options. Net Institute. Available at `http://www.netinst.org/NET_Working_Papers.html`.

Smith, J. E. (2005). Alternative approaches for solving real-options problems: (comment on brandão et al. 2005). *Decision Analysis*, 2:89–102.

Sullivan, F. . (2006). Network expansion and the necessity to streamline wireless transmissions to drive growth in the brazilian WiMax markets.

Tanguturi, V. P. & Harmantzis, F. C. (2006). Migration to 3G wireless broadband internet and real options: The case of an operator in India. *Telecommunications Policy*, 30:400–419.

Teixeira, D. M. D. S. (2007). Avaliação de licitação de espectros de radiofrequência para WiMAX: Uma abordagem por opções reais. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Turrettini, D. & Young, D. (2002). Evaluating the results of the UK 3G spectrum license auction – Does a real option approach make sense? Unpublished Working Paper.