

**insper** | IDMEC  
São Paulo

# Opções Reais Existentes em Empreendimentos de Tecnologia

Mariana dos Reis Paixão

Andrea Maria Accioly Fonseca  
Minardi

**Insper Working Paper**

WPE: 111/2008



Copyright Insper. Todos os direitos reservados.

É proibida a reprodução parcial ou integral do conteúdo deste documento por qualquer meio de distribuição, digital ou impresso, sem a expressa autorização do Insper ou de seu autor.

A reprodução para fins didáticos é permitida observando-se a citação completa do documento

## Opções Reais Existentes em Empreendimentos de Tecnologia

Mariana dos Reis Paixão (IBMEC Belo Horizonte)

Andrea Maria Accioly Fonseca Minardi (IBMEC São Paulo)

### Resumo

*Start-ups* de tecnologia são caracterizadas por uma grande parcela de ativos intangíveis, ambiente muito incerto e diversas flexibilidades gerenciais. As técnicas tradicionais de avaliação de projetos, como fluxo de caixa descontado, consideram que a gestão do projeto é passiva, e por isso não conseguem precificar as flexibilidades gerenciais, subavaliando *start-ups*. O objetivo deste trabalho é discutir opções reais existentes em investimentos tecnológicos e ilustrar com o caso da VoziP, nome fictício de uma *start-up* de tecnologia focada em comunicação multimídia em tempo real, como a Teoria de Opções pode ser aplicada para avaliar esse tipo de empreendimento. A avaliação das duas opções reais mais prováveis pelo modelo binomial aumentou o valor presente do empreendimento em mais que 13%. Esse projeto, entretanto, contém diversas outras opções de crescimento que podem aumentar consideravelmente o valor presente tradicional. A Teoria de Opções também permite identificar o momento ótimo de exercer as opções reais e avaliar qual estratégia de investimento criará opções de crescimento mais valiosas no futuro.

Palavras chave: opções reais, flexibilidades gerenciais, modelo binomial, avaliação de *start-ups*, opções de crescimento

### I. Introdução

Rajan e Zingales (2003) defendem que instituições financeiras são essenciais para o crescimento e desenvolvimento de países. Para ilustrar esse ponto de vista dão o exemplo do impacto positivo na economia de um fundo de capital empreendedor, no caso um *search fund*. *Search funds* e outras formas de capital empreendedor, como fundos de *venture capital* e *angels* são fontes de financiamento importantes para *start-ups* e pequenos negócios. Se estas *start-ups* sobreviverem, tornam-se empresas sólidas que criam empregos, produtos e recursos que dinamizam e enriquecem a economia do país.

Investimentos em *start-ups* são caracterizados por um percentual grande de ativos intangíveis, muita incerteza e muita flexibilidade gerencial. Enxergar quais são essas flexibilidades gerenciais e qual a melhor forma para explorá-las aumenta a vantagem competitiva de *start-ups*, e conseqüentemente a probabilidade de que sobrevivam e se tornem empresas sólidas. Também aumenta a atratividade desses empreendimentos para fundos de Capital Empreendedor, aumentando a probabilidade de que mais *start-ups* e pequenos negócios recebam financiamento deste tipo.

A Teoria de Opções é uma ferramenta estrategicamente interessante para aumentar a vantagem competitiva de *start-ups*. Permite avaliar analiticamente o valor das flexibilidades gerenciais, o melhor *timing* para exercer essas opções reais e testar diferentes desenhos de plataforma de negócios com diferentes opções de crescimento.

O objetivo deste trabalho é discutir opções de crescimento existentes em investimentos tecnológicos e ilustrar com um caso de uma *start-up* real como a Teoria de Opções pode ser

aplicada para avaliar esse tipo de empreendimento. A avaliação das duas opções mais prováveis aumentou o valor presente do empreendimento em mais que 13%, mas esse projeto contém diversas outras opções de crescimento que poderiam ser testadas com a abordagem de opções reais.

O restante do trabalho está estruturado como segue. Na seção II é feita uma revisão da literatura sobre o negócio de *start-ups* de tecnologia, as principais opções existentes, razões para serem avaliadas pela Teoria de Opções e trabalhos acadêmicos que precificam opções reais em projetos com ativos intangíveis. Na seção III é descrita a VoziP, nome fictício de uma *start-up* tecnológica focada em soluções para comunicação multimídia em tempo real. São identificadas diversas opções de crescimento mediante adoção de diferentes estratégias de investimento. Na seção IV as duas opções mais prováveis de serem adotadas são avaliadas por um modelo binomial, intuitivo e fácil de ser compreendido. Embora os dados sejam maquiados, o caso ilustra como a metodologia, além de precificar as flexibilidades gerenciais, indica o momento ótimo para adotá-las. Na seção V o trabalho é concluído.

## II. Revisão de Literatura do Negócio e Avaliação de Start-ups de Tecnologia

De acordo com Evans e Bishop (2001), empresas em fase de desenvolvimento possuem histórico limitado de informações, baixo faturamento e nenhum lucro operacional. O ambiente de negócios de *start-ups* é caracterizado por um alto nível de incerteza e muita volatilidade, pois os segmentos de mercado são novos ou emergentes, e não há modelos de negócios tradicionais que sirvam como referência ou indicadores de desempenho. Em *start-ups* de tecnologia, os bens tangíveis e o tamanho da empresa não são os principais valores do negócio. Quando a tecnologia é o principal bem da empresa, a maior parte do seu valor está relacionada com bens intangíveis, como as pessoas envolvidas na equipe de trabalho e a qualidade da inovação tecnológica.

Dundon (2002) classifica as inovações como (i) adaptativas: pequenas modificações para melhora de produtividade; ii) incremental: em melhorias de produtos e serviços já oferecidos no mercado; e iii) disruptiva ou radical: criação de um novo produto ou serviço. Quanto mais disruptiva for a inovação, maior é a incerteza sobre os fluxos de caixa futuros, pois o mercado ou serviço é totalmente novo e há muita incerteza relativa à aceitação pelo público consumidor. A aceitação das inovações pode ser grande, gerando elevadas receitas iniciais, com incrementos marginais decrescentes devido à entrada de novos concorrentes no mercado. Em contrapartida, este tipo de inovação pode não ser aceito pelo mercado, gerando uma perda dos recursos envolvidos no seu processo de desenvolvimento.

Como o sucesso das *start-ups* está grandemente relacionado com o *timing* do investimento e custos envolvidos em Pesquisa & Desenvolvimento, produção e marketing dos produtos e serviços, os *drivers* de valor a serem projetados devem ser bem selecionados. Para uma estimativa robusta do desempenho e valor da empresa é necessário definir de maneira plausível parâmetros de preço, volume, custos, investimentos em capital e o momento de ocorrência de cada uma destas variáveis. A tarefa de construir premissas plausíveis sobre valores e *timing* de *drivers* de valor não é simples em empresas tradicionais. O problema para *start-ups* se agrava de sobremaneira por inexistir no mercado empresas consolidadas similares com histórico de informações.

Com o intuito de resguardar os bens intangíveis da empresa é necessário haver uma forma de proteção legal para a tecnologia como o registro da propriedade intelectual, através de pedidos de patentes ou segredos industriais. Além disso, se a empresa for do segmento de biotecnologia e saúde, devem ser providenciadas as licenças necessárias de aprovação para a comercialização dos produtos e serviços junto aos órgãos reguladores responsáveis, como por exemplo, o FDA (*Food and Drug Administration*) nos Estados Unidos e a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) no Brasil. Se formas apropriadas de proteção não forem providenciadas, novos entrantes poderão se beneficiar da situação, produzindo produtos similares, resultando na conseqüente redução do valor da empresa no mercado. Estes fatores, segundo Day, Choemaker e Gunther (2003) fazem com que a volatilidade do valor de uma empresa de alta tecnologia seja maior comparativamente a uma empresa tradicional.

Santos (2005) considera que o maior foco para avaliação de empresas de alta tecnologia é entender a capacidade de geração de valor, de melhorar e/ou desenvolver novos produtos e de sustentar sua posição competitiva. Este entendimento permitirá estimar melhor os fluxos de caixa descontados e riscos da empresa. Por isso, sugere a realização de dois tipos de análise para se avaliar a proposição de uma empresa de inovação tecnológica: i) análise dos fatores internos da empresa, como por exemplo, qualidade da inovação tecnológica, adequação do modelo de negócios adotado e qualidade da equipe e ii) análise de fatores externos da empresa, como por exemplo, a oportunidade de mercado.

A análise interna é importante, dado que envolve dois fatores essenciais para o sucesso de uma empresa de alta tecnologia: a qualidade da própria tecnologia e a qualidade da equipe. Os pesquisadores devem possuir grande *expertise* científica e alguma experiência empreendedora, ou possuir parceiros que supram esta necessidade dentro da empresa. Normalmente, os executivos de *start-ups* de inovação tecnológica são os próprios cientistas, que possuem pouca ou nenhuma experiência gerencial. Desta forma, a adequação do modelo de negócios fica comprometida.

A análise externa é dificultada pela usual falta de informação dos segmentos de atuação destas empresas. A ausência de informação vai desde quem seriam os concorrentes diretos ou indiretos da empresa até em como eles estão relacionados com os grandes *players* do mercado.

Uma *start-up* de tecnologia está inserida num ambiente composto por vários riscos. Estes podem ser divididos, segundo Benaroch (2002) em riscos específicos da empresa, riscos do mercado competidor e riscos do segmento de mercado.

Os riscos da empresa são: (i) monetário – a *start-up* pode não possuir recursos financeiros suficientes para promover os investimentos necessários para realização de seus projetos; (ii) do projeto – o projeto traçado pelos empreendedores pode ser muito grande ou complexo para ser conquistado; (iii) funcionalidade – o projeto pode ser um trabalho de pesquisa interessante, mas os benefícios gerados podem não ser capturados; e (iv) organizacional – a execução do projeto pode ser lenta dependendo do perfil dos empreendedores envolvidos.

O risco relacionado ao mercado competidor é que os competidores potenciais podem desenvolver soluções parecidas com as da Empresa sem que ela tenha conhecimento disto ou podem promover o desenvolvimento de tecnologias mais avançadas a partir das já desenvolvidas pela *Start-up*.

Os riscos relacionados ao segmento de mercado são: (i) regulamentais – alguns órgãos reguladores podem impedir a comercialização dos produtos desenvolvidos; (ii) sistêmicos – a aplicação de Tecnologia da Informação pode modificar tanto o ambiente do mercado que os benefícios não são capturados; e (iii) tecnológico – a aplicação desenvolvida pode ficar obsoleta.

Existem diversas opções reais em *start-ups*, sendo algumas delas oriundas do negócio e outras desenvolvidas através de ações gerenciais. O entendimento das opções existentes, assim como uma boa gestão delas permite minimizar vários dos riscos existentes e aumentar o valor da empresa.

De acordo com Botteron e Casanova (2003), um investidor de *venture capital* pode pagar um valor inicial a uma *start-up*, garantindo a opção de realizar investimentos subsequentes dependendo do desempenho financeiro, gerencial e tecnológico da empresa. O valor desta opção pode ser calculado mediante estimativas de uma taxa de juros livre de risco, do valor da oportunidade em cada momento e das probabilidades de ocorrência de cada *payoff*. Gompers e Lerner (2000) consideram investir em etapas o controle mais poderoso que um fundo de *venture capital* pode empregar sobre os empreendedores. Quanto menor a duração de um rodada de financiamento, maior é o monitoramento do progresso do projeto e maior a necessidade dos empreendedores de fornecerem informações e prestar conta do projeto aos capitalistas. Além disso, ao investir em etapas, os capitalistas de risco mantêm viva a opção de abandonar um projeto que não tenha um bom desempenho, economizando parte do desembolso que seria feito se tudo fosse adiantado num primeiro momento.

Triantis e Borison (2001) identificaram numa pesquisa feita com empresas que adotam a Teoria de Opções em orçamento de capital que investimentos em infra-estrutura, como Tecnologia de Informação e *e-business* são muitas vezes enxergados como plataforma para novos negócios, e seu valor decorre em grande parte das opções de crescimento, sendo algumas delas exclusivas e outras compartilhadas com competidores. Enxergar quais são essas opções de crescimento pode auxiliar a desenhar o projeto hoje como uma plataforma mais adequada para explorar oportunidades futuras de negócio.

Outra opção freqüentemente avaliada para empresas nascentes de alta tecnologia é a de produtos patenteados. Estes produtos não geram lucros correntes, mas podem ser desenvolvidos e comercializados, por um período, apenas pela empresa geradora da patente ou para empresas que tiverem um acordo de uso para tal, recorrendo em pagamentos de *royalties*. Os investimentos também podem ser realizados numa escala piloto ou através de protótipo e, se eles forem aceitos, novos investimentos podem ser realizados através de *follow-up*.

Pode-se postergar o lançamento ou expansão da escala de produção de uma inovação tecnológica para coletar maiores informações sobre o mercado potencial para o produto e resolução de algumas incertezas. Porém, conforme exposto por Smit e Trigeorgis (2006), os empreendedores correm o risco da entrada de novos concorrentes. Neste caso é necessário escolher entre ser o primeiro a se mover ou manter a flexibilidade gerencial de postergar o lançamento ou o investimento no produto, dadas as condições de mercado.

O método do fluxo de caixa descontado assume que a gestão inicial do projeto será mantida até o final do projeto, e não consegue capturar o valor de flexibilidades gerenciais. Segundo Copeland e Antikarov (2001), o valor das flexibilidades gerenciais é muito elevado quando há muito espaço para flexibilidades gerenciais e a incerteza é muito alta. Como projetos de *start-up* são caracterizados por um ambiente de negócios com muita incerteza e muitas flexibilidades gerenciais, serão subavaliados de maneira significativa pela metodologia tradicional de fluxo de caixa descontado.

Trigeorgis (1993) considera que a Teoria de Opções é a técnica mais adequada para avaliar projetos com opções reais significativas. Para isso o projeto deve ser enxergado como uma coleção de opções reais, que devem ser avaliadas de maneira análoga a opções financeiras. O valor do projeto corresponde ao valor presente expandido, que é igual ao valor presente tradicional do projeto, isto é, sem as opções reais (estimado pelo fluxo de caixa tradicional) somado ao valor das opções reais existentes.

Existem diversos trabalhos acadêmicos que utilizam a abordagem de opções reais para avaliar projetos com uma parcela grande de ativos intangíveis. Santos e Pamplona (2002) modelam um projeto de P&D como opções reais compostas, com um estágio de teste e outro de comercialização. Schwartz e Zozaya-Gorostiza (2000) aplicam a teoria de opções para projetos de Tecnologia de Informação. Classificam os projetos de TI como de aquisição ou desenvolvimento, e constroem modelos para ambas as classes de projetos, considerando que os benefícios e custos são estocásticos. Benaroch (2002) analisa as várias formas de realizar um investimento em Tecnologia da Informação quando este envolve riscos e incertezas, utilizando séries diferentes de opções compostas. É apresentada a metodologia de gerenciamento dos riscos do investimento que auxilia na decisão de quais opções devem ser consideradas para balancear de forma ótima a relação risco-retorno. Botteron e Casanova (2003) desenvolvem um modelo de precificação de opções que possibilita determinar o valor de uma *start-up* e a flexibilidade de aquisição de *venture capitalists* quando o processo de investimento é dividido em fases. De acordo com os autores, o investimento em uma empresa *start-up* pode ser otimizado se ele for realizado em duas fases, sendo que a segunda pode ser modelada como um portfólio de opções de compra.

### III. VoziP, uma *start-up* de comunicação multimídia em tempo real

A VoziP S.A. é uma empresa *start-up* de inovação tecnológica, responsável por desenvolver soluções para comunicação multimídia em tempo real. Criada em 2001 por um grupo de pesquisa e desenvolvimento do setor de telecomunicações e computação é identificada como a única empresa na América Latina a possuir sua própria plataforma de desenvolvimento. O objetivo da empresa é, independente de qualquer componente ou *software* de terceiros, desenvolver aplicações para o mercado de comunicação multimídia, com foco em VoIP (*Voice over Internet Protocol*, ou em português Voz sobre Protocolo Internet). A sigla VoIP designa o segmento de tecnologia que permite transmitir voz em tempo real pela internet.

O setor de telecomunicações está passando por um processo de remodelagem e inovação devido ao avanço da tecnologia da informação, especialmente em VoIP. A partir da existência de uma rede para troca de dados em alta velocidade entre computadores de todo mundo e a custos baixos, o modelo tradicional de negócios de telefonia baseado em tarifas por localização geográfica fica defasado. A Goldman Sachs (2004) estimava que o avanço da tecnologia VoIP seria responsável pela perda, em 2005, de quase 5% de linhas das operadoras

de telefonia fixa nos Estados Unidos. Por estas razões, a estratégia da VoziP é a de se estabelecer como uma empresa brasileira fornecedora de aplicações de comunicação VoIP.

A tecnologia da Empresa está em sua plataforma própria, composta por uma série de módulos e ferramentas que viabilizam a transmissão de voz pela internet. A plataforma se utiliza para o estabelecimento de uma comunicação através da tecnologia VoIP de componentes tecnológicos distribuídos entre os seguintes tópicos: (i) Processamento de mídia – para que o áudio sofra o mínimo de degradação são aplicadas técnicas de processamento digital (codificadores de áudio); (ii) Transporte – nível responsável por transportar os pacotes de dados gerados pelo codificador em tempo real e na ordem em que foram produzidos; (iii) Sinalização – gerencia, identifica e localiza os pontos de comunicação; e (iv) Gerenciamento ou monitoramento – realiza um histórico de ligações para verificar o número de chamadas de um *call center*, quem realizou os atendimentos e para gerar estatísticas.

O principal produto da VoziP, já disponível comercialmente, é o Vox, que permite o atendimento ao cliente pelo sistema de som de computador, via internet para o segmento de *call-center/contact center*. Através do Vox, o cliente final pode acessar o *website* da empresa que ele precisa entrar em contato, dar um clique no *link* de atendimento pelo *browser* e falar, através do sistema de som do computador, com um atendente do *help desk*.

Os benefícios do Vox estão associados ao aumento da eficiência do canal eletrônico da empresa, especialmente para aquelas que possuem forte presença *online*, como as de comércio eletrônico, bancos, provedores de acesso à internet, dentre outros.

As principais vantagens tecnológicas da VoziP são: (i) independência de plataforma tecnológica – sistemas desenvolvidos a partir da plataforma própria funcionam em diferentes ambientes tecnológicos; (ii) compatibilidade com outros sistemas – uso de tecnologias mundialmente padronizadas, como por exemplo os protocolos de sinalização e transporte SIP e RTP, tornando a plataforma compatível com outros sistemas e equipamentos que utilizam estes padrões; (iii) acesso a redes corporativas que utilizam NAT (*Network Address Translation*), um sistema de endereçamento criado, dentre outras razões, para “economizar” endereços IP – a plataforma é capaz de estabelecer comunicação de voz entre usuários em redes com endereço IP virtual, mascarado por roteadores NAT; (iv) solução totalmente baseada em *software* – tem o custo de implantação reduzido e possui uma maior flexibilidade a customizações; (v) filosofia de desenvolvimento baseada em estrutura de componentes – otimiza a reutilização de código e diminui o tempo de desenvolvimento; e (vi) comunicação de voz ponto-a-ponto – dispensa servidor de voz, reduz os custos de infra-estrutura e largura de banda de manutenção do serviço da VoziP.

Atualmente, o desenvolvimento de tecnologias VoIP é liderado por empresas americanas e européias, que fornecem tecnologia para desenvolvedores de *softwares* e para fabricantes de equipamentos de telecomunicações em todo o mundo. No Brasil, não há empresas identificadas atuando nos quatro módulos citados anteriormente de tecnologia VoIP.

A estratégia da VoziP é a de fornecer tecnologias a parceiros para o desenvolvimento conjunto de aplicações de comunicação voltadas para os diferentes segmentos do mercado de comunicação multimídia, a partir da plataforma desenvolvida.

A plataforma própria da Empresa permite o desenvolvimento das seguintes aplicações: soluções para *call center*, comunicador, *e-learning* conferência, comunicação móvel,



*firmware* para hardware, telefones IP e *gateways*, serviços de longa distância e gerenciamento comunicador SIP. A VoziP optou por desenvolver uma aplicação direcionada para o segmento de *contact center*. O Vox representa uma prova de conceito da capacidade tecnológica da plataforma como também um posicionamento para a entrada no mercado. A segunda aplicação a ser desenvolvida provavelmente será o comunicador, dada a constante demanda das empresas por este produto. O comunicador é uma ferramenta para comunicação corporativa, com benefícios na redução de custo de comunicação entre funcionários, parceiros de cadeia produtiva e clientes.

Inicialmente, a Empresa desenvolveria as aplicações para *Call Center* e para o setor corporativo em geral, como o Comunicador. As outras possíveis aplicações seriam desenvolvidas junto a parceiros, porque cada aplicação vertical exige profundo conhecimento do mercado de atuação.

Os mercados-alvo da VoziP são assim definidos: (i) empresas privadas de *call centers*; (ii) clientes corporativos que necessitem de atendimento *online* por voz; (iii) empresas privadas que queiram utilizar a tecnologia VoIP para reduzir custos e aumentar sua interatividade e produtividade.

Para a comercialização do primeiro aplicativo desenvolvido, o Vox, foi criada uma política de vendas baseada em comissão de venda e *licenciamento OEM* com alguns revendedores selecionados nos dois principais nichos de atuação da Empresa: *e-commerce* e *help desk*. O modelo de comercialização adotado é o ASP (*Application Service Provider*), com cobrança de taxa de *setup* e assinatura mensal por ponto de atendimento ativo (PA). São também vendidos serviços de valor agregado como treinamento, suporte e customização gráfica.

A avaliação da Empresa, considerando estas opções do modelo de negócios (apenas a comercialização do Vox) e utilizando o método tradicional de avaliação, sugere um valor econômico potencial para a VoziP de R\$ 6,695 milhões, usando uma taxa de desconto dos fluxos de caixa de 35% e estimando o valor terminal dos fluxos no ano 5, com um múltiplo de 3x o EBITDA gerado pela Empresa naquele ano.

#### **IV. Avaliação da VoziP através da Teoria de Opções**

Os acionistas da VoziP são seus empreendedores e um fundo de *Venture Capital* que já aportou capital. Apesar de haver várias opções intrínsecas a uma nova injeção de capital por parte do fundo, serão analisadas apenas duas opções reais de grande relevância para os acionistas: (i) abandonar o projeto realizando uma venda para outro investidor estratégico por um valor estimado em R\$ 1,960 milhões; e (ii) realizar um investimento *follow-up* na Empresa aportando novos recursos (R\$ 600 mil) para sua internacionalização na América Latina.

Trigeorgis (1993) agrupa as ferramentas analíticas para avaliar opções reais em dois grandes grupos: (i) aquelas que aproximam o processo estocástico diretamente e são mais intuitivas e (ii) aquelas que tentam aproximar as equações diferenciais parciais.

Entre as ferramentas do primeiro grupo pode-se citar simulações de Monte Carlo, os modelos binomiais (como por exemplo utilizado em Rocha (2006) na avaliação de opções de acesso e tarifa de interconexão em telefonia fixa), as árvores quadrinomiais (como por

exemplo a utilizada por Brasil, Gonçalves e Sousa Neto (2006) na avaliação de opção de alternar entre produzir álcool ou açúcar em projetos sucroalcooleiros e o modelo binomial transformado logaritmicamente de Trigeorgis (1991) para avaliar opções múltiplas.

Exemplos de ferramenta do segundo grupo são o modelo Black&Scholes (1973), método de diferença finitas utilizado por Brennan e Schwartz (1985) na avaliação de minas, o modelo de Geske (1979) para avaliar opções compostas (adaptado para opções reais por Kemna (1993) para avaliar as opções compostas e utilizadas por Santos e Pamplona (2002) para avaliar um projeto de P&D), o modelo de Pyndick (1993) utilizado por Schwartz e Zozaya-Gorostiza (2000) para considerar o comportamento estocástico dos benefícios e custos dos projetos de IT.

Neste trabalho foi utilizada a abordagem binomial sugerida por Copeland e Antikarov (2001), que considera que o ativo-objeto é o Valor Presente obtido por uma análise de fluxo de caixa tradicional, sem considerar as flexibilidades gerenciais.

#### **IV.1. Modelagem da Árvore de Eventos do Ativo-Objeto**

Para modelar o comportamento do valor do ativo-objeto no tempo é necessário montar uma árvore de eventos do Valor Presente tradicional. O primeiro passo para traçar esta árvore é estimar o valor do ativo-objeto através de técnicas tradicionais de avaliação, como o fluxo de caixa descontado. O segundo passo consiste em estimar a volatilidade das taxas de retorno do valor presente do ativo. Como a VoziP não tem ações negociadas em bolsa de valores, não é possível observar a volatilidade dos retornos de seu projeto. Por isso foi adotada a sugestão de Copeland e Antikarov (2001), segundo a qual é possível estimar a volatilidade do projeto através da simulação de Monte Carlo.

O modelo binomial foi desenvolvido por Cox, Ross e Rubinstein (1979). Parte da premissa de que o valor do ativo objeto se move em cada período de tempo com um fator de subida  $u$  ou com um fator de descida  $d$ , com uma probabilidade  $q$  e  $(1-q)$  respectivamente. No momento zero (2005 no caso da VoziP), o valor presente do projeto é  $V_0$ . No período  $t=1$  ano (2006) esse valor poderá ser  $V_0 \times u$  ou  $V_0 \times d$ . No período  $t=2$  anos (2007), esse valor poderá ser  $V_0 \times u \times u$ ,  $V_0 \times u \times d$ ,  $V_0 \times d \times u$  e  $V_0 \times d \times d$ . Se for assumido que a distribuição de valores presente do ativo se comporta de acordo com uma distribuição lognormal, o fator  $u$  e  $d$  relacionam-se à volatilidade do projeto de acordo com as equações (1) e (2).

$$u = e^{\sigma\sqrt{t}} \tag{1}$$

$$d = \frac{1}{u} \tag{2}$$

Onde:

$u$  = fator de subida do preço do ativo objeto

$d$  = fator de descida do preço do ativo objeto

$e$  = base do logaritmo natural

$\sigma$  = volatilidade dos retornos do ativo objeto

$t$  = tempo medido em anos

Como  $d=1/u$ , tem-se que  $V_0 \times u \times d = V_0 \times d \times u = V_0$ , e portanto, no momento  $t=2$  (2007), o valor presente do projeto poderá ser  $V_0 \times u \times u$ ,  $V_0$  e  $V_0 \times d \times d$ .

No caso da VoziP, considerando as projeções financeiras realizadas para o cálculo do VP tradicional apresentado, o valor presente do projeto foi estimado em R\$ 6,695 milhões e a taxa de volatilidade das taxas de retorno em 44,98%. As principais incertezas consideradas para essa estimativa foram a taxa de desconto utilizada, o número de clientes atendidos de cada tipo (pequeno, médio e grande) de acordo com a quantidade de PAs, a taxa de crescimento deste número de clientes, o preço da mensalidade do serviço prestado e o valor das despesas operacionais da empresa. Os parâmetros  $u$  e  $d$  foram estimados em 1,5680 e 0,6378 respectivamente em  $t_0$ .

É preciso considerar o efeito dos dividendos. Assume-se que os fluxos de caixa gerados não são reinvestidos no projeto, e são recebidos pelos acionistas como dividendos. A taxa de dividendo, ou *dividend yield* ( $\delta$ ), foi calculada em todos os anos das projeções dividindo-se o fluxo de caixa do ano pelo valor presente do projeto naquele ano. A Tabela 1 mostra os *dividend yields* estimados para cada um dos anos.

Tabela 1 – *Dividend Yield* da VoziP (valores em R\$ milhões)

	2006	2007	2008	2009
<b>Fluxo caixa</b>	278	1,424	3,136	5,079
<b>VP projeto</b>	9,038	12,432	13,886	19,592
<b>dividend yield</b>	3.08%	11.45%	22.58%	25.92%

Para se considerar o efeito dividendo, adotou-se a metodologia descrita em Hull (2000) e Copeland e Antikarov (2001), segundo a qual o valor presente do projeto cresce a um fator  $u \times (1-\delta)$  e desce a um fator  $d \times (1-\delta)$ , sendo  $\delta$  o *dividend yield* do ano em questão. A Figura 1 mostra a árvore de eventos estimada para o Valor Presente da VoziP após o pagamento de dividendos.

Figura 1- Árvore de Eventos VoziP após o pagamento de dividendos (valores em R\$ milhões)

2005	2006	2007	2008	2009
				19,918
			17,148	
		14,127		8,101
	10,175		6,975	
6,695		5,746		3,295
	4,138		2,837	
		2,337		1,340
			1,154	
				545

Foi construída também uma árvore de eventos que considera o valor presente da VoziP a cada nó antes do pagamento de dividendos. O valor do projeto em cada nó corresponde ao valor do nó da árvore depois do efeito dividendo dividido por  $1-\delta$ . Isso

equivale ao Valor Presente do Projeto após a distribuição de dividendos somado ao dividendo distribuído ou fluxo de caixa gerado no ano.

Figura 2 - Árvore de Eventos VoziP antes do pagamento de dividendos (valores em R\$ milhões)

2005	2006	2007	2008	2009
				26,888
			22,151	
		15,954		10,936
	10,498		9,009	
6,695		6,489		4,448
	4,270		3,664	
		2,639		1,809
			1,490	
				736

A diferença entre os nós das árvores de evento retratadas nas Figuras 1 e 2 corresponde ao fluxo de caixa gerado no ano  $t$  no estado  $n$ . Por exemplo, o fluxo de caixa em 2006 no melhor estado de preço do ativo-objeto é igual, em R\$ mil, a  $10.498 - 10.175 = 323$ , que corresponde ao *dividend yield* de 2006 sobre o VP do projeto do mesmo ano antes do pagamento de dividendos.

## IV.2. Modelagem das Árvores de Decisão

A árvore de eventos modela o conjunto de valores que o ativo objeto pode assumir ao longo do tempo, de acordo com uma distribuição binomial. É a base para o desenvolvimento das árvores de decisão que permitirão avaliar as opções reais e o momento ótimo para exercê-las.

As opções reais, de maneira análoga a opções financeiras, são descontadas em um mundo neutro ao risco (Trigeorgis (1993)). O que viabiliza descontar opções num mundo neutro ao risco é a possibilidade de se montar uma carteira livre de risco formada pela opção e o ativo-objeto. De acordo com Mason e Merton (1985) e Kasanen e Trigeorgis (1993), mesmo que o ativo-objeto não seja negociado no mercado, é possível descontar opções num ambiente neutro ao risco. Segundo os autores, se o mercado for suficientemente completo é possível encontrar um ativo gêmeo negociado no mercado com as mesmas características do ativo-objeto não negociado.

Neste caso a avaliação não depende da probabilidade real de ocorrência dos eventos  $q$ , mas da probabilidade neutra ao risco  $p$ , que corresponderia à probabilidade  $q$  de subida do preço do ativo se o investidor exigisse como remuneração a taxa de juros livre de risco. Cox, Ross e Rubinstein (1979) demonstram que a probabilidade neutra ao risco do preço do ativo-objeto subir pode ser obtida pela seguinte equação (3).

$$p = \frac{R - d}{u - d} \tag{3}$$

Onde:

$p$  = probabilidade neutra ao risco do preço do ativo subir com o fator  $u$

$R = 1 +$  taxa de juros do ativo livre de risco

$d$  = fator de descida do preço do ativo objeto

$u$  = fator de subida do preço do ativo objeto

Considerou-se a taxa de retorno da caderneta de poupança como a taxa de juros do ativo livre de risco, ou seja, 9% a.a. em 2005. Inserindo-se os dados de  $u$  e  $d$  da VoziP na equação (3) estimou-se uma probabilidade neutra ao risco de subida de 0,4862.

#### IV.2.1 Avaliação da Opção de Abandono

O fundo de Venture Capital possui a opção de abandonar o investimento na VoziP por um valor estimado de R\$1,960 milhões (venda para um estratégico). Considera-se que essa opção é válida até 2009 e que após esse período esse comprador estratégico perde o interesse pela VoziP.

Os nós da árvore de decisão são estimados de trás para frente. A construção da árvore inicia-se em 2009 comparando-se em cada estado de 2009 o valor de abandono: R\$1,960 milhões com o valor de manter a empresa operacional, que é obtido na árvore de eventos antes do efeito dividendos. Por exemplo, o valor presente mais baixo possível para a VoziP na Figura 2 em 2009 é R\$736 mil. Na árvore de decisão da opção de abandono o nó correspondente será em R\$ mil máximo(1.960; 736) = 1.960, pois a opção de abandono será exercida. Todos os valores da VoziP em 2009 da Figura 3 foram obtidos desta maneira.

Os valores em cada um dos nós para os anos de 2008, 2007, 2006 e 2005 na árvore de decisão correspondem ao máximo entre abandonar a VoziP por R\$1,960 milhões ou mantê-la operacional. A equação (4) formaliza a estimativa em todos os nós.

$$V_{n,t} = \text{máximo} \left( \text{abandonar}; \frac{pV_{nu,t+1} + (1-p)V_{nd,t+1}}{R} + (V_{n,t,\text{antes\_dividendos}} - V_{n,t,\text{após\_dividendos}}) \right) \quad (4)$$

Onde:

$V_{n,t}$  = valor presente expandido no estado  $n$  do ano  $t$

$V_{n,u,t+1}$  = valor presente expandido (estimado na árvore de decisão da Figura 3) no nó em  $t+1$  gerado a partir do estado  $n$  no período  $t$  se o preço do ativo-objeto subir com o fator  $u*(1-\delta)$

$V_{n,d,t+1}$  = valor presente expandido (estimado na árvore de decisão da Figura 3) no nó em  $t+1$  gerado a partir do estado  $n$  no período  $t$  se o preço do ativo-objeto cair com o fator  $d*(1-\delta)$

$V_{n,t,\text{antes\_dividendos}}$  = valor presente tradicional antes do pagamento de dividendos (Figura 2) no estado  $n$  do período  $t$ .

$V_{n,t,\text{após\_dividendos}}$  = valor presente tradicional após pagamento de dividendos (Figura 1) no estado  $n$  do período  $t$ .

Para exemplificar, considere o nó referente ao segundo pior estado em 2008 na Figura 3 (o segundo em 2008 de baixo para cima). Ele foi estimado em R\$3,735 milhões conforme a equação (5).

$$\text{máximo}\left(1.960; \frac{0,4862 \times 4.448 + (1 - 0,4862) \times 1.960}{1,09} + (3.664 - 2.837)\right) =$$

$$= \text{máximo}(1.960; 2.908 + 827) = \text{máximo}(1.960; 3.735) = 3.735 \quad (5)$$

Nesse estado a decisão ótima é manter a VoziP operacional. Aplicando-se esta metodologia de maneira recursiva a todos estados em todos períodos até 2005, obtém-se o valor presente expandido com a opção de abandono em 2005 de R\$ 6,801 milhões. A opção de abandono gera um valor de R\$ 89 mil (R\$ 6,784 milhões – R\$ 6,695 milhões). Só é ótimo exercer a opção de abandono nos dois piores estados em 2009.

Figura 3 - Árvore de Decisões - Opção Abandono (valores em R\$ milhões)

2005	2006	2007	2008	2009
				26,888
			22,151	
		15,954		10,936
	10,514		9,009	
6,784		6,523		4,448
	4,443		3,735	
		2,975		1,960
			2,135	
				1,960

### IV.2.3. Avaliação da Opção de Expansão

O Fundo de investimento possui também a opção de expandir o valor presente da VoziP, através de um investimento *follow-up* na Empresa. Com novo aporte de capital de R\$600 mil é possível estender a venda do produto (apenas comercialização do Vox) para alguns países da América Latina, o que implicaria em aumentar os fluxos de caixa futuros em 20% ou não aportar mais capital para a internacionalização e manter o foco da Empresa para sua expansão no mercado nacional, através do desenvolvimento de outros aplicativos e conquista de novos clientes. Como existe uma possibilidade grande do fundo de Venture Capital vender sua participação na VoziP em 2009, considerou-se que a opção de expandir para o fundo deixe de existir a partir de 2009.

Começa-se a construção da árvore de decisão da opção de expansão em 2009. O valor de cada nó em 2009 é determinado como sendo VP tradicional antes da distribuição de dividendos somado ao máximo (não expandir; expandir). A árvore de eventos ilustrada na Figura 2 mostra as estimativas de Valor Presente tradicional antes do pagamento de dividendos para cada um dos nós de 2009. A não expansão vale zero, pois não acarreta novos fluxos de caixa. O Valor Presente apenas da expansão é igual a  $0,2 \times$  VP tradicional após efeito dividendo – Investimento necessário para a expansão. Os valores do VP tradicional após efeito dividendos para cada um dos nós foram obtidos da Figura 1.

Para exemplificar a estimação dos valores da árvore de decisão ilustrada na Figura 4 considere o nó correspondente ao melhor estado em 2009. O valor deste nó em R\$ mil foi

estimado como  $26.888 + \text{máximo}(0; 0,2 \times 19.918 - 600) = 26.888 + \text{máximo}(0; 3.384) = 26.888 + 3.384 = 30.272$ . É ótimo exercer a opção de expansão nesse estado. Os nós nos outros estados de 2009 da Figura 4 foram estimados de maneira análoga, utilizando dados da Figura 2 e Figura 1.

Os nós da árvore de decisão correspondentes aos anos de 2008, 2007, 2006 e 2005 foram estimados como máximo (expandir agora, esperar). Os valores para expandir agora e esperar são estimados pelo sistema de equações em (6).

$$VP_{\text{expandir agora}} = VP_{\text{tradicional antes de dividendos}} + (0,2 * VP_{\text{tradicional após dividendos}} - \text{Investimento}_{\text{expansão}})$$

$$V_{\text{esperar},n,t} = \frac{pV_{nu,t+1} + (1-p)V_{nd,t+1}}{R} + (V_{n,t,\text{antes\_dividendos}} - V_{n,t,\text{após\_dividendos}}) \quad (6)$$

Para exemplificar, considere o nó do melhor estado em 2008 da Figura 4. Ele foi estimado em R\$ mil como sendo o máximo (VP expandir agora; VP esperar para expandir) de acordo com as equações a seguir.

$$VP_{\text{expandir agora}} = 22.151 + (0,2 \times 17.148 - 600) = 24.980$$

$$V_{\text{esperar}} = \frac{0,4862 \times 30.272 + (1 - 0,4862) \times 11.957}{1,09} + (22.151 - 17.148) = 24.141$$

$$VP_{n,t} = \text{máximo}(24.980; 24.141) = 24.980 \text{ (expandir agora)}$$

O valor presente expandido no melhor estado em 2008 é R\$24,980 milhões e a melhor decisão é expandir nesse estado e não postergar a decisão de expandir o investimento. Os outros nós da Figura 4 foram estimados da mesma maneira.

Figura 4 - Árvore de Decisões - Opção de Expansão (valores em R\$ milhões)

	2005	2006	2007	2008	2009
					30,272
				24,980	
			18,179		11,957
		11,933		9,804	
7,453			7,038		4,507
		4,520		3,691	
			2,651		1,809
				1,490	
					736

O VP expandido com a opção de crescimento resultante dessa metodologia recursiva é igual a R\$ 7,453 milhões, e a opção de crescimento deve ser adotada já em 2006 caso o valor presente tradicional suba com o fator u em relação a 2005. De acordo com os cálculos realizados, ao se subtrair do VP expandido o VP tradicional, o valor da opção de expansão - internacionalização para a América Latina é de R\$ 758 mil.

#### IV.2.4. Avaliação do Valor Expandido com as Opções de Expansão e Abandono

As opções de expansão e de abandono são complementares, e por isso é possível estimar que o valor conjunto das duas opções seja igual à soma dos dois valores, conforme calculado na equação (7) a seguir. Se houvesse interação entre as duas opções reais, seria necessário montar uma árvore de decisão conjunta das duas opções (Copeland e Antikarov (2001)) ou o modelo binomial com transformação logarítmica (Trigeorgis (1991)), pois o valor conjunto das duas opções seria menor que a soma dos valores individuais.

$VP \text{ Expandido} = VP \text{ Tradicional} + VP \text{ Opção de Abandono} + VP \text{ da Opção de Expansão} \text{ (7)}$

O valor expandido da VoziP com as opções de abandono e expansão estimado pela equação (7) resulta em R\$ 7,542 milhões, ou seja, maior em aproximadamente 13% do valor tradicional. Como existem diversas outras opções para a VoziP, pode-se perceber que o valor expandido pode ser bem superior ao tradicional. Isso ilustra que as *Start-ups*, que tipicamente possuem grande incerteza e muita flexibilidade gerencial, serão subavaliadas pela metodologia de fluxo de caixa tradicional.

Além disso, a metodologia adotada permite verificar que o momento ótimo de exercer a opção de expansão pode ser já em 2006 se o cenário for positivo, e que só será ótimo abandonar o projeto em 2009 nos dois piores cenários. Isso tem um grande valor estratégico, pois o timing da tomada de decisão é muito importante para a criação de valor de projetos de *start-ups*.

## V. Conclusão

Projetos de investimento em tecnologias emergentes apresentam flexibilidades gerenciais significativas e um valor intangível intrínseco muito grande, principalmente se forem provenientes de inovações disruptivas. As limitações da análise financeira tradicional na avaliação destes tipos de investimentos têm sido amplamente reconhecidas, e a análise da VoziP através da Teoria de Opções confirmou essa limitação.

A inclusão na avaliação tradicional apenas das opções reais mais plausíveis e possíveis de serem adotadas incrementou o valor da empresa em mais que 13%. O valor da VoziP pode ser bem superior a esse, pois sua plataforma contém diversas outras opções de crescimento, como por exemplo as que podem surgir com o desenvolvimento de um comunicador. Quando o objeto de avaliação possui inovações incrementais e disruptivas, como é o caso analisado, os ambientes altamente incertos e de rápida mudanças trazem limitações às avaliações tradicionais. Um bom projeto e com muitas opções de crescimento pode ser descartado se avaliado pelo fluxo de caixa descontado.

A abordagem de Teoria das opções, conforme demonstrado para a VoziP, consegue capturar o valor das opções reais e identificar o melhor momento de exercê-las. Isso pode ser um instrumento gerencial muito útil, tanto para a tomada de decisão, quanto para a avaliação de desempenho da gestão do projeto.

A maior vantagem da teoria de opções, entretanto, consiste em permitir diferentes desenhos de plataforma, que gerarão diferentes opções de crescimento, pois permite avaliar economicamente as diferentes alternativas. Como o investimento é irreversível e tem impacto significativo no desempenho futuro da empresa, estrategicamente é muito interessante



enxergar como diferentes alternativas de desenho do projeto criam diferentes flexibilidades gerenciais para o futuro. Desta maneira é possível comparar diferentes alternativas e selecionar a que poderá criar maior flexibilidade gerencial futura, e conseqüentemente aumentar a vantagem competitiva e probabilidade de sucesso do projeto.

No caso da VoziP não foi levado em conta que a opção de expansão é compartilhada com a concorrência. Uma alternativa para isso seria utilizar Teoria de Jogos em conjunto com Teoria de Opções, conforme sugerido por Smit e Trigeorgis (2006).

#### Referências bibliográficas

- BENAROCH, M. Managing Information Technology Investment Risk: A Real Options Perspective. **Journal of Management Information Systems**, 2002.
- BLACK, E. & MIRON, S. The pricing of Options and Corporate Liabilities. **Journal of Political Economy** 81, p 637-659, 1973.
- BOTTERON, P.; CASANOVA, J. **Start-ups Defined as Portfolios of Embedded Options**. Switzerland, 2003
- BRASIL, H. G., GONÇALVES, D. S. & SOUSA NETO, J. A.. “Avaliação de Projeto Sucroalcooleiro com o uso de Opção de Conversão”. **VI Encontro Brasileiro de Finanças**, Vitória (Espírito Santo), 2006.
- BRENNAN, E. & SCHWARTZ, E.S. Evaluating Natural Resource Investments. **Journal of Business**. Vol. 58. N. 5, p. 135-157, 1985.
- COPELAND, T. & ANTIKAROV, V. **Real Options: a Practitioner’s Guide**. RNova York. Texere. 2001.
- COPELAND, T. e TRUFANO, P. A Real-World Way to Manage Real Options. **Harvard Business Review**, v.82, n.3, p. 90-99, 2004.
- COX, J.C.; ROSS, S.A. & RUBINSTEIN, M. Option Pricing: a Simplified Approach. **Journal of Financial Economics**. v.7. p. 229-263. 1979.
- DAY, G.; SCHOEMAKER, P.; GUNTHER, R. **Gestão de Tecnologias Emergentes: a visão da Wharton School**. Porto Alegre: Bookman, 2003. p. 121 – 124 e 241 – 256.
- DUNDON, E. **The Seeds of Innovation: cultivating the synergy that fosters new ideas**. Estados Unidos: AMACOM, 2002. p. 9 – 13.
- EVANS, F.; BISHOP, D. **Valuation for M&A: building value in private companies**. Estados Unidos: John Wiley and Sons, Inc., 2001. p. 235-252.
- GESKE, R. The valuation of Compound Options. **Journal of Financial Economics**. Vo. 7, p. 63-81, 1979.
- GOLDMAN SACHS, *Telecom Services, Wireline/Broadband*, April 16<sup>th</sup>, 2004
- GOMPERS, P. e LERNER, J. **The Venture Capital Cycle**. The MIT Press, Cambridge, MA, 2000.
- HULL, J.C. **Option, Future and Other Derivatives**. 4a. ed. Upper Saddke /river, NJ. Prentice Hall, 2000.
- KASANEN, e & TRIGEORGIS, L. A market utility approach to investment valuation. **European Journal of Operational Research**. 1993. (special Issue on Financial Modelling).
- KEMMA, A. Case Studies in Real Options. **Financial Management**. v. 22, n. 3, p. 259-270, 1993.
- MASON, S.P. & MERTON, R.C. The role of contingent claims analysis in corporate finance. In: ALTMAN, E. & SUBRAHMANYAM, M (Ed.). **Recent advances in corporate Finance**. Homewwod: Richard D. Irwin, 1975. p. 7-54.

- PINDYCK, R.S. Investments of Uncertain Costs. **Journal of Financial Economics**. V. 34, p. 53-76, 1993.
- RAJAN, R.R. & ZINGALES, L. **Saving Capitalism from the Capitalists: Unleashing the power of financial markets to create wealth and spread opportunities** (2003)
- ROCHA, K. Ensaio sobre Opções Reais. Tese de doutorado. **Depto de Engenharia Industrial, PUC Rio**. 2006.
- SANTOS, L. **Apresentação Fundo Novorum**. In: Fórum de Capital de Risco da Finep, 2005, São Paulo.
- SANTOS, E. & PAMPLONA, E. **Teoria das Opções Reais: Aplicação em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)**. In: 2º Encontro Brasileiro de Finanças do Ibmecc, 2002, Rio de Janeiro.
- SCHWARTZ, E. & ZOZAYA-GOROSTIZA, C. **Valuation of Information Technology Investments as Real Options**. Los Angeles: Anderson Graduate School of Management, 2000. paper 6'00.
- SMIT, H. T. J. & TRIGEORGIS, L. "Real options and games: Competition, alliances and other applications of valuation and strategy". **Review of Financial Economics**, v. 15, n.2, p. 95-112, 2006.
- TRIAANTIS, A. & BORISON, A. Real Options: State of the Practice. **Journal of Applied Corporate Finance**, vol. 14, n.2, p. 8-24, 2001.
- TRIGEORGIS, L. Real Options and Interactions with Financial Flexibility. **Financial Management**, v.22, n.3, p. 202-224, 1993.
- TRIGEORGIS, L. A log-transformed binomial numerical analysis method for valuing complex multi-option investments. **Journal of Financial and Quantitative Analysis** p. 309-326. Set. 1991.