

A DECISÃO ÓTIMA DE ABANDONO DO INVESTIMENTO EM UMA LAVOURA DE CAFÉ, NA REGIÃO DE FRANCA, CONSIDERANDO OS IMPACTOS DO CICLO PRODUTIVO

THE OPTIMAL DECISION OF INVESTMENT ABANDONMENT IN A COFFEE PLANTATION
IN THE REGION OF FRANCA CONSIDERING PRODUCTION CYCLE IMPACTS

Celso Ricardo **NOGUEIRA**

Mestrando pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (Administração)
celsrn@osite.com.br

Maurício K. **SATO**

Mestre pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (Administração)
mauricioks@hotmail.com

Diógenes M. L. **MARTÍN**

Prof. Dr. Da Universidade Presbiteriana Mackenzie (Administração)
diomartin@mackenzie.com.br

Leonardo Fernando Cruz **BASSO**

Prof. Dr. Da Universidade Presbiteriana Mackenzie (administração)
leonardobasso@mackenzie.com.br

Herbert **KIMURA**

Prof. Dr. (FEA-USP) é professor do mestrado e doutorado da Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)
hkimura@mackenzie.com.br

Resumo

O presente trabalho busca analisar a decisão de abandono de investimento em uma lavoura de café, na região de Franca, sob a ótica da moderna teoria de finanças. A análise foi feita utilizando-se a Teoria de Opções Reais (TOR), considerando as peculiaridades do ciclo produtivo da commodity. A decisão ótima de abandono representa a escolha entre exercer ou não uma opção, visando a maximizar a riqueza do proprietário. Para resolver o problema, utilizaram-se o modelo binomial de precificação de opções e a técnica de programação dinâmica. Como resultados, foram identificados o valor da opção de abandono e a fronteira ótima de seu exercício, considerando ou não os ciclos produtivos, além de uma análise de sensibilidade dos fatores que influenciaram o valor da opção. Os resultados empíricos obtidos para o valor de abandono e a fronteira ótima de exercício da opção de abandono corresponderam às previsões teóricas do modelo. A análise de sensibilidade foi realizada para se verificar a influência que cada variável causa no valor da opção. A análise de sensibilidade, de maneira geral, também corroborou as previsões teóricas do modelo.

Palavras-chave: Análise de investimentos – Opções Reais – Gestão de Risco.

Abstract

The present work aims to analyze the decision to abandon investments in a coffee plantation located in the region of Franca (state of São Paulo), in the light of the modern finance theory. The analysis was carried out using the Real Options Theory (ROT), considering the peculiarities of the commodity's production cycle. The optimal abandonment decision represents the choice between undertaking an option or not, aiming to maximize the owner's wealth. To solve the problem, the binomial option pricing model and the dynamic programming technique were used. As a result, the value of the abandonment option and the optimal frontier of its undertaking were identified, either considering the production cycles or not. In addition, a sensitivity analysis of the factors that influenced the option value was carried out. The empirical results obtained for the abandonment value and the optimal frontier of undertaking the abandonment option corresponded to the model's theoretical forecasts. The sensitivity analysis was conducted to verify the influence of each variable on the option value. The sensitivity analysis, generally speaking, also corroborated the model's theoretical forecasts.

Key-words: Investment Analysis – Real Options – Risk Management.

Introdução

Uma opção representa o direito de escolha após a revelação de novas informações. Em termos corporativos, estas escolhas são conseqüências das incertezas que, por sua vez, derivam de fontes externas e internas, podendo ser divididas em categorias como dinâmica de mercado, incertezas políticas ou regulatórias, capacidades organizacionais, conhecimento e evolução do mercado competitivo (BRACH, 2003).

Um dos grandes saltos ocorridos no desenvolvimento da teoria de opções foi a publicação do artigo de Black; Scholes (1973), sugerindo um modelo capaz de precificar uma opção de compra. O modelo de Black;Scholes tornou-se a base dos modelos de avaliação de opções financeiras. Com a disseminação deste modelo e suas variantes, Myers (1977) pioneiramente relacionou os conceitos de opções financeiras e investimentos reais, denominando o termo “Opções Reais”. Myers argumentou que a avaliação de oportunidades de investimentos, utilizando a abordagem tradicional baseada em Fluxo de Caixa Descontado (FCD), tal como o Valor Presente Líquido (VPL), ignora o valor do surgimento de opções em projetos de investimentos sob risco e incerteza. Além disso, os investimentos que não se pagam imediatamente, mas deixam bases importantes para crescimento futuro não são reconhecidos através destas análises (MYERS, 1987).

O objetivo deste trabalho é analisar a decisão de abandono de investimento em uma lavoura de café, na região de Franca, sob a ótica da moderna teoria de finanças. A análise foi elaborada utilizando-se a Teoria de Opções Reais (TOR). A decisão ótima de abandono representa a escolha entre exercer ou não uma opção, buscando maximizar a riqueza do proprietário. Para resolver este problema, utilizaram-se o modelo binomial de precificação de opções financeiras e a técnica de programação dinâmica. Como resultado, foram obtidos o valor da opção de abandono do investimento e a fronteira ótima de exercício desta opção, além de uma análise de sensibilidade dos fatores que influenciaram o valor da opção.

A capacidade de valorizar as possibilidades apresentadas em um investimento é o que torna a TOR uma técnica de avaliação mais sofisticada que o VPL. Com a identificação das determinantes do valor das opções, e uma vez que as opções sejam adquiridas, é possível determinar as possíveis ações que aumentem o valor das opções (ALLEMAN; RAPPAPORT, 2002).

1 Revisão Bibliográfica

1.1 A Opção de Abandonar Segundo a Teoria de Opções Reais

A opção de abandono é uma das opções de maior facilidade de compreensão por parte dos gestores na tomada de decisão. Apesar disto, o seu valor muitas vezes não é calculado para a avaliação do projeto. Usualmente ela é considerada somente no momento inicial de tomada de decisão, ou nos momentos de avaliação operacional, caso as condições do ambiente ou a geração de resultados estejam aquém do programado ou previsto. No universo das opções reais, entretanto, a opção de abandono tem uma vida dinâmica e acompanha a vida do projeto. Segundo Brealey; Myers (1998), a opção de abandono de um projeto proporciona um seguro parcial contra o fracasso do projeto. A valorização da opção significa o reconhecimento do valor da flexibilidade da gestão sobre o projeto.

Na década de 60, Robichek; Van Horne (1967) publicaram um artigo reconhecendo a importância de se lidar com a oportunidade de abandono, defendendo a sua inclusão sob a forma condicional na previsão dos fluxos utilizados para calcular o VPL do projeto. Em sua proposta inicial, Robichek e Van Horne sugeriram que um projeto deveria ser abandonado no momento em que o valor da opção de abandono fosse maior que o valor presente do fluxo de caixa futuro, descontado à taxa de custo do capital. Já na época de sua publicação, esse artigo produziu alguma discussão, sendo corrigido ao final por Dyl e Long (1969), que sugeriram que a regra de abandono deveria ser aquela que produzisse uma maximização do resultado, seja,

VPL com abandono e sem abandono. Segundo Dyl; Long (1969), não somente a decisão de abandonar, mas o melhor momento de abandono deveria ser avaliado, pois a simples regra de avaliar o momento em que o valor da opção de abandono fosse maior que o valor presente do fluxo de caixa futuro poderia não representar uma decisão ótima. Em alguns casos, aguardar um melhor momento para exercer a opção de abandono poderia maximizar o resultado. Com isto, Robichek; Van Horne (1969) modificaram sua abordagem inicial para incluir a proposição de Dyl e Long.

O artigo de Robichek; Van Horne foi novamente comentado por Schwab; Lusztig (1972), onde se argumentou que, mesmo que o VPL futuro fosse maior que o valor de abandono ótimo para todo o horizonte projetado, haveria condições onde economicamente o projeto deveria ser abandonado, como quando da existência de um novo projeto substituto. Apesar da sua repercussão acadêmica, os artigos não resultaram em uma utilização prática. Bonini (1977), para encontrar a solução do mesmo problema proposto por Robichek; Van Horne, utilizou a metodologia de Programação Dinâmica.

A solução do problema utilizando os conceitos de precificação de opções financeiras foi proposta inicialmente por Kensinger (1980), que apresentou um trabalho aplicando o modelo de Black; Scholes modificado. Entretanto, a utilização prática do modelo era limitada, pois sugeria que a opção só poderia ser exercida na sua data de maturação. Myers; Majd (1991) procederam a uma melhora da aproximação de valorização da opção de Kensinger, tratando a opção de abandono como uma opção de venda americana, a qual poderia ser exercida em qualquer momento da duração da opção. De modo alternativo, Sachdeva; Vanderberg (1993) desenvolveram a avaliação da opção de abandono através da técnica de análise binomial de valorização de opções, incluindo o tempo ótimo para abandono na avaliação.

Outro importante trabalho tratando da opção de abandono foi o de Berger; Ofek; Swary (1996). O estudo procurou evidências empíricas do valor da

opção de abandono, através da verificação do valor de liquidação contábil. Segundo os autores, a TOR sugere que o valor da opção de abandono tem um acréscimo maior quando o ativo é menos especializado, porque está menos correlacionado com o VPL. Quando o VPL do projeto sofre um impacto negativo, o ativo especializado sofrerá o mesmo impacto no seu valor.

Em trabalhos mais recentes, Biekpe; Klumpes; Tippett (2001) analisam o processo de investimento e abandono através da análise de investimentos em pesquisa e desenvolvimento, e Clark; Rousseau (2002) enfatizam a opção de abandono de projetos em andamento.

No Brasil, Marreco (2001) analisou a utilização da TOR para a avaliação do exercício da opção de abandono de poços de petróleo. Outras aplicações foram: (a) Petróleo: Dias (1996), Dezen (2001), Batista (2002) e Ruffeil Neto (2002); (b) Energia: Castro (2000) e Gomes (2002); (c) Telecomunicações: Berredo (2001) e Harckbart (2001); (d) Rodovias: Brandão (2002); (e) Aeronáutica: Salles (2002); (f) Varejo: Padilha (2003), e; (g) Agronegócios: Figueiredo Neto (2003), Sato (2004).

1.2 Otimização Dinâmica sob Incerteza

Ao agregar o valor da flexibilidade gerencial na análise, a TOR assume que em diferentes estágios futuros, dependendo das condições de mercado, deverão ser tomadas decisões para que ocorra uma maximização de valor ou a minimização de perdas. Isto se reflete igualmente nas decisões tomadas hoje, pois elas afetam as expectativas de fluxos futuros. Portanto, a modelagem matemática da decisão de investimento deve ser capaz de lidar com as contingências futuras.

Segundo Dixit; Pindyck (1994), a otimização dinâmica sob incerteza pode ser resolvida, principalmente, de duas maneiras: programação dinâmica e análise de ativos contingentes. As duas técnicas apresentam semelhanças entre si e podem apresentar o mesmo resultado em algumas aplicações.

Entretanto, as duas técnicas assumem premissas distintas a respeito dos mercados financeiros e das taxas de descontos dos fluxos futuros.

A programação dinâmica é particularmente útil nas análises sob condições de incerteza. Ela quebra toda a seqüência de decisões em apenas duas componentes: a decisão imediata e uma função de valoração que engloba o valor de todas as demais decisões subseqüentes, iniciando com a posição que resulta da decisão imediata. A análise é feita do fim para o início, avaliando dois estágios por vez: o estágio observado, que é a decisão imediata, e o estágio subseqüente, que é representado pela função de valoração, ou valor de continuidade. Como o último estágio não possui um estágio posterior, ele pode ser analisado através de uma metodologia tradicional de otimização estática. A solução deste último estágio pode assim servir como valor de continuidade para o penúltimo estágio. Com a decisão imediata do penúltimo estágio, mais a função de valoração do estágio subseqüente (último), a solução do penúltimo estágio é calculada, que por sua vez será utilizada como função de valoração para o estágio anterior e assim sucessivamente, até chegar ao primeiro estágio.

1.3 Programação Dinâmica e Parada Ótima do Valor do Projeto de Investimento

Um caso particular da programação dinâmica é o caso de um investimento em operação, mas com a possibilidade de abandono e encerramento das atividades. A continuidade da operação possibilita a geração tanto de lucros como de prejuízos, e o seu encerramento significa, além da descontinuidade

do próprio fluxo do projeto, um valor residual ocasionado por eventuais despesas de encerramento (trabalhistas, tributárias, previdenciárias, ambientais, etc.), bem como algumas receitas (venda de equipamentos, matéria-prima e insumos não utilizados, entre outras).

Essa possibilidade de continuidade ou o abandono do investimento representa uma escolha binária em cada período. O abandono cessa o investimento. A continuidade possibilita uma nova escolha no próximo período.

Seja $\delta(x)$, o lucro continuado de um investimento e $\tilde{U}(x)$, o resultado residual do abandono do investimento. A escolha entre parar e continuar é representada pela variável de controle u_t . A cada período, a firma deverá escolher as variáveis de controle u_t que irão gerar um lucro $\delta_t(x_t, u_t)$. No período seguinte ($t + 1$), tem-se o estado x_{t+1} . A decisão ótima leva a $F_{t+1}(x_{t+1})$ e ao seu valor esperado $\mathbb{E}[F_{t+1}(x_{t+1})]$, que é chamado de valor de continuidade. O valor atual da soma do lucro mais o valor de continuidade será

$$\pi(x_t, u_t) + \frac{1}{(1 + \rho)} \mathbb{E}_t [F_{t+1}(x_{t+1})]$$

O problema de otimização consiste em encontrar o conjunto de controles u_t que maximize a esta expressão.

O resultado leva à equação fundamental da otimalidade de Bellman, também conhecida como equação de Hamilton-Jacobi-Bellman (conhecida assim pelos matemáticos devido à grande similaridade dessa abordagem com aquela formulada por Hamilton-Jacobi na teoria de controle ótimo).

$$F_t(x_t, u_t) = \max_{u_t} \left\{ \delta(x_t, u_t), \pi(x_t, u_t) + \frac{1}{(1 + \rho)} \mathbb{E}[F(x') | x] \right\} \quad (1)$$

Onde:

$\delta(x)$ = o resultado instantâneo do investimento

$\tilde{U}(x)$ = valor de abandono do investimento

$\frac{1}{(1 + \rho)} \mathbb{E}[F(x') | x]$ = valor presente dos lucros futuros

x = preço do produto

A função retorno-ótimo, caracterizada pelo estado $F_t(x_t)$, consiste em um vetor no qual a ordem é o número de estados viáveis para cada estágio. Assim, a dimensão F pode variar de estágio para estágio.

O procedimento geral de solução do problema de programação dinâmica consiste na avaliação recursiva da função de retorno ótimo. Inicia-se com a avaliação de $F_T(x_T)$. Em seguida, são avaliadas as funções para os pontos imediatamente anteriores. O vetor de estado ótimo é aquele que, após essas avaliações recursivas, proporcionar o $F_t(x_t)$ máximo.

Para uma determinada faixa de valores de x , o máximo será dado pelo lado direito da função de máximo da Equação 1. Da mesma forma, para alguns outros valores de x , o lado direito poderá se tornar negativo, tornando o abandono a decisão que maximiza a equação.

Duas condições específicas irão prover a consistência adequada para que a decisão de abandono não seja alternada por uma decisão de continuidade, o que não teria sentido prático. Na primeira, considerando $x > x^*$, para o caso em que é ótimo manter a operação, equivale dizer que o lado direito do máximo Equação 1 é maior que \bar{U} , portanto, a relação expressa na Equação 2 deverá ser maior quanto maior o valor de x .

$$\pi(x) + (1 + \rho)^{-1} \varepsilon [F(x') | x] - \Omega(x) \quad (2)$$

A segunda condição é que nenhuma vantagem poderá ser revertida no futuro próximo. Para tanto, é necessário que exista correlação no processo estocástico de evolução de x , o que é tecnicamente conhecido como dominância estocástica de primeira ordem (MARRECO, 2001). Segundo Dixit; Pindyck (1994), se os períodos de x crescem, a distribuição condicional $\bar{U}(x'|x)$ dos valores x' dos próximos períodos deve dar um peso maior para valores maiores, isto é, devem se mover em todos os pontos à direita.

1.4 Erros Comuns na Avaliação de Opções Reais em Projetos de Investimento

Fernández (2002) aponta alguns erros e dificuldades comuns na análise de projetos ou valoração de empresas por meio de opções reais. São eles: (a) assumir que a opção é replicável e aplicar a fórmula de Black; Scholes; (b) a estimativa de volatilidade ser arbitrária e possuir efeito decisivo no valor da opção; (c) não é apropriado descontar os valores esperados dos fluxos de caixa pela taxa livre de risco (como feito implicitamente quando se usa o modelo Black; Scholes), porque a incerteza de custos e receitas na data de exercício pode ser maior ou menor do que a estimativa de hoje; (d) nem sempre se sabe o preço exato de exercício; (e) acreditar que o valor da opção aumenta quando as taxas de juros aumentam, e; (f) valorar contratos como opções reais quando na verdade não o são.

Copeland; Antikarov (2002) sinalizam outros problemas, como presumir incorretamente que a volatilidade do ativo subjacente sujeito a risco é igual à de alguns de seus componentes. Por exemplo, suponha-se a estimativa da volatilidade de uma mina de ouro. O ativo subjacente sujeito a risco, nesta análise, é o valor da mina sem flexibilidade. Não seria de todo correto utilizar a volatilidade do preço do ouro como aproximação da volatilidade do valor da mina de ouro, pois outros muitos fatores afetam sua volatilidade; quantidade de ouro da jazida, custos de extração e taxa de juros são alguns exemplos, além dos custos fixos. Outro problema seria complicar em excesso a análise com um número demasiado de incertezas ou inúmeras opções. Em geral, a maior parte da volatilidade pode ser atribuída a duas ou três fontes de incerteza, e o conjunto de opções realistas pode, ao menos no curto prazo, ser reduzido a algumas poucas.

Assim como Fernández (2002), Copeland; Antikarov (2002) chamam a atenção para o fato de que muitos daqueles que aplicam opções reais, na prática, cometem o erro de tentar usar a fórmula de Black; Scholes como uma aproximação de modelos mais gerais. A fórmula de Black; Scholes tem um modelo alicerçado em hipóteses muito restritivas. Trata-se de uma opção européia, que só pode ser exercida no vencimento, além de pressupor uma única fonte de incerteza que se mantém estacionária ao longo do tempo – variância constante, bem como o preço de exercício.

Copeland; Antikarov (2002) lembram que muitas vezes surgem dúvidas quanto à extensão temporal da grade aplicada à opção real. A solução se baseia no fato de que as opções têm um risco mais elevado do que o ativo subjacente sujeito a risco do qual depende. Em consequência, o valor dos seus fluxos de caixa (executados de modo ótimo), esperados que estão razoavelmente longe no tempo, é descontado por um fator de valor presente, que rapidamente se aproxima de zero. Uma regra prática a ser considerada é a de ignorar opções que se estendem por mais de quinze anos, exceto quando os fluxos de caixa futuros dos anos mais afastados tenham peso muito relevante.

2 Metodologia

2.1 Valor do Investimento Segundo a Metodologia Tradicional e a TOR

Para a construção do fluxo de caixa da lavoura, foram utilizados dados do informativo Agriannual 2003 (AGRIANUAL, 2003), que representa o

fluxo de caixa médio esperado por hectare em uma lavoura na região de Franca, utilizando técnicas tradicionais de cultura. Isto representa uma cultura com um adensamento de 4.464 plantas por hectare e espaçamento de 3,20m x 0,70m. Foram utilizados valores médios de preços de insumos, materiais, mão-de-obra, maquinários etc., sem considerar encargos financeiros sobre o custeio e nem sobre os investimentos. As receitas foram calculadas pela multiplicação da produção esperada para cada ano (20 sacas para o ano 3 e 40 sacas para os demais anos) pelo preço médio informado pelo CEPEA (2005) para o período 2002/2003. A estimativa de vida útil produtiva da cultura é de 18 anos, a partir de sua implantação. Não foram considerados fatores de incerteza anormais como fatores climáticos (geadas, secas prolongadas), pragas, etc.

A demonstração básica do fluxo financeiro em bases atualizadas de uma lavoura de café foi obtida com dados do Agriannual 2003 e pode ser sumarizada da seguinte forma:

Tabela 1 - Fluxo Financeiro – Lavoura Tradicional de Café da Região de Franca

	Implantação		Produção		
	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5 a 18
Receitas	0	0	3.062	6.124	85.736
Custos Variáveis	0	0	-1.170	-2.446	-34.244
Margem Bruta de Contribuição	0	0	1.892	3.678	51.492
Custos Fixos	-380	-380	-3.453	-3.035	-42.490
Investimento	-3.140	-2.469	0	0	0
Resultado	-3.520	-2.849	-1.561	643	9.002

Fonte: AGRIANUAL (2003)

O investimento considerado representa os dois primeiros anos da lavoura, onde as principais despesas são compostas pelo plantio e manutenção da cultura. A partir do terceiro ano, a lavoura começa a produzir. Nesta fase, além da manutenção da cultura, ocorrem despesas de colheita e preparação para comercialização.

Os valores apresentados representam o fluxo de cada ano, considerando valores atuais. Assim, o

resultado de \$ 1.715 representa o VPL do investimento.

$VPL = \text{Somatória dos Fluxos de Caixa Atualizados a } 6\% \text{ a.a.}$

$VPL = -3.520 - 2.849 - 1.561 + 643 + 9.002 = 1.715$

O valor presente do investimento com a flexibilidade de abandono é R\$ 33.423. O valor da opção de abandono é a diferença entre o valor do investimento

segundo a TOR e o valor do investimento segundo a metodologia tradicional:

Opção de abandono = investimento com flexibilidade – investimento sem flexibilidade.

Opção de abandono = 33.423 – 1.715 = R\$ 31.708.

O valor da opção de abandono pode ser considerado alto, mas a elevada volatilidade dos preços pode explicar o fato. Como a lavoura utilizada possui um custo fixo e um custo variável sem correlação com o preço do café, a volatilidade nos preços faz com que os retornos variem bastante, tanto para cima, quanto para baixo. Nas ramificações de preços para baixo, os custos podem superar em muito as receitas. Nestes casos, os prejuízos podem ser relativamente grandes. A possibilidade de abandonar a lavoura em casos,

onde os preços praticados estejam tão baixos, que uma eventual recuperação nos preços futuros não tenha a capacidade de recuperar as perdas já ocorridas, faz com que a tomada da decisão em um momento ótimo possua um alto valor.

2.2 Fronteira de Exercício Ótimo da Opção de Abandono

Para cada ano, foram calculados os preços que tornariam o exercício da opção indiferente (conforme Equação 1), obtendo-se os valores contidos na Tabela 2, definindo assim, a curva de exercício ótimo.

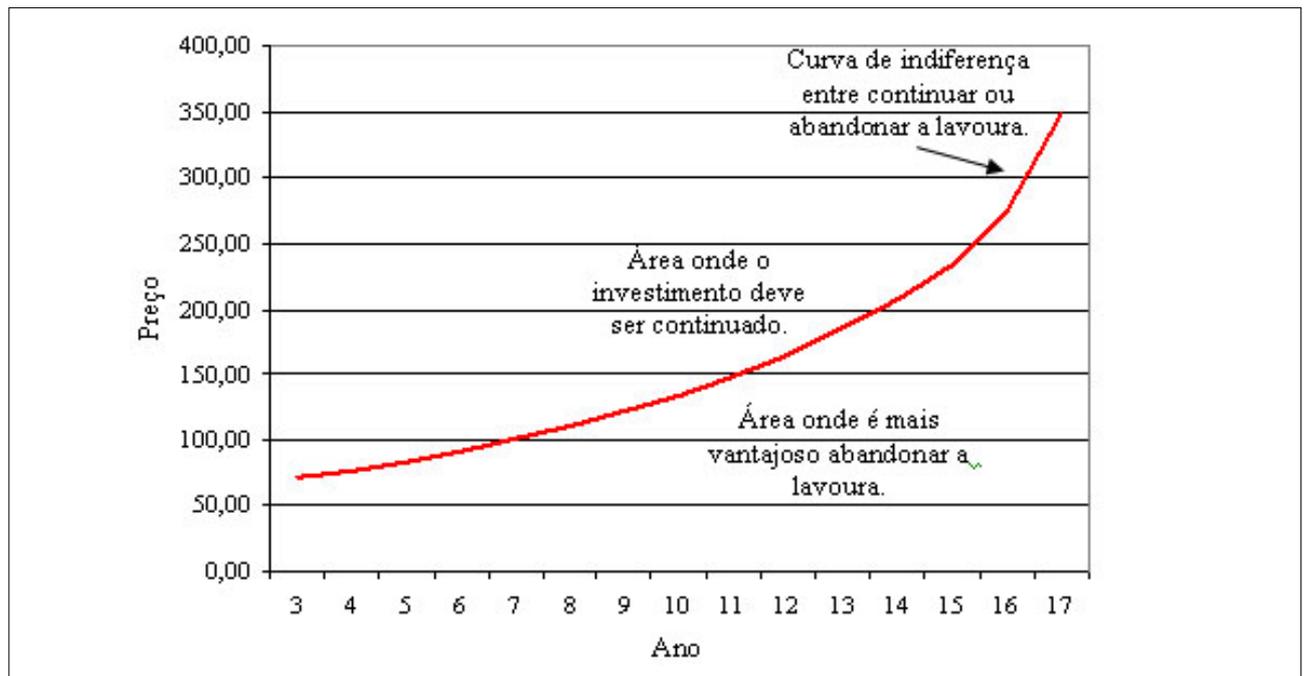
Os anos 1 e 2 não apresentam valores de preço dentro da faixa esperada na árvore binomial. O ano 18 não apresenta a opção de abandono.

Tabela 2 – Fronteira de Exercício Ótimo de Abandono

Tempo	Valor Crítico	Tempo	Valor Crítico
Ano 3	70,63	Ano 11	141,41
Ano 4	74,75	Ano 12	156,02
Ano 5	81,49	Ano 13	174,17
Ano 6	88,88	Ano 14	193,70
Ano 7	97,08	Ano 15	217,51
Ano 8	106,31	Ano 16	254,69
Ano 9	116,42	Ano 17	322,49
Ano 10	128,11		

A partir do preço do exercício ótimo, pode-se elaborar um gráfico, representando a fronteira de exercício ótimo da opção de abandono, conforme o Gráfico 1.

Gráfico 1 - Fronteira de Exercício Ótimo da Opção de Abandono



A área acima da curva do gráfico representa a região em que o investimento deve ser continuado para que se tenha uma decisão ótima. A área abaixo da curva do gráfico representa a região, onde abandono do investimento representa a decisão ótima. A curva do gráfico representa o preço, onde é indiferente a continuidade ou o abandono do investimento, pois, em ambos os casos, o retorno é igual ao valor de abandono, cujo valor é assumido igual 0 para o investimento em análise.

A decisão tomada com base nos parâmetros utilizados representa uma decisão racional, pois, dado um preço situado na faixa de exercício ótimo da opção de abandono para cada ano da lavoura, a continuidade do investimento certamente ocasionará prejuízos, uma vez que, mesmo que ocorra uma recuperação nos preços, isto seria insuficiente para torná-la lucrativa.

Para efeito de ilustração, considerando os parâmetros utilizados para a análise do investimento, no ano 13, o preço de exercício ótimo do abandono é de R\$ 174,17. O menor preço médio anual dos últimos anos ocorreu em 2002, de R\$ 161,20, atualizado pelo IGP-M. Isto quer dizer que, caso a

lavoura deste trabalho estivesse no décimo terceiro ano de produção ou acima em 2002, a melhor decisão para a lavoura seria o seu abandono, pois com cinco anos ou menos de produção pela frente, uma eventual recuperação nos preços não seria suficiente para que a continuidade da lavoura compensasse. Entretanto, caso a lavoura estivesse no seu início, mesmo com a depressão nos preços ocorrida em 2002, ainda seria compensador continuar com o negócio.

2.3 Análises de Sensibilidade do Valor do Projeto em Relação aos Parâmetros do Modelo

Foram realizadas simulações, alterando-se os valores dos parâmetros de volatilidade e taxa livre de risco, objetivando a verificação dos efeitos sobre a fronteira ótima de abandono.

2.3.1 Taxa de Juros Livre de Risco

A taxa livre de risco não influencia de maneira muito significativa o valor da opção de abandono, conforme esperado na TOR. A fronteira de exercício ótima da opção de abandono está na Tabela 3.

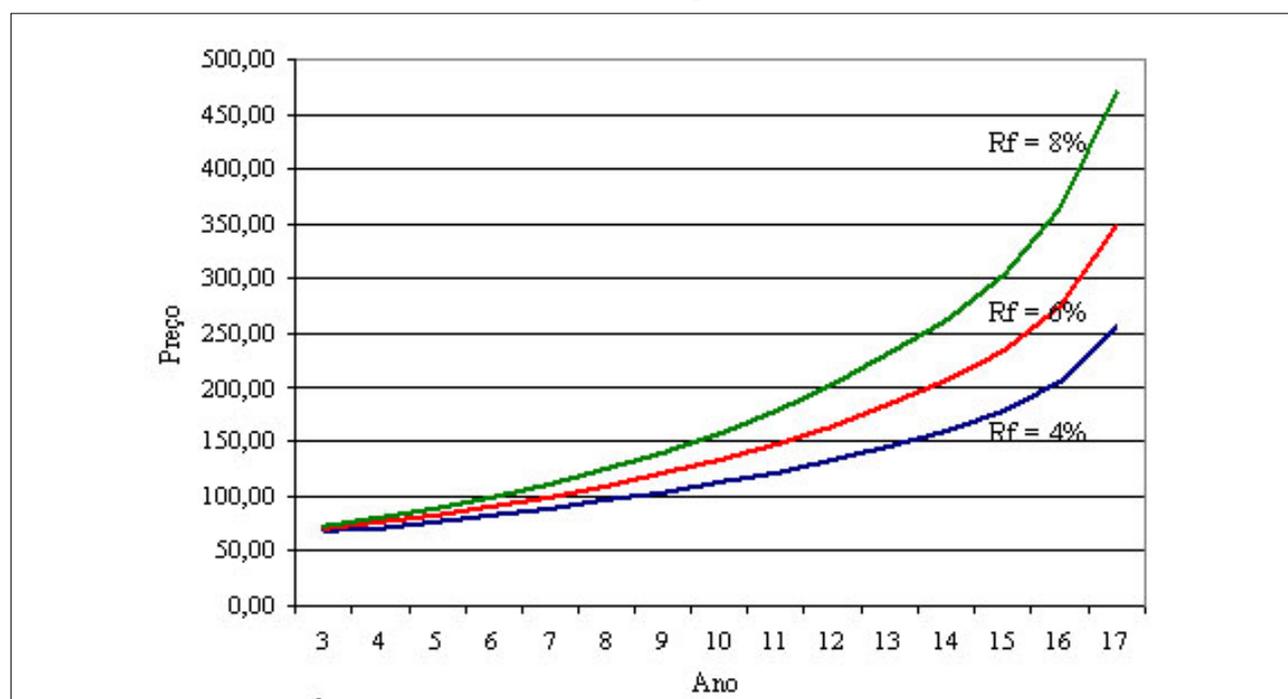
Tabela 3 - Fronteira de Exercício Ótimo de Abandono para Diferentes Taxas Livres de Risco

Tempo	$R_f = 4\%$	$R_f = 6\%$	$R_f = 8\%$	Tempo	$R_f = 4\%$	$R_f = 6\%$	$R_f = 8\%$
Ano 3	69,06	72,29	75,77	Ano 11	123,50	151,56	186,41
Ano 4	72,09	76,95	82,46	Ano 12	134,30	168,36	211,64
Ano 5	77,43	84,39	92,16	Ano 13	147,63	189,15	241,47
Ano 6	83,35	92,51	103,15	Ano 14	162,66	211,18	274,82
Ano 7	89,73	101,67	115,80	Ano 15	179,56	238,84	318,18
Ano 8	96,90	112,01	129,92	Ano 16	207,13	281,43	382,63
Ano 9	104,69	123,39	146,26	Ano 17	259,86	357,87	492,83
Ano 10	113,42	136,65	165,20				

As curvas das fronteiras para cada valor de taxa de juros livre de risco podem ser observadas no Gráfico

2. O descolamento maior nos últimos anos se deve à capitalização composta das variáveis do modelo.

Gráfico 2 - Fronteira de Exercício Ótimo de Abandono para Diferentes Taxas Livres de Risco



2.3.2 Volatilidade

Os preços do café, tanto no mercado interno como externo, apresentam alta volatilidade. Segundo a TOR, quanto maior a volatilidade, maior o valor da opção, pois a variação nos preços traz consigo, não somente a incerteza sobre os possíveis resultados, mas também a possibilidade de tomada de ações gerenciais para minimização das perdas e

maximização das possibilidades de lucros. No caso da opção de abandono, ela representa basicamente uma ação extrema (irreversível) para a minimização de perdas.

Foram simulados cenários com uma oscilação na volatilidade de 10% para baixo e para cima da volatilidade observada no trabalho, $\sigma = 39,98\%$. Os valores obtidos encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 - Valores calculados para mudanças na volatilidade

Volatilidade	VPL	TOR	Opção	Volatilidade	VPL	TOR	Opção
29,98%	1.714,66	24.435,69	22.721,03	41,23%	1.714,66	33.422,98	31.708,32
31,23%	1.714,66	25.489,69	23.775,03	42,48%	1.714,66	34.368,30	32.653,64
32,48%	1.714,66	26.525,63	24.810,97	43,73%	1.714,66	35.310,32	33.595,66
33,73%	1.714,66	27.544,64	25.829,97	44,98%	1.714,66	36.239,06	34.524,40
34,98%	1.714,66	28.547,65	26.832,99	46,23%	1.714,66	37.154,73	35.440,07
36,23%	1.714,66	29.539,96	27.825,30	47,48%	1.714,66	38.057,52	36.342,86
37,48%	1.714,66	30.525,73	28.811,07	48,73%	1.714,66	38.947,60	37.232,94
38,73%	1.714,66	31.497,23	29.782,57	49,98%	1.714,66	39.825,14	38.110,48

Calculando igualmente a fronteira de exercício ótimo da opção de abandono nas condições

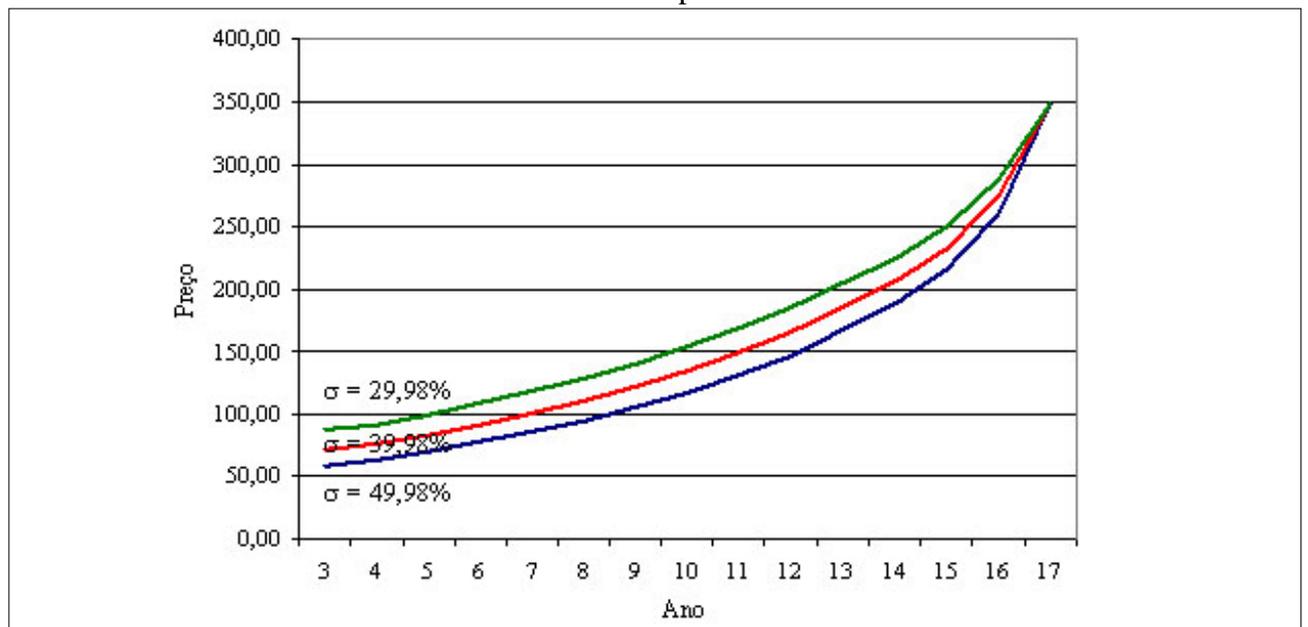
apresentadas, obtemos os valores contidos na Tabela 5.

Tabela 5 - Fronteira de Exercício Ótimo de Abandono para Diferentes Volatilidades

Tempo	$\sigma = 29,98\%$	$\sigma = 39,98\%$	$\sigma = 49,98\%$	Tempo	$\sigma = 29,98\%$	$\sigma = 39,98\%$	$\sigma = 49,98\%$
Ano 3	88,81	72,29	59,48	Ano 11	172,03	151,56	134,33
Ano 4	92,88	76,95	64,53	Ano 12	189,30	168,36	150,48
Ano 5	101,03	84,39	71,17	Ano 13	209,12	189,15	170,99
Ano 6	110,02	92,51	78,67	Ano 14	230,51	211,18	194,18
Ano 7	120,09	101,67	86,99	Ano 15	257,45	238,84	222,15
Ano 8	130,98	112,01	96,61	Ano 16	295,87	281,43	267,98
Ano 9	143,25	123,39	107,27	Ano 17	357,87	357,87	357,87
Ano 10	157,05	136,65	119,72				

Estas informações resultam nas curvas do Gráfico 3.

Gráfico 3 - Fronteira de Exercício Ótimo de Abandono para Diferentes Volatilidades



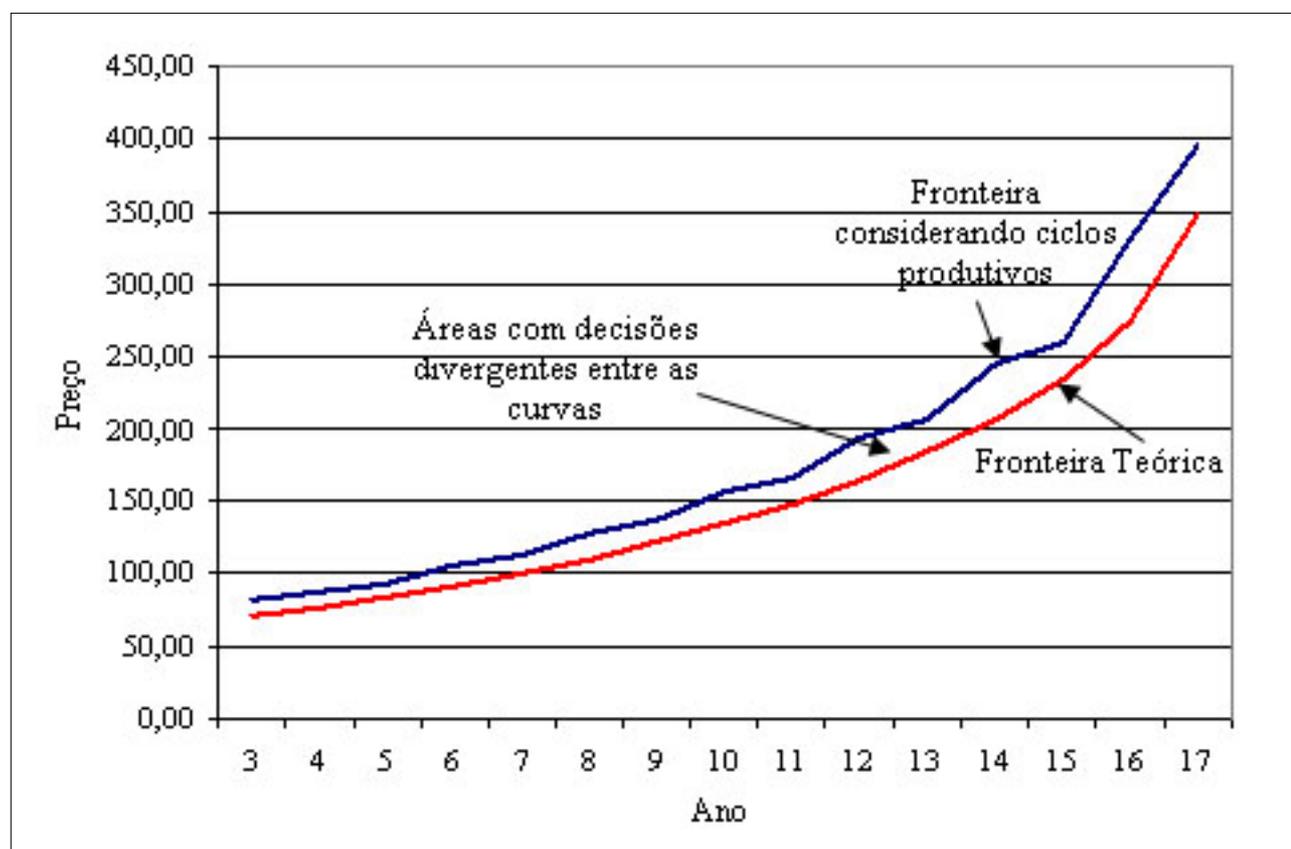
Pode-se notar que, quanto maior a volatilidade, menor o valor para a fronteira de exercício ótimo da opção de abandono, principalmente nos anos iniciais do investimento. Isto é devido às maiores possibilidades de recuperação nos preços representadas pelas volatilidades maiores. A convergência da fronteira de exercício nos anos finais deve-se às características do modelo utilizado, que busca o preço que iguale o valor do lucro do ano mais a expectativa do lucro dos anos posteriores atualizados. Mantidos os outros fatores inalterados, nos anos finais, a volatilidade tem pouca influência no preço limite para abandono,

sendo que, no último ano, a volatilidade não tem influência sobre este valor.

2.4 Fronteira de Abandono da Lavoura considerando os Ciclos Produtivos

A produtividade de uma lavoura de café é caracterizada por ciclos produtivos que se alternam em anos bons e anos ruins. A consideração desse aspecto altera o desenho suave da fronteira teórica observada, criando regiões onde haveria decisões diferentes em determinados níveis de preço, conforme observado no Gráfico 4:

Gráfico 4 -Fronteira de Exercício Ótimo de Abandono com Ciclos Produtivos

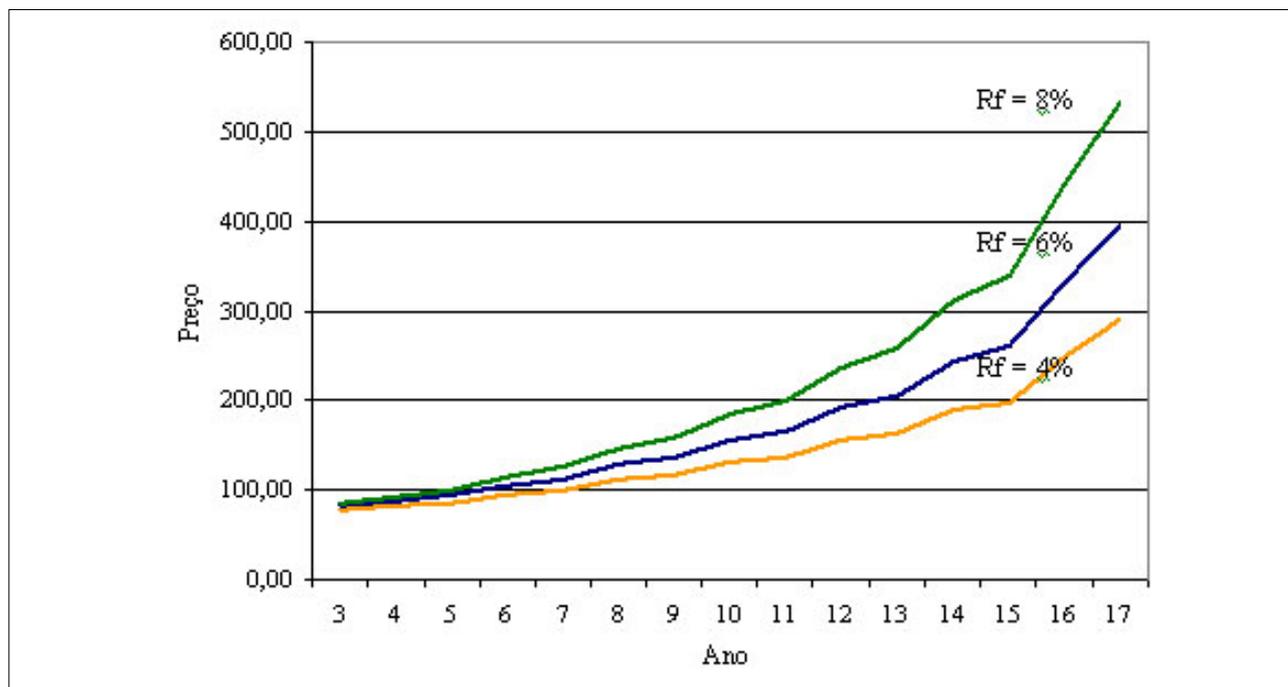


2.4.1 Análise de Sensibilidade sobre a Curva com Ciclos Produtivos

Da mesma forma como foi verificada a sensibilidade da fronteira teórica do modelo perante alterações

nas taxas livre de risco e volatilidade, efetuou-se análise semelhante para a curva com ciclos produtivos. O Gráfico 5 demonstra os efeitos das variações na taxa livre de risco.

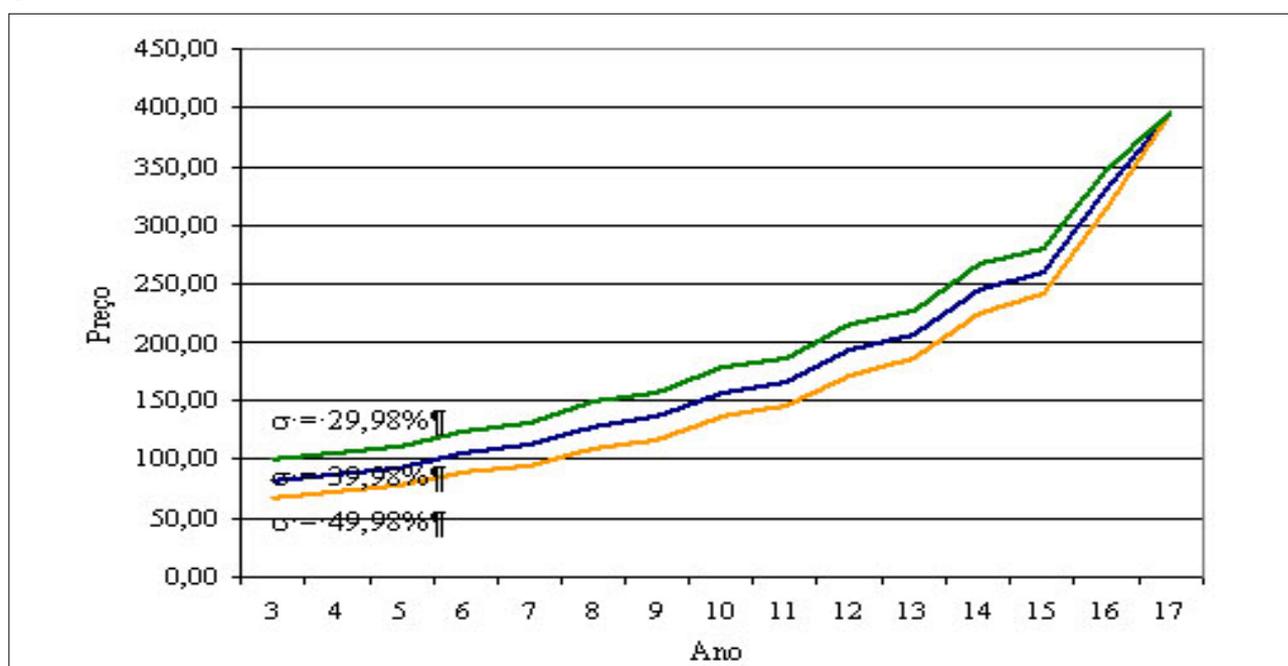
Gráfico 5 - Fronteira de Exercício Ótimo de Abandono (com Ciclos Produtivos) para Diferentes Taxas Livres de Risco



A exemplo do Gráfico 2, observa-se novamente que há efeito considerável na fronteira apenas nos últimos anos, pelo mesmo motivo da capitalização das variáveis.

O Gráfico 6 demonstra os efeitos sobre a nova fronteira de acordo com as mesmas alterações na volatilidade efetuadas no item 3.3.2:

Gráfico 6 - Fronteira de Exercício Ótimo de Abandono (com Ciclos Produtivos) para Diferentes Volatilidades



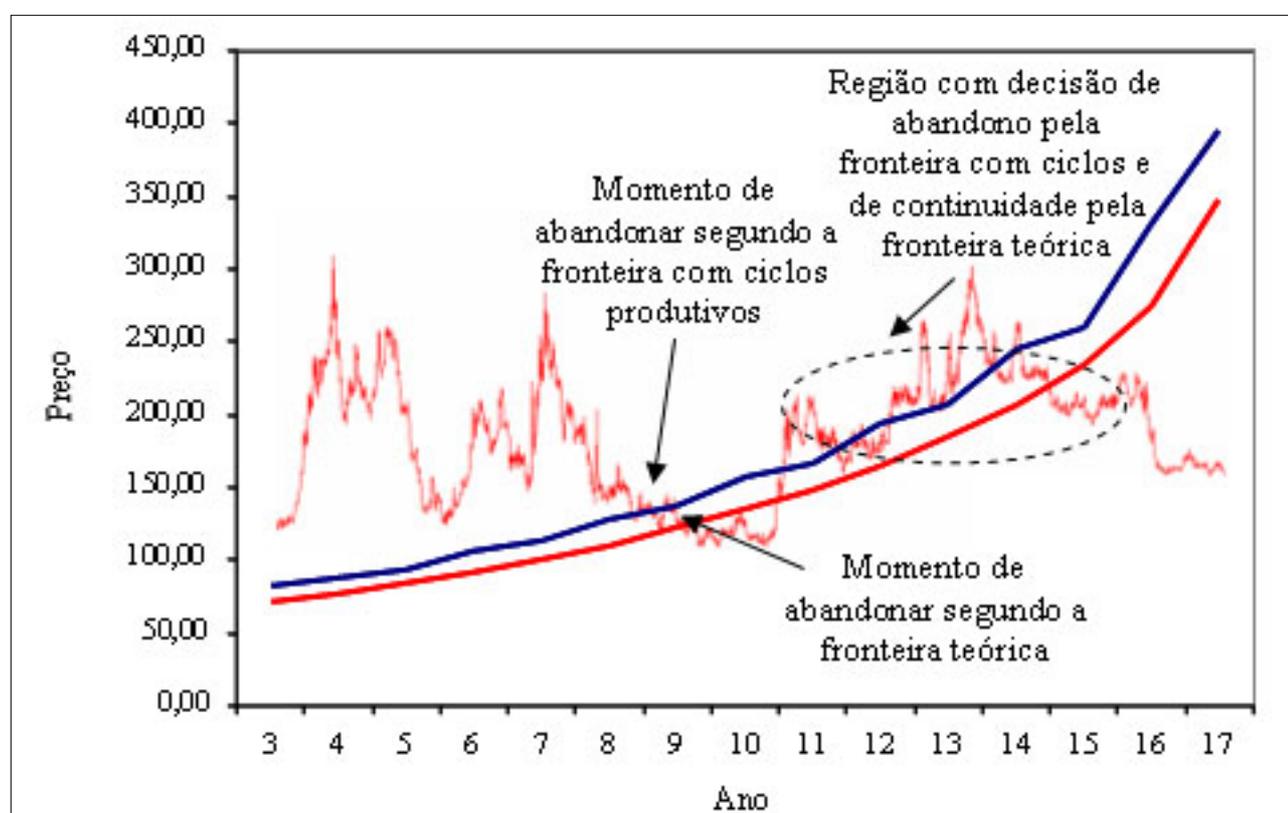
Assim como no Gráfico 3, observa-se que acréscimos na volatilidade deslocam para baixo a fronteira de exercício ótimo de abandono.

2.5 Fronteira de Exercício Ótimo e Preços Observados

Projetando-se a trajetória histórica de preços, utilizada no estudo sobre as fronteiras obtidas, nota-se que, caso o comportamento dos preços

seja similar no futuro, o investimento deve ser abandonado no ano 8, segundo a fronteira com ciclos de produção. Pela fronteira teórica, o abandono ocorreria no ano 9. Em ambos os casos, a recuperação de preços nos anos seguintes não seria suficiente para manter a operação. A fronteira com ciclos produtivos é cruzada mais uma série de vezes entre os anos 11 e 14, mas o mesmo não ocorre com a fronteira teórica.

Gráfico 7 – Trajetória Observada de Preços e Fronteiras de Exercício Ótimo de Abandono



Conclusão

A crescente preocupação entre as empresas para o conceito de riqueza ou valor para o acionista motivou o desenvolvimento de diversas técnicas de avaliação de investimento para mensurar o valor agregado ao negócio, auxiliando na tomada de decisão. Estes conceitos, entretanto, são pouco explorados nas atividades ligadas ao agronegócio.

A aplicação da TOR faz-se particularmente útil em negócios com grande volatilidade nos preços em longos horizontes de tempo, como é o caso da cultura de café. Conforme Marreco (2001), a caracterização de variáveis econômicas, como estocásticas e não mais determinísticas, faz com que o uso de modelos econômicos de maior complexidade seja necessário para se adaptar à incerteza no ambiente externo.

Conforme os resultados acima, pode-se observar que o valor crítico para abandono é menor nos primeiros anos do investimento, aumentando gradativamente com o passar do tempo. Isto pode ser explicado devido à maior incerteza com relação aos preços futuros no período inicial do investimento e ao menor horizonte disponível para recuperação de perdas conforme o projeto avança ao longo de sua vida útil. Neste sentido, seria ainda compensador manter a lavoura no início do ciclo produtivo, mesmo comercializando a produção com prejuízo, devido às possibilidades futuras de recuperação nos preços.

Os resultados obtidos no trabalho, apesar das simplificações consideradas, mostram como a aplicação de técnicas modernas de finanças pode auxiliar na decisão de investimentos, tanto em indústrias tradicionais como no agronegócio. Em conformidade com a TOR, os resultados obtidos demonstraram o impacto que a volatilidade, taxa de juros livre de risco e, mais especificamente, características do ciclo produtivo podem ter no resultado final de um investimento. Destaque-se que a variação da volatilidade impacta mais a fronteira ótima de abandono nos dois terços iniciais da duração do projeto, enquanto a variação da taxa livre de risco impacta a fronteira ótima de abandono no terço final do mesmo.

Para um aprimoramento do trabalho apresentado, poder-se-iam explorar outros aspectos que foram pouco desenvolvidos pelas simplificações aqui assumidas, como custos mais aprimorados, utilizações de outras estratégias produtivas, de maior adensamento, mecanização, outros tipos de opções reais, como opção de adiar, mudar de escala, de dividir em etapas e opções combinadas, como a possibilidade de substituição e combinação com outras culturas. Além disto, poderiam ser aplicadas técnicas de simulação, considerando os processos de difusão de volatilidade e preço envolvidos, tais como o processo de reversão à média. Neste caso, seria necessário construir um modelo trinomial que incorporasse tal processo. Outro ponto importante é o fato de os valores, obtidos nas fronteiras ótimas, não necessariamente estarem presentes na árvore binomial, gerando um erro de aproximação. O modelo

utilizado pressupõe que o preço do café segue um Movimento Geométrico Browniano. Por fim, a observação das curvas de exercício ótimo sobre a trajetória de preços demonstra algo que nem sempre ocorre entre os participantes do agronegócio. Nota-se que muitos optam pelo plantio em momentos de alta de preço, sendo que os resultados mostram que momentos de alta antecedem depressões que cruzarão a fronteira de abandono.

Referências

- AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Agroinformativos, 2003.
- ALLEMAN, J.; RAPPAPORT, P. Modeling regulatory distortions with real options. **Engineering Economist**, v. 47, n. 4, p. 389-415, 2002.
- BERREDO, M. C. H. **Abordagem por opções reais na privatização do setor de telecomunicações: o caso da Embratel**. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro: Departamento de Engenharia Industrial - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2001.
- BATISTA, F. R. S. **Avaliação de opções de investimento em projetos de exploração e produção de petróleo por meio da fronteira de exercício ótimo da opção**. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro: Departamento de Engenharia Industrial - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2002.
- BERGER, P. G. OFEK, E. SWARY, I. Investor valuation of the abandonment option, **Journal of Financial Economics**, v. 42, p. 257-287, 1996.
- BIEKPE, N.; KLUMPES, P.; TIPPETT, M. Analytic solutions for the value of the option to (dis)invest. **R&D Management**, p. 31-2, 2001.
- BLACK, F.; SCHOLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. **Journal of Political Economy**, v. 81, n.3, p. 637-654, 1973.
- BONINI, C. Capital investment under uncertainty with abandonment options. **Journal of Financial Quantitative Analysis**, Mar, 1977.

- BRACH, M. A. **Real options in practice**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2003.
- BRANDÃO, L. E. T. **Uma aplicação da teoria de opções reais em tempo discreto para avaliação de uma concessão rodoviária no Brasil**. Tese (Doutorado). Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2002.
- BREALEY, R.; MYERS, S. C. **Princípios de finanças empresariais**. 5ª Ed. Portugal: McGraw-Hill, 1998.
- CASTRO, A. L. **Avaliação de investimento de capital em projetos de geração termelétrica no setor elétrico brasileiro usando a teoria das opções reais**. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro: Departamento de Engenharia Industrial - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2000.
- CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – ESALQ/USP. **Indicadores do café**. Disponível em <<http://www.cepea.esalq.usp.br>>. Acesso em 11 de fevereiro de 2005.
- CLARK, E.; ROUSSEAU, P. Strategic parameters for capital budgeting when abandonment value is stochastic. **Applied Financial Economics**, v.12, p.123-130, 2002.
- COPELAND, T. E.; ANTIKAROV, V. **Opções Reais: um novo paradigma para reinventar a Avaliação de Investimentos**. Rio de Janeiro: Campus, 2002.
- DEZEN, F. J. P. **Opções reais aplicadas à escolha de alternativa tecnológica para o desenvolvimento de campos marítimos de petróleo**. Dissertação (Mestrado). Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica e Instituto de Geociências – Universidade de Campinas, 2001.
- DIAS, M. A. D. **Investimento sob incerteza em exploração de petróleo**. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro: Departamento de Engenharia Industrial - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 1996.
- DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S. **Investment under uncertainty**. Princeton: Princeton U. P., 1994.
- DYL, E. A.; LONG, H. W. Abandonment value and capital budgeting: Comment. **Journal of Finance**, v. 24, Issue 1, p. 88-95, Mar, 1969.
- FERNÁNDEZ, P. Valuing real options: frequently made errors. **IESE Research Paper**. Janeiro, 2002.
- FIGUEIREDO NETO, L. F. **Análise e gestão de projetos: proposta de aplicação da teoria de opções reais na produção agropecuária**. Tese (Doutorado). São Paulo: Escola Politécnica - Universidade de São Paulo, 2003.
- GOMES, L. L. **Avaliação de termelétricas no Brasil estudando o melhor momento de investimento por modelos de opções reais**. Tese (Doutorado). Rio de Janeiro: Departamento de Engenharia Industrial - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2002.
- HARCKBART, G. **Aplicação da teoria de opções reais à avaliação de empresas**. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro: Departamento de Engenharia Industrial - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2001.
- KENSINGER, J. W. **Project abandonment as a put option: Dealing with the capital investment decision and operating risk using option pricing theory**. Working paper 80-121, Edwin L. Cox School of Business, Southern Methodist University, Dallas, 1980.
- MARRECO, J.M. **Otimização dinâmica sob condição de incerteza**. 2001. 88p. Dissertação (Mestrado) – Belo Horizonte: Centro de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração, Universidade Federal de Minas Gerais, 2001.
- MYERS, S. C. Finance theory and financial strategy. **Midland Corporate Finance Journal**, v. 5, n. 1, Spring, p. 6-13, 1987.
- _____. Determinants of corporate borrowing. **Journal of Financial Economics**, 1977.
- _____; MAJD, S. Abandonment value and project life. **Advances in Futures and Options Research**, v. 4, p.1-21, 1991.

PADILHA, E. R. **A avaliação da implantação de unidades de redes varejistas: um estudo de opções reais.** Dissertação (Mestrado). São Paulo: Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, 2003.

ROBICHEK, A. A.; VAN HORNE, J. C. Abandonment value and capital budgeting. **Journal of Finance**, v. 22, issue 4, december, p. 577-589, 1967.

____; _____. Abandonment value and capital budgeting: Reply. **Journal of Finance**, v. 24 mar, 1969.

RUFFEIL NETO, S. M. **Avaliação da viabilidade econômica de investimentos em poços independentes de petróleo através da teoria de opções reais.** Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro: Departamento de Engenharia Industrial - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2002.

SACHDEVA, K.; VANDERBERG, P. A. Valuing the abandonment option in capital budgeting - an option pricing approach. **Financial Practice and education**, Fall, 1993.

SALLES, A. P. **As opções reais como um instrumento para o planejamento adaptativo: o caso Embraer.** Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro: Departamento de Engenharia Industrial - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2002.

SATO, M. K. **A decisão ótima do abandono do investimento em uma lavoura de café da região de Franca.** Dissertação (Mestrado). São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Administração de Empresas - Universidade Presbiteriana Mackenzie de São Paulo, 2004.

SCHWAB, B.; LUSZTIG, P. A Note on Investment Evaluations in Light of Uncertain Future Opportunities. **Journal of Finance**, v. 27, n. 5, december, p.1093-1100. 1972.