



## UM MODELO DE INVESTIMENTO SEQUENCIAL COM RESTRICÇÃO DE CAPACIDADE: UMA APLICAÇÃO EM VAREJO

### SEQUENTIAL INVESTMENT WITH CAPACITY CONSTRAINTS: AN APPLICATION TO RETAILING

**Alexandre Peixoto Rebello**

Mestre em Administração pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

alexandrepebello@gmail.com

**Luiz Eduardo Teixeira Brandão**

Doutor em Engenharia de Produção pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Professor da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.  
brandao@iag.puc-rio.br

**Leonardo Lima Gomes**

Doutor em Engenharia de Produção pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Professor da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.  
leonardolima@iag.puc-rio.br

**André Lacombe Penna da Rocha**

PhD em Agricultural Economics pela University of London, Inglaterra.

Professor da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.  
lacombe@iag.puc-rio.br

Recebido em 26/01/2016
Aprovado em 05/10/2016
Disponibilizado 22/02/2017
Avaliado pelo sistema <i>double blind review</i>

## **UM MODELO DE INVESTIMENTO SEQUENCIAL COM RESTRIÇÃO DE CAPACIDADE: UMA APLICAÇÃO EM VAREJO**

### **OBJETIVO**

O objetivo deste trabalho é analisar como a flexibilidade gerencial para expandir um investimento sequencial em condições de incerteza e restrição de oferta afeta a decisão a respeito da estratégia ótima da empresa, comparado a modelos onde o valor desta flexibilidade não é capturado.

### **METODOLOGIA**

Adota-se a metodologia das opções reais para realizar o apreçamento das flexibilidades de um projeto de investimento em uma loja de varejo com potencial para expansão para uma segunda loja. Considera-se ainda que existe um teto de oferta correspondente à capacidade de vendas de cada loja, que não pode ser ultrapassada mesmo que haja demanda para tal.

### **RESULTADOS E CONCLUSÕES**

A análise realizada indicou que quando se considera o valor da opção de expansão existente neste projeto, a estratégia ótima de investimento se altera. Embora a análise tradicional recomende que apenas a primeira loja seja implantada neste caso, quando se considera as flexibilidades gerenciais a recomendação é de se investir na segunda loja num prazo de dois anos, dado que esta tem 97% de probabilidade de ser economicamente viável.

### **IMPLICAÇÕES PRÁTICAS**

Decisões de investimento de capital são algumas das decisões mais importantes na vida de uma empresa. No entanto, os métodos tradicionalmente utilizados para analisar a viabilidade financeira destes projetos não incorporam o valor de eventuais flexibilidades gerenciais que o projeto possa apresentar. Neste trabalho mostramos, através de um exemplo prático, como o uso de modelos de precificação de opções pode ser utilizado para determinar a estratégia ótima de investimento de uma empresa.

### **PALAVRAS-CHAVE**

Investimento Sequencial, Análise de Investimento, Restrição de Capacidade, Varejo, Opções Reais.

# SEQUENTIAL INVESTMENT WITH CAPACITY CONSTRAINTS: AN APPLICATION TO RETAILING

## OBJECTIVE

The objective of this work is to analyze how the flexibility to expand a sequential investment under uncertainty and supply constraint affects the decision making process regarding the optimal investment strategy of a firm, compared to models where the value of this flexibility is not captured.

## METHODOLOGY

We use the real options approach to price the flexibilities embedded in a retail store investment project which has the potential to expand to a second store. We also assume there is a supply ceiling that corresponds to the sales capacity of each store, and which cannot be exceeded even if there is sufficient demand.

## RESULTS AND CONCLUSIONS

The results suggest that when we consider the value of the option to expand to a second store, the optimal investment strategy changes. Although traditional valuation methods indicate that the investment should be made only in the first store, when the managerial flexibilities are taken into account the recommendation is to invest in the second store within two years, since it has a 97% probability of being economically feasible.

## PRACTICAL IMPLICATIONS

Capital investment decisions are some of the most important decisions for a firm. However, traditional valuation methods fail to capture the value of any managerial flexibilities embedded in the project. In this article we show, by means of a practical example, how options pricing models can be used to determine the optimal investment strategy of a company.

## KEYWORDS

Sequential Investment, Investment Analysis, Capacity Constraints, Retail, Real Options.

## 1. Introdução

A decisão de expandir as operações de uma empresa em função da expectativa de uma maior demanda de mercado envolve compatibilizar os riscos do investimento com a expectativa dos retornos esperados. Com o intuito de minimizar os riscos, muitas vezes estes investimentos são realizados de forma sequencial, como no caso de exploração de recursos naturais, com a abertura de novas minas ou poços de exploração de petróleo, ou de investimentos imobiliários construídos em etapas, como *Shopping Centers* ou conjuntos habitacionais.

Neste trabalho analisamos o problema do investimento sequencial em condições de incerteza e, em especial, o caso de uma rede de varejo no Brasil, considerando que a empresa dispõe de flexibilidade gerencial para otimizar a sua estratégia à medida que as novas informações de mercado são recebidas. Uma característica importante deste tipo de investimento é que esta flexibilidade gerencial equivale a uma opção de expansão, o que faz com que o seu valor não seja capturado pelos métodos de análise de investimento tradicionalmente utilizados. Outra característica é o fato de que o aumento de oferta ocorre em blocos discretos correspondentes à capacidade de vendas de cada nova loja implantada. Isso faz com que estes novos investimentos operem com uma restrição de oferta equivalente à sua capacidade máxima de vendas, mesmo que a demanda de mercado seja maior.

Consideramos o projeto de expansão de uma rede de varejo para um novo mercado onde os dados de consumo da região indicam um potencial para a abertura de duas lojas. Considerando a abordagem financeira clássica de avaliação de projetos, e em particular a metodologia do Fluxo de Caixa Descontado, a decisão de investimento envolve a escolha ótima entre as alternativas de não investir, investir em apenas uma loja, ou investir em ambas simultaneamente, optando-se pela que apresentar o maior Valor Presente Líquido (VPL).

Dixit e Pindyck (1994), Trigeorgis (1996) e Copeland e Antikarov (2002) sugerem o uso da metodologia das opções reais para a avaliação de projetos onde existe incerteza e flexibilidade gerencial. Através desta metodologia podemos considerar a alternativa de um investimento sequencial, onde inicialmente apenas a primeira loja é implantada com o intuito de observar e obter informações a respeito das condições do mercado. Se os resultados da loja pioneira forem favoráveis, a rede varejista poderá investir na segunda loja, caso contrário, poderá continuar apenas com a loja inicial, ou até optar por fechá-la de forma a evitar perdas futuras.

Assim, a questão chave que este trabalho se propõe a responder é: Considerando a suas limitações de capacidade, quanto vale para uma rede varejista o investimento sequencial na expansão de até duas novas lojas em um novo mercado utilizando-se a abordagem por Opções Reais? Adicionalmente, procura-se comparar os resultados obtidos tanto pela abordagem do método do Fluxo de Caixa Descontado (FCD) tradicional quanto pela metodologia das Opções Reais. A análise da decisão de investimento de uma rede de varejo inclui também a questão da escolha da localização ótima das lojas, uma vez que esta escolha é um dos fatores determinantes para o sucesso do empreendimento (Hotelling, 1929). Em função disso, apresentamos também alguns conceitos utilizados para esta escolha.

Este trabalho está organizado da seguinte forma. Na próxima seção fazemos uma revisão da literatura relevante sobre projetos de investimento sequencial através de opções reais e valoração de projetos de varejo. Na seção 3 apresentamos as variáveis relevantes na elaboração de um plano de expansão de empresa de varejo utilizados na modelagem. Na seção 4 descrevemos o modelo matemático para avaliação do projeto por opções reais e na seção 5 apresentamos os resultados obtidos. Em seguida concluímos.

## **2. Revisão da Literatura**

A literatura recente de análise de projetos e contratos descreve novos métodos de avaliação similares aos métodos tradicionais de apreçamento de opções financeiras. Essas novas metodologias, chamadas de Teoria das Opções Reais (TOR) (Trigeorgis, 1996), mostram grande capacidade de explicar ações e negociações ocorridas no ambiente real do mercado e de capturar o valor da flexibilidade gerencial presente em muitos tipos de projetos.

Os critérios tradicionais de avaliação de projetos e contratos através da análise de fluxo de caixa descontado, como Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno, são considerados de gerenciamento passivo e desconsideram o valor da flexibilidade. Entretanto, os gerentes tendem a administrar projetos de forma ativa, tomando decisões operacionais ao longo da sua vida útil, à medida que as incertezas do mercado são resolvidas, com o objetivo de agregar valor ao projeto ou contrato. Essas decisões operacionais, ou flexibilidades, têm características de opções cujo valor não é capturado pelos métodos tradicionais de avaliação de investimentos, mas que podem ser incorporadas através da TOR.

No seu trabalho pioneiro, MacDonald e Siegel (1986) mostraram que no caso de investimentos sequenciais, o valor de adiar a decisão de investimento nos estágios subsequentes de um projeto

pode ser significativo. Brennan e Schwartz (1985) analisam o problema do investimento, gerenciamento e abandono de projetos de exploração de recursos naturais aonde existe incerteza de demanda, e mostram que esta metodologia pode ser aplicada também a outros problemas semelhantes. No setor de varejo, em particular, Gielens e Dekimpe (2004) analisaram a expansão das empresas de varejo ocidentais para o mercado da Europa Central dentro da ótica das opções e concluem que a atitude dos competidores tem grande efeito sobre as decisões de investimento das empresas de entrar em novos mercados.

Outros trabalhos relacionados à expansão e abertura de lojas no varejo focam na sua localização física em um determinado mercado e na canibalização que ocorre nas lojas existentes quando da abertura de uma nova loja. As decisões relativas à localização envolvem questões de ordem estratégica, fiscal, logística e operacional. Segundo Rozental e Pizzolato (2006), as primeiras contribuições sobre o tema foram os estudos de inspiração geométrica, buscando determinar centros de gravidade. Contudo, os primórdios surgiram no campo da Economia no início do século XX, quando alguns pesquisadores já analisavam as decisões sobre os custos de transação e a alocação de recursos, de modo a otimizá-los tanto no aspecto financeiro quanto no social (Hotelling, 1929). Tais contribuições, entre outras, serviram de subsídio para o desenvolvimento de novas abordagens sobre decisões de investimentos, hoje utilizadas tanto por economistas como por engenheiros de produção e administradores de empresas.

### **3. Projetos de Expansão no Segmento de Varejo**

O segmento do varejo é um setor sujeito a forte concorrência e estreitas margens de lucro, onde o ganho é obtido principalmente através do volume de vendas. Dependendo do momento, o segmento pode apresentar forte movimento de expansão, tanto através da abertura de novas lojas quanto pela aquisição de outras redes. Este movimento de expansão visa o aumento do valor das empresas através do incremento das vendas em função da maior metragem quadrada disponível para oferecer produtos. Além disso, espera-se obter uma maior lucratividade do negócio a partir da exploração de suas vantagens competitivas frente à concorrência, e a preferência dos consumidores, atraídos por uma maior conveniência geográfica mais condizente com as demandas do público alvo. Essas considerações resultam em um potencial aumento no número de pessoas que compram nos pontos de venda, uma melhor margem de negociação com fornecedores, maiores margens de lucratividade e alguma diluição das despesas totais, como resultado da maior economia de escala.

O primeiro passo num projeto de expansão geográfica para um novo mercado é a definição do destino que melhor se adequa aos planos da empresa (Bowersox, Closs, & Cooper, 2007). Para isso são analisados o potencial de vendas, que é função do consumo da região alvo, e os aspectos logísticos, sob o ponto de vista operacional e financeiro, para avaliar qual a melhor forma e o custo para atender o projeto. Uma vez determinada a região alvo, o passo seguinte é a decisão de localização ótima das lojas dentro da cidade escolhida na região. Numa empresa com estratégia de comunicação agressiva, baseada em mídia televisiva, a penetração de mídia é um fator relevante. A cobertura disponível irá determinar o cronograma da expansão, pois a empresa irá primeiro ocupar todo o território de uma determinada empresa da mídia, por exemplo, uma retransmissora de TV, antes de seguir para a próxima área, visando maximizar o uso do canal de comunicação. Outras variáveis, como a cultura local e a concorrência, também são levadas em conta.

### **3.1. Potencial de Vendas**

O principal fator determinante para a decisão de expansão geográfica é o potencial de vendas da região ou município, que é baseado na sua capacidade de consumo, conforme dados da Pesquisa de Orçamento Familiar (POF) do IBGE. Além destas informações, são considerados os dados de consumo por classe social, de localização de ponto, de área de loja e de ocupação para as categorias relevantes para a empresa, no caso em questão, Móveis e Artigos do Lar, Eletrodomésticos e Equipamentos e Vestuário Confeccionado. Uma vez determinado o potencial de consumo de cada cidade para estas categorias, estima-se quanto deste consumo será atendido pela empresa, ou seja, a sua fatia de mercado. Esta estimativa é feita aplicando-se a participação de mercado atual da empresa em cada categoria para cada tipo de município em que ela já atua.

Seis tipos de classificação são adotados para se estimar a participação de mercado da empresa no município alvo, de acordo com a sua aptidão natural de participação na vida econômica de seu Estado e na sua força gravitacional:

- Capital – Principal cidade do Estado, aquela que exerce força de atração sobre outras cidades, sejam elas grandes ou pequenas.
- Dormitório – Municípios que circunvizinham a capital, transferindo para lá parte de seu potencial de consumo, que em muitos casos é conquistado na capital.

- Pólo – Refere-se a um município que exerce força de atração sobre outros, que na maioria são pequenos e não têm vida econômica expressiva.
- Veraneio – Municípios que têm uma significativa população flutuante, influenciada principalmente por atrativos naturais na época do verão.
- Veraneio popular – Municípios que têm uma grande população flutuante, influenciada principalmente por atrativos naturais na época do verão e em outras épocas no decorrer do ano.
- Normal – Demais municípios.

### **3.2. Localização das Lojas**

As decisões a respeito da localização envolvem análises relativas à distância das fontes de suprimento das unidades de produção e estas em relação aos pontos de armazenagem ou de vendas. Parte desta análise se refere aos custos logísticos de suprimento e manutenção de estoques, e devem considerar também a distância do mercado-alvo em relação a esses pontos de venda, de modo a avaliar seu impacto nos custos de transporte, assim como na conveniência das compras do público consumidor. Alguns casos podem estar também vinculados ainda a incentivos fiscais e seus impactos nos ganhos financeiros (Nicolay, 2003). Estas análises resultam na determinação de regiões denominadas “áreas de influência”, pois exercem uma maior ou menor atratividade sobre as pessoas da região (Hotelling, 1929; Rocha, 2008).

Um dos modelos mais utilizados de localização, voltado para a minimização de um somatório de distâncias em particular, é o modelo da *p*-mediana, onde se busca a combinação mais econômica para compradores e consumidores de bens e serviços de uma determinada região. Esta metodologia consiste em dividir a população da região de interesse em pequenas unidades geográficas com base em dados censitários demográficos, tais como concentração populacional, distribuição de faixas etárias e renda. Em seguida, a localização da loja é definida em função do centro de gravidade de cada setor representativo daquele conjunto populacional (Galvão, Acosta Espejo, & Boffey, 2002; Pizzolato et al., 2004).

## 4. Modelagem

### 4.1. Premissas Quanto à Expansão Geográfica

Consideramos uma empresa varejista que pretende realizar uma expansão geográfica para um município alvo classificado como Pólo. A empresa adquire anualmente uma base com os dados de consumo de todos os municípios do Brasil. Esta base é adquirida de uma consultoria, que através de metodologia própria, desdobra os dados da POF para a totalidade dos municípios do Brasil.

Os dados levantados indicam que para este município o gasto das famílias é de R\$ 58,4 milhões para Mobiliários e Artigos do Lar, R\$ 58,3 milhões para Eletrodomésticos e Equipamentos e R\$ 76.4 milhões para a categoria Vestuário Confeccionado. Supondo que a fatia de mercado médio dos municípios classificados como Pólos atuais da empresa são de 17,7%, 36,7% e 12,0% respectivamente para cada uma destas três categorias, concluímos que existe um potencial de faturamento total de R\$ 40.8 milhões por ano para a empresa, conforme ilustrado na Tabela 1.

**Tabela 1 - Potencial de Faturamento no Município**

R\$ 1.000	Mobiliários e Artigos do lar	Eletrodomésticos e Equipamentos	Vestuário Confeccionado	Total em R\$ milhões
Faturamento Potencial	10.322	21.364	9.167	40.853

Assumimos que uma loja típica tem um faturamento mensal médio de R\$ 1,6 milhão, ou R\$ 19,2 milhões anuais. Neste caso, dividindo-se o potencial do município pelo faturamento médio da loja chega-se a 2,13 lojas, o que indica um potencial para duas lojas na cidade. Com base nos dados de consumo estimou-se que a primeira loja será responsável por 60% do faturamento potencial do município e a segunda loja pelos 40% restantes. Apesar da diferença entre faturamentos esperados, adotamos a premissa de que as lojas terão tamanhos físicos semelhantes.

### 4.2. Modelagem Estática - Fluxo de Caixa Descontado

Para a modelagem estática do FCD, foram elaborados dois fluxos de caixa. O primeiro considera a abertura somente da primeira loja e o segundo considera que as duas lojas serão abertas

simultaneamente, o que corresponde ao modelo tradicionalmente utilizado. As premissas e parâmetros adotados para ambos os modelos, obtidos através de estimativas de especialistas do setor, estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2 – Parâmetros do Modelo FCD**

<b>Taxa de Crescimento do Consumo no Município</b>	3% a.a.
<b>Imposto sobre Vendas</b>	12.5%
<b>Custo das Mercadorias Vendidas (s/Receitas):</b>	
Mobiliários e Artigos do Lar	63%
Eletrodomésticos e Equipamentos	67%
Vestuário Confeccionado.	66%
<b>Despesas Operacionais (s/Receitas):</b>	
Despesas Fixas	8%
Despesas Variáveis	3.5%
<b>Alíquota do Imposto de Renda</b>	34%
<b>Investimento:</b>	
Investimento de Capital por Loja	2,5 milhões
Investimento em Capital de Giro (1ª loja)	6 milhões
Investimento em Capital de Giro (2ª loja)	4 milhões

Assumimos que o Custo Médio Ponderado de Capital (WACC) da empresa é de 17% a.a. Tanto para o caso de uma loja como para o de duas lojas abertas, foram considerados cinco anos de projeção dos fluxos de caixa (Anexo I) e perpetuidade a partir deste horizonte de projeção com taxa de crescimento real de zero no período da perpetuidade.

**Tabela 3 – Resultados da Análise Estática**

<b>R\$ 1.000</b>	<b>VP</b>	<b>Invest.</b>	<b>VPL</b>
Uma loja	11.696	7.628	4.069
Duas Lojas	17.266	13.547	3.719

Os resultados (Tabela 3 – Resultados da Análise Estática

) mostram que embora o valor presente de duas lojas seja maior do que de apenas uma única, o VPL de ambas as lojas é menor do que o da primeira loja apenas, o que indica que o VPL da segunda loja é negativo. A conclusão da análise estática é que a empresa deverá investir na abertura da primeira loja apenas.

Por outro lado, o VPL do modelo estático com duas lojas pode estar subestimado, pois a metodologia adotada considera a decisão de abrir a segunda loja baseada apenas nos dados atualmente disponíveis, sem considerar a incerteza a respeito da evolução futura da demanda de mercado do município e as flexibilidades que o projeto possui. Na prática, após avaliar o resultado da primeira loja, a empresa pode optar por expandir o negócio abrindo a segunda loja se a demanda estiver aquecida ou manter apenas uma loja em operação, em caso contrário. Por outro lado, se o mercado se revelar muito abaixo das expectativas, a empresa pode ainda optar por abandonar a loja pioneira e encerrar as suas atividades neste município por completo. O cálculo do valor destas flexibilidades gerenciais exige o uso de métodos de apreçamento de opções, o que será feito a seguir na modelagem dinâmica com a inclusão das incertezas do projeto.

### **4.3. Modelagem Dinâmica - Opções Reais**

As principais flexibilidades que a rede varejista dispõe, uma vez realizado o investimento na primeira loja, são:

- (a) Continuar com apenas a primeira loja;
- (b) Expandir as operações para mais uma nova loja com as mesmas características da primeira, caso esta tenha sido bem sucedida;
- (c) Encerrar as atividades da loja e abandonar totalmente este mercado.

A opção pela expansão para a segunda loja é uma opção do tipo Americana, cuja equação de valor não possui solução analítica. Além disso, tanto a opção de expansão quanto a opção de abandono existem simultaneamente, representando um caso de opções compostas. Como existe a possibilidade de haver interação entre as opções, elas precisam ser analisadas em conjunto. Dessa forma, optamos por obter a solução do problema através do modelo binomial de Cox, Ross e Rubinstein (1979), utilizando a medida neutra a risco e períodos trimestrais durante dois anos, uma vez que assumimos que este período de tempo é suficiente para a avaliação do desempenho da primeira loja e conseqüente decisão sobre a sua expansão ou abandono. A limitação do prazo de dois anos para a expansão também está relacionada ao fato de que a empresa

enfrenta concorrência neste mercado, e se não expandir neste prazo poderá perder esta oportunidade para outra empresa. A opção de abandono consiste em fechar a loja e retirar os equipamentos instalados, tais como ar condicionado, caixas registradoras e gôndolas, e o estoque de produtos que poderão ser utilizados em outra loja da rede ou vendidos. Estimamos que o valor recuperado com os equipamentos seja de R\$ 1 milhão e o valor do capital de giro investido em estoque seja de R\$ 6 milhões, resultando num total de R\$ 7 milhões a ser recuperado com o fechamento da loja.

A principal incerteza que afeta o valor do projeto refere-se às vendas da empresa no município alvo. Estas vendas são função do potencial de consumo do município e da fatia de mercado deste consumo que a empresa conseguirá obter. A fatia de mercado da empresa irá depender, entre outros fatores, dos hábitos de consumo da população, da adequação do sortimento a esses hábitos e da presença e reação da concorrência. Do total das vendas projetadas, 60% serão capturados pela primeira loja, e o restante pela segunda loja, se houver.

Assumimos que o potencial de consumo da cidade ( $S$ ) segue um Movimento Geométrico Browniano (MGB), na forma  $dS = \alpha S dt + \sigma S dz$ , onde  $\alpha$  é a taxa crescimento,  $\sigma$  é a volatilidade e  $dz = \varepsilon \sqrt{dt}$   $\varepsilon \approx N(0,1)$  é o incremento de *Wiener* padrão. Adotamos o mesmo crescimento esperado de consumo de 3% a.a. do caso determinístico (Tabela 2), e dessa forma temos  $\alpha = 0,03$ . Para determinar a volatilidade, e considerando que  $S$  segue um MGB, ao final de um ano o valor de  $S$ , com um intervalo de confiança de 95%, ficará no intervalo  $\tilde{S}_1 \in [S_0 e^{\alpha t \pm 2\sigma}]$ . Assumimos que é improvável que o consumo daqui a um ano apresente uma queda maior do que 10% em relação ao nível atual, ou seja, de 90% de  $S_0$ . Assim, tomando o limite inferior do intervalo de confiança temos  $S_1^- = S_0 e^{\alpha - 2\sigma}$ . A volatilidade pode então ser estimada a partir de

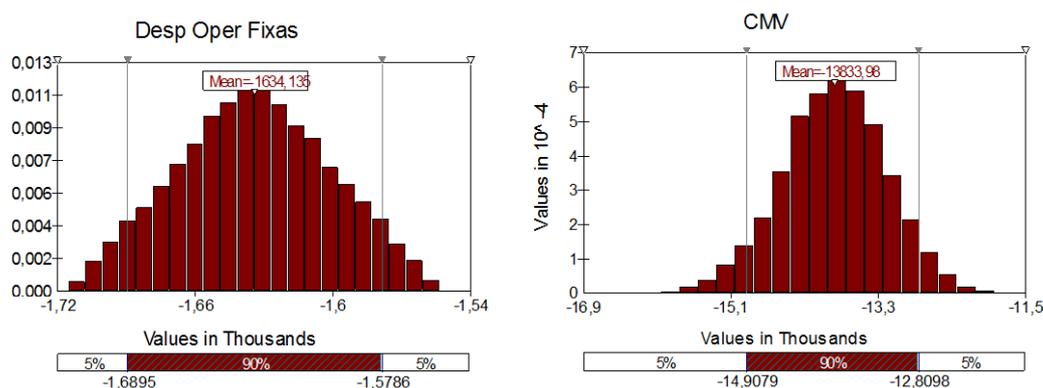
$$\sigma = \frac{\alpha - \ln(S_1^-/S_0)}{2} = \frac{0,03 - \ln(0,90)}{2} = 6,77\%$$

A fatia de mercado foi estimada como sendo uma distribuição triangular, onde o valor mais provável é o percentual adotado no modelo FCD. Com base na opinião de especialistas do setor, após análise dos dados de mercado e concorrência, adotou-se uma variação de  $\pm 4\%$  (em pontos percentuais) para a categoria de Mobiliários e Artigos do Lar e  $\pm 5\%$  para Eletrodomésticos e Equipamentos e também para Vestuário Confeccionado. A margem bruta obtida pela loja é função do Custo do Material Vendido (CMV), que por sua vez é afetado pelo sortimento,

pela política de preços e pela concorrência que a empresa enfrentará. Neste caso, adotamos uma distribuição triangular para o CMV com valores mais provável, mínimo e máximo para cada categoria, a saber:

- Mobiliários e Artigos do Lar: Valor mais provável de 66% da receita bruta, com valor mínimo de 65% e máximo de 67%;
- Eletrodomésticos e Equipamentos: Valor mais provável de 67% da receita bruta, com valor mínimo de 65% e máximo de 69%;
- Vestuário Confeccionado: Valor mais provável de 63% da receita bruta, com valor mínimo de 62% e máximo de 64%.

O nível das despesas operacionais também pode variar de acordo com a necessidade de maiores gastos em propaganda, ou de mais pessoal para atendimento, por exemplo. Para as despesas operacionais fixas, consideramos uma distribuição triangular utilizando o valor estático do FCD como valor mais provável, e 105% e 95% deste valor como limites superior e inferior, respectivamente. Para as despesas operacionais variáveis, consideramos também uma distribuição triangular com valor mais provável de 3,5% da receita bruta, com limites superior e inferior de 4,2% e 2,8%, respectivamente. Todas estas variáveis de risco foram modeladas numa planilha dinâmica juntamente com os demais dados do projeto. A Figura 1 ilustra a distribuição da despesas operacionais fixas e do CMV agregado das três categorias.



**Figura 1 – Distribuição para Despesas Operacionais Fixas e CMV**

A volatilidade do projeto, considerando apenas uma loja, foi estimada através de uma simulação de Monte Carlo com 10.000 iterações, seguindo a metodologia proposta por Copeland e

Antikarov (2002) conforme modificada por Brandão, Dyer, and Hahn (2012), obtendo-se uma volatilidade de 12,4% a.a.

#### **4.4. Árvore Binomial do Projeto Básico**

A modelagem do projeto seguindo CRR (1979) foi realizado com o auxílio do aplicativo DPL® com os seguintes parâmetros:

- $V_0$  : Valor da Loja 1 no instante inicial. Corresponde ao valor presente dos fluxos de caixa a partir do ano 1, inclusive. No caso, é igual a R\$ 11.696 mil.
- $\sigma$  : Volatilidade do projeto obtida através da simulação de Monte Carlo, com valor igual a 12,4% a.a.
- $r$  : Taxa livre de risco, estimada em 9% a.a.
- $D_t$  : Dividendos do projeto, obtidos através da modelagem por FCD. É o resultado da divisão do fluxo de caixa de cada período pelo valor do projeto no respectivo ano.
- $\Delta t$  : Trimestral, com valor de 0,25, num total de oito trimestres.

Para o caso base do projeto sem opções, como era de se esperar, obteve-se o mesmo valor de R\$ 11.696 mil do FCD. Para a solução do problema utiliza-se a medida neutra a risco, de forma a possibilitar em seguida o apreçamento das opções do projeto. Referimos o leitor a (Brandão, et al., 2012) para uma discussão mais detalhada deste método.

#### **4.5. Restrição de capacidade**

Devido a limitações de espaço físico, estoques e capacidade de atendimento, pode ocorrer que em determinadas ocasiões uma loja de varejo não tenha capacidade suficiente para atender a toda a demanda exigida naquele momento. Para a loja em questão, estima-se que o limite máximo de capacidade de produtos seja de R\$ 2.5 milhões mensais, ou R\$ 30 milhões por ano. Para o cálculo do fluxo de caixa de um determinado período na modelagem dinâmica, adota-se então o menor valor entre a demanda de mercado e o limite de vendas da loja, restringindo a oferta de produtos à sua capacidade instalada de vendas. Esta solução é modelada comparando-se na árvore binomial a cada momento o valor da loja em cada período e em cada estado com o

valor máximo admissível, adotando-se o menor dos dois para o cálculo do fluxo de caixa correspondente.

$$V_{i,j}^* = \min(V^{\max}, V_{i,j})$$

O valor máximo de cada loja é calculado pelo método do FCD utilizando-se R\$ 30 milhões como faturamento anual e mantendo-se as outras variáveis com seus valores estáticos. O valor máximo é constante ao longo do tempo, uma vez que assumimos que o projeto tem vida útil infinita, e para a Loja 1, o valor máximo é de R\$ 13.274 mil. Limitando-se agora os fluxos de caixa em cada período e estado às restrições de capacidade da loja, obtém-se pela árvore binomial um valor de R\$ 11.558 mil, que é um pouco menor do que o valor sem limitação, uma vez que ela restringe os valores mais altos, sem afetar os valores mais baixos, com um impacto negativo no valor final.

#### 4.6. Árvore de Decisão do Projeto

Consideramos que a decisão de continuar, expandir ou abandonar é tomada ao final de cada período trimestral ao longo dos dois primeiros anos do projeto. A opção de expandir para a segunda loja é modelada como um nó de decisão em cada período, com um preço de exercício que reflete o custo do investimento na nova loja. Como nesta modelagem o valor das lojas é um percentual do potencial de consumo do município, assumimos que a melhor estimativa para o valor da segunda loja em cada momento do tempo é o valor correspondente a este potencial de consumo menos o valor da Loja 1.

O valor presente dos fluxos de caixa determinísticos da Loja 1 equivale a 67,7% do valor presente do potencial de vendas com 2 lojas. Neste caso, o valor modelado para o fluxo de caixa da segunda loja é  $(1 - 67,7\%)$  vezes o valor do potencial de faturamento naquele período de tempo, menos o investimento de R\$ 5.419 mil para abrir a segunda loja. O valor da expansão para a segunda loja será igual ao valor da Loja 1 naquele período, acrescido do valor da Loja 2, menos o custo do investimento na Loja 2. Este valor deverá ser igual ou menor do que o valor máximo conjunto da Loja 1 e da Loja 2, conforme Equação (1):

$$VE_t = \min(V_1^{\max} + V_2^{\max}, V_t(1 - \delta_a) + V_{2,t} - Invest) e^{-rt/4} \quad (1)$$

Onde:

- $VE_t$  é o valor da expansão para a segunda loja no período  $t$ ;

- $V_1^{\max}$  e  $V_2^{\max}$  são os valores máximos das lojas 1 e 2, respectivamente;
- $V_t$  é o potencial de faturamento das lojas
- $\delta_a$  é a taxa de dividendos do ano 1 ou 2 capitalizada para 3 meses, sendo  $a = 1$  para o primeiro ano ( $t = 1$  a 4) e  $a = 2$  para o segundo ano ( $t = 5$  a 8);

- $V_{2,t} = \left( \frac{V_t}{\prod_{k=1}^{i-1} (1-D_k)} \right) \gamma_1 (1-\gamma_1)$ . O valor da Loja 2 no período é o valor da Loja 1 somado aos dividendos distribuídos e ajustado pelos percentuais de participação das lojas no potencial de faturamento total da cidade;

- $\gamma_1$  é o percentual de participação da Loja 1 no valor total do potencial de faturamento da cidade;
- Investimento = R\$ 5.919 mil

A opção de abandono é modelada com um nó de decisão em cada período  $t$ , onde há uma entrada de caixa no valor de R\$ 7 milhões, correspondente ao valor residual dos equipamentos que podem ser utilizados em outra loja e na recuperação do capital de giro investido. Na Figura 2 podemos observar os dois primeiros períodos da árvore binomial do projeto com as opções.

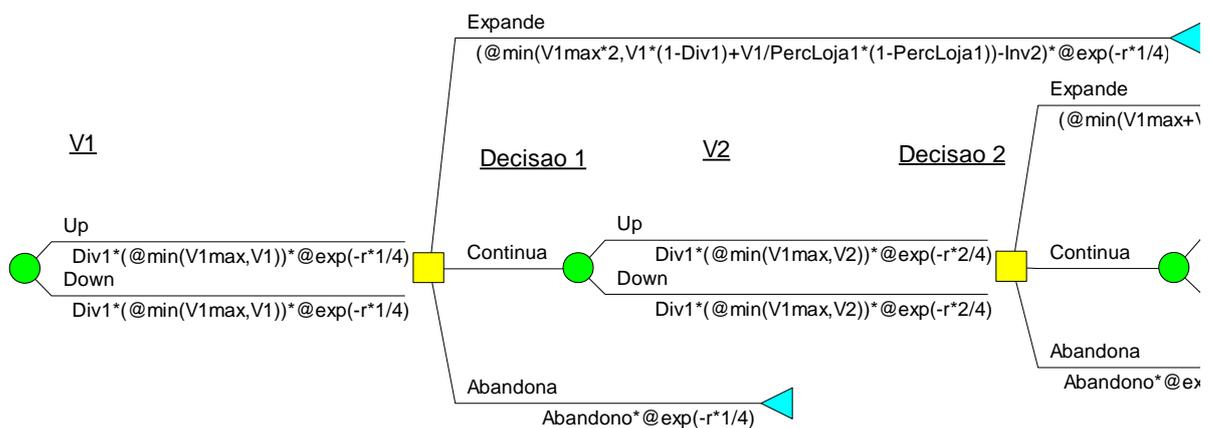


Figura 2 – Visão Parcial da Árvore de Decisão com Opções

## 5. Resultados

Os resultados da análise por opções reais, considerando todas as opções disponíveis para a empresa, indicam que o projeto tem um valor de R\$ 12.401 mil, conforme ilustrado na Figura 3.

Nela estão apresentados apenas os primeiros seis meses do projeto, ou dois períodos, devido à complexidade da árvore completa. Como esse valor já inclui o investimento na segunda loja, diminuindo-se deste valor o investimento inicial de R\$ 7.628 mil da primeira loja, obtém-se um VPL de R\$ 4.773 mil, comparado a um VPL de R\$ 4.068 mil pelo método do FCD para uma loja apenas. Neste caso, pode-se observar que as flexibilidades gerenciais, na forma das opções, aumentaram o valor de entrada no novo mercado em R\$ 718 mil, ou 17,3%. Considerando as duas lojas em conjunto, onde o VPL estático é de R\$ 3.719 mil, o acréscimo de valor devido à flexibilidade é de 28,3%.

A análise da política ótima de investimento ilustrada na Figura 4 mostra que a opção de expansão somente é exercida no último período da análise. A opção de abandono nunca é exercida, exceto por uma pequena probabilidade de 3% de exercício no período final. O principal motivo deste comportamento se deve ao fato de que como a taxa de dividendos é baixa, pois a loja é um projeto com prazo indeterminado, a opção passa a ter um comportamento similar ao de uma *Call Americana* sem dividendos em que a decisão ótima é nunca exercê-la antes do seu vencimento.

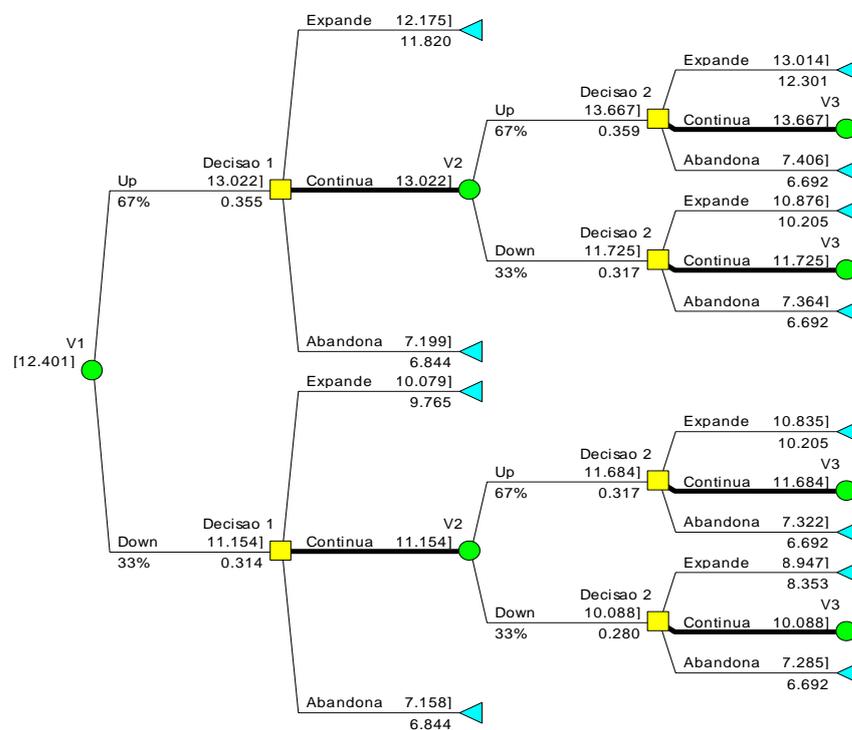
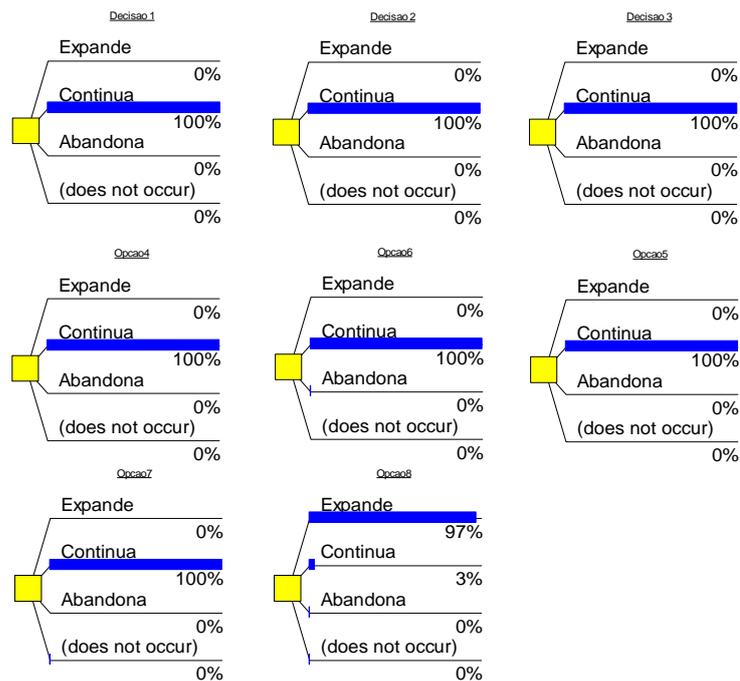
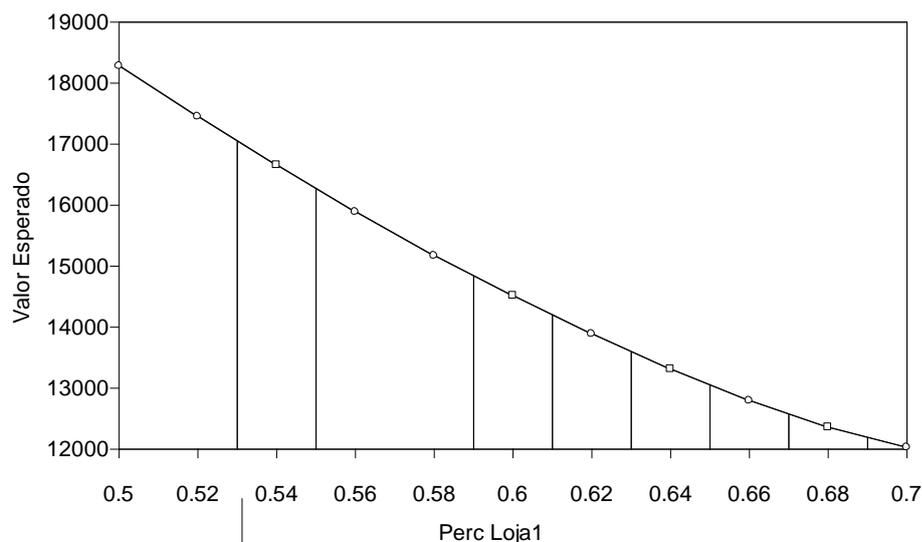


Figura 3 – Valor do Projeto com Opções



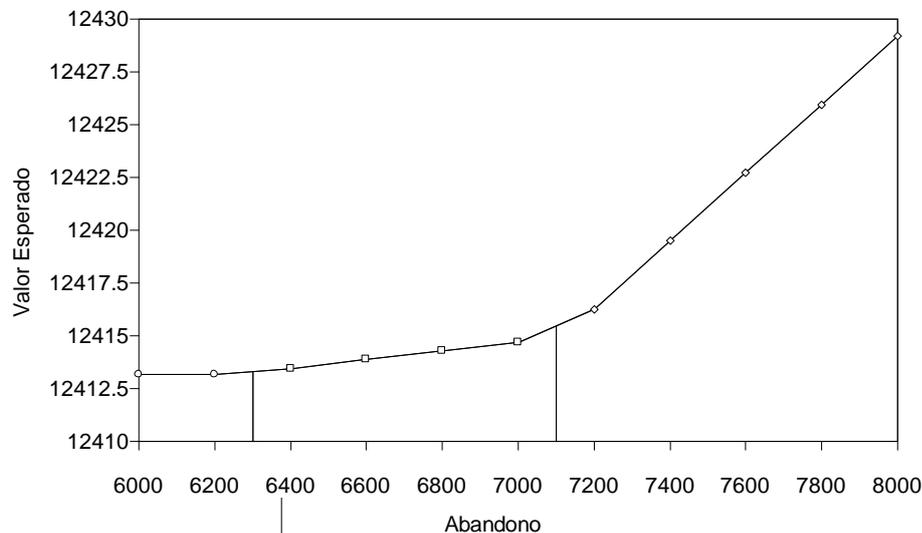
**Figura 4 – Política Ótima de Investimento**

Foi realizada uma análise de sensibilidade do valor esperado para o projeto com relação à canibalização entre as duas lojas, o que se reflete no valor da segunda loja e, conseqüentemente, no valor da opção de expansão. Utilizamos como variável a participação da primeira loja no potencial de faturamento da cidade, por esta indicar o grau de canibalização previsto. Na Figura 3 observa-se que o projeto é bastante sensível aos efeitos da canibalização, sendo que se o valor da contribuição da segunda loja aumentasse de 33,3% para 40%, o que seria representado na Figura 5 pela redução do percentual da primeira loja de 67,7% para 60%, o valor da expansão aumentaria em aproximadamente R\$ 2 milhões. Cabe ressaltar que este número é apenas um indicativo da sensibilidade, pois o valor da opção depende também do investimento na segunda loja, que seria alterado para maior, caso se esperasse que a participação da segunda loja fosse maior no potencial de faturamento da cidade.



**Figura 5 - Análise de Sensibilidade: Faturamento da Primeira Loja**

A análise de sensibilidade do valor de abandono demonstrou que esta opção não impacta o valor do projeto de forma significativa, conforme podemos observar na Figura 6. Uma variação de R\$ 1 milhão de reais no valor do abandono representa uma variação de menos de 1% no valor do projeto.



**Figura 6 - Análise de Sensibilidade: Valor do Abandono**

## 6. Conclusões

Neste trabalho analisamos o problema do investimento sequencial em condições de incerteza e flexibilidade aplicado ao caso da expansão geográfica de uma empresa varejista. A análise foi

realizada através do FCD e também pela metodologia das Opções Reais, considerando que existe uma restrição de capacidade por parte da rede em atender a demanda, utilizando dados típicos deste mercado.

A análise pelo método do FCD indicou que a estratégia ótima é investir apenas na primeira loja, uma vez que o VPL do investimento na segunda loja, se realizado de forma simultânea com a primeira, é negativo. No entanto, esta análise não leva em consideração que a evolução do potencial de consumo e as vendas futuras são incertas, e que a abertura e operação da loja pioneira podem trazer informações relevantes a respeito da aceitação dos produtos da rede neste novo mercado. Essas informações são valiosas e podem ser utilizadas para a empresa decidir pela viabilidade, ou não, do investimento na segunda loja em uma data futura.

Ao considerar as flexibilidades que este investimento proporciona à empresa através da análise por opções reais, a estratégia ótima da empresa se altera. Os resultados indicam que, para o caso em questão, a empresa deve adiar a decisão do investimento na segunda loja para o final do período de dois anos, quando há uma probabilidade de 97% das condições serem propícias para o investimento. Caso contrário, a empresa deverá manter apenas a loja pioneira em operação. O valor da opção de abrir a segunda loja no futuro aumenta o valor do projeto em aproximadamente R\$ 1 milhão, um valor 28,3% maior do que o VPL originalmente calculado pelo método do FCD. Por outro lado, apesar da empresa ter ainda a opção de abandonar a loja pioneira, o potencial do mercado analisado é tal que essa opção nunca será exercida, mesmo possuindo um alto valor residual obtido pela revenda dos equipamentos e pela recuperação do capital de giro investido na loja.

Pela análise realizada, inferimos que mesmo que o VPL da loja pioneira seja negativo, é possível que ainda seja vantajoso para a empresa investir no município. Isso decorre do fato de que as receitas futuras são incertas, e se forem maiores do que o esperado podem levar a empresa a abrir uma segunda loja. Por outro lado, caso estas receitas não se concretizem, a empresa pode decidir pela sua retirada deste mercado e abandono da loja, recuperando parte do investimento realizado. Desta forma, se o valor destas opções de expansão e abandono forem maiores do que o VPL negativo da loja pioneira, o investimento seria recomendado. Os resultados obtidos também sugerem que ao adotar exclusivamente o método do FCD, empresas que investem em projetos deste tipo que apresentam significativas flexibilidades gerenciais podem estar tomando decisões não ótimas por estar subestimando o valor real do projeto.

Cabe uma ressalva a respeito da conclusão que será sempre ótimo adiar a decisão de investir na segunda loja até o último momento, conforme indicado pelos resultados obtidos. Na prática, uma loja de varejo está sujeita à concorrência de outras redes. Assim, existe o risco de que a demora em investir na expansão acabe por facilitar a entrada de um concorrente neste mercado. Por este motivo, neste trabalho limitou-se o prazo durante o qual a empresa detém uma opção proprietária para apenas dois anos, embora seja possível que um concorrente agressivo possa penetrar neste mercado antes deste prazo. Dado que o modelo é sensível a alguns dos parâmetros utilizados, projetos distintos podem levar a resultados diferentes dos encontrados para este caso em particular.

## Referências Bibliográficas

- Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Cooper, M. B. (2007). *Gestão da Cadeia de Suprimentos e Logística*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Brandão, L. E., Dyer, J. S., & Hahn, W. J. (2012). Volatility estimation for stochastic project value models. *European Journal of Operational Research*, 220(3), 642-648. doi: 10.1016/j.ejor.2012.01.059
- Brennan, M. J., & Schwartz, E. S. (1985). Evaluating Natural Resource Investments. *Journal of Business*, 58(2), 135-157.
- Copeland, T., & Antikarov, V. (2002). *Opções Reais*. São Paulo: Editora Campus.
- Cox, J. C., Ross, S. A., & Rubinstein, M. (1979). Option pricing: A simplified approach. *Journal of Financial Economics*, 7(3), 229-263. doi: 10.1016/0304-405x(79)90015-1
- Dixit, A. K., & Pindyck, R. S. (1994). *Investment under Uncertainty*. Princeton: Princeton University Press.
- Galvão, R. D., Acosta Espejo, L. G., & Boffey, B. (2002). A Hierarchical Model for the Location of Perinatal Facilities in the Municipality of Rio de Janeiro. *European Journal of Operational Research*, 138(3), 495-517. doi: 10.1016/s0377-2217(01)00172-2
- Gielens, K., & Dekimpe, M. G. (2004). How To Seize a Window of Opportunity: The Entry Strategy of Retail Firms into Transition Economies *LICOS Discussion Papers, 14604*: LICOS - Centre for Institutions and Economic Performance, K.U.Leuven
- Hotelling, H. (1929). Stability in Competition. *The Economic Journal*, 39(153), 41-57.
- McDonald, R., & Siegel, D. (1986). The Value of Waiting to Invest. *Quarterly Journal of Economics*, 101(4), 707-728.
- Nicolay, M. G. V. (2003). *Uma Demonstração do Efeito Distorcivo da Política Tributária Brasileira na Atividade Logística: Um Estudo de Casos*. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

- Pizzolato, N. D., et al. (2004). Localização de Escolas Públicas: Síntese de Algumas Linhas de Experiência no Brasil. *Pesquisa Operacional*, v.24(1), 111-131.
- Rocha, A. L. P. (2008). *Gestão de Logística Empresarial*. Rio de Janeiro: SENAC.
- Rozental, M., & Pizzolato, N. D. (2006). *Estudo para Localização Normativa de Shopping Centers de Vizinhança: Estudo de Caso no Bairro da Barra da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ*. Paper presented at the XIII CLAIO - Congresso Latino Iberoamericano de Investigações Operativas., Montevideo, .
- Trigeorgis, L. (1996). *Real options, Managerial Flexibility and Strategy in Resources Allocation*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

## ANEXO I

## Fluxo de Caixa (em R\$ 1.000)

Uma Loja	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
<b>Receita Bruta</b>		<b>25.247</b>	<b>26.005</b>	<b>26.785</b>	<b>27.589</b>	<b>28.416</b>
UD		6.379	6.571	6.768	6.971	7.180
AV		13.203	13.599	14.007	14.427	14.860
RC		5.665	5.835	6.010	6.191	6.376
Impostos sobre vendas		(3.156)	(3.251)	(3.348)	(3.449)	(3.552)
<b>CMV</b>		<b>(16.604)</b>	<b>(17.102)</b>	<b>(17.615)</b>	<b>(18.144)</b>	<b>(18.688)</b>
UD		(4.019)	(4.139)	(4.264)	(4.392)	(4.523)
AV		(8.846)	(9.111)	(9.385)	(9.666)	(9.956)
RC		(3.739)	(3.851)	(3.967)	(4.086)	(4.208)
<b>Margem Bruta</b>		<b>5.488</b>	<b>5.652</b>	<b>5.822</b>	<b>5.996</b>	<b>6.176</b>
Desp.Oper. Variáveis		(884)	(910)	(937)	(966)	(995)
Desp.Oper. Fixas		(1.634)	(1.634)	(1.634)	(1.634)	(1.634)
<b>EBITDA</b>		<b>2.970</b>	<b>3.108</b>	<b>3.250</b>	<b>3.397</b>	<b>3.548</b>
Depreciação		(500)	(500)	(500)	(500)	(500)
Impostos		(840)	(887)	(935)	(985)	(1.036)
Lucro Líquido		1.630	1.721	1.815	1.912	2.011
Depreciação Investimento	(2.500)	500	500	500	500	500
Var Capital de Giro	(5.128)	(312)	(189)	(195)	(201)	(207)
CAPEX		(150)	(150)	(150)	(150)	(150)
Fluxo de Caixa Anual	<b>(7.628)</b>	<b>1.668</b>	<b>1.882</b>	<b>1.970</b>	<b>2.061</b>	<b>2.154</b>
Perpetuidade						<b>12.240</b>
Fluxo de Caixa Livre	<b>(7.628)</b>	<b>1.668</b>	<b>1.882</b>	<b>1.970</b>	<b>2.061</b>	<b>14.395</b>
<b>VP</b>	<b>11.696</b>					
<b>VPL</b>	<b>4.068</b>					
			Crescimento Perpetuidade (g)			0%
			WACC			17%

	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
VP	11.696	13.684	14.059	14.247	14.364
<b>Taxa de dividendos</b>	0,1219	0,1339	0,1383	0,1435	1,0000

## Fluxo de Caixa (em R\$ 1.000)

Duas Lojas	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
<b>Receita Bruta</b>	<b>40.853</b>	<b>42.079</b>	<b>43.341</b>	<b>44.642</b>	<b>45.981</b>	<b>47.360</b>
UD	10.322	10.632	10.951	11.279	11.618	11.966
AV	21.364	22.005	22.665	23.345	24.045	24.767
RC	9.167	9.442	9.725	10.017	10.318	10.627
Impostos s/ vendas		(5.260)	(5.418)	(5.580)	(5.748)	(5.920)
<b>CMV</b>	<b>(27.673)</b>	<b>(28.503)</b>	<b>(29.359)</b>	<b>(30.239)</b>	<b>(31.147)</b>	<b>(31.147)</b>
UD		(6.698)	(6.899)	(7.106)	(7.319)	(7.539)
AV		(14.743)	(15.186)	(15.641)	(16.110)	(16.594)
RC		(6.232)	(6.419)	(6.611)	(6.810)	(7.014)
<b>Margem Bruta</b>	<b>9.146</b>	<b>9.420</b>	<b>9.703</b>	<b>9.994</b>	<b>10.294</b>	<b>10.294</b>
Desp.Op. Variáveis		(1.473)	(1.517)	(1.562)	(1.609)	(1.658)
Desp.Op. Fixas		(3.268)	(3.268)	(3.268)	(3.268)	(3.268)
<b>EBITDA</b>	<b>4.405</b>	<b>4.635</b>	<b>4.872</b>	<b>5.116</b>	<b>5.368</b>	<b>5.368</b>
Depreciação		(1.000)	(1.000)	(1.000)	(1.000)	(1.000)
Impostos		(1.158)	(1.236)	(1.317)	(1.400)	(1.485)
Lucro Líquido		2.247	2.399	2.556	2.717	2.883
Depreciação Investimento	(5.000)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Var Capital de Giro	(8.547)	(520)	(316)	(325)	(335)	(345)
CAPEX		(300)	(300)	(300)	(300)	(300)
Fluxo de Caixa Anual	<b>(13.547)</b>	<b>2.427</b>	<b>2.784</b>	<b>2.931</b>	<b>3.082</b>	<b>3.238</b>
Perpetuidade						<b>17.992</b>
Fluxo de Caixa Livre	<b>(13.547)</b>	<b>2.427</b>	<b>2.784</b>	<b>2.931</b>	<b>3.082</b>	<b>21.230</b>
<b>VP</b>	<b>17.266</b>					
<b>VPL</b>	<b>3.719</b>					
			Crescimento Perpetuidade (g)			0%
			WACC			17%

	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
VP	17.266	20.201	20.795	21.073	21.227
<b>Taxa de dividendo</b>	0,1202	0,1339	0,1391	0,1452	1,0000