

# ANÁLISE DE INVESTIMENTOS: UMA CONTRIBUIÇÃO PROBABILÍSTICA AO ÍNDICE TMA/TIR DA METODOLOGIA MULTI-ÍNDICE

**Paulo Sergio Macuchen Nogas, M. \***

Sc. paulo.nogas@pucpr.br

**Alceu Souza, Dr. \*\***

alceu.souza@pucpr.br

**Wesley Vieira da Silva, Dr. \*\*\***

wesley.vieira@pucpr.br

## RESUMO

Na Metodologia Multi-índice (Souza; Clemente, 2008), para análise de viabilidade financeira de projetos de investimentos em ativos reais, uma medida de risco é o índice composto pela divisão da Taxa de Mínima Atratividade (TMA) pela Taxa Interna de Retorno (TIR). Este artigo tem por objetivo aprofundar a discussão desse indicador de risco enquanto elemento de apoio à decisão. Assumiu-se que a TIR e a TMA são variáveis aleatórias independentes e seguem distribuições normais em que as médias correspondem aos índices calculados quando da análise do projeto. Utilizando o software Crystal Ball 7 foram hipotetizadas distribuições de probabilidades para a TMA e para a TIR. Utilizando-se o Método de Monte Carlo foi possível quantificar o risco de que a TMA seja maior que a TIR depois de iniciado o projeto sob diferentes cenários.

43

**Palavras chave:** Análise de Investimentos, Decisão de Investimentos, Metodologia Multi-índice

\* Doutorando em Administração da Escola de Negócios da PUCPR. Mestre em Tecnologia, 2004, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Professor de Estatística, Finanças e Finanças Comportamentais na Escola de Negócios da PUCPR. Professor convidado da UDE - Universidad de La Empresa. Artigos sobre Integração de Mercados Acionários e Finanças.

\*\* Professor do Doutorado em Administração da Escola de Negócios da PUCPR. Dr. em Administração de Empresas, 1996, EAESP-FGV, São Paulo, Brasil. Autor de vários artigos sobre Decisões de Investimentos e Gestão Estratégica de Custos. Co-autor dos livros Decisões Financeiras e Análise de Investimentos, e Gestão de Custos, publicados pela Editora Atlas, São Paulo, Brasil.

\*\*\* Professor do Doutorado em Administração da Escola de Negócios da PUCPR. Dr. em Engenharia de Produção, 2002, pela Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil. Áreas preferenciais de atuação: Gerenciamento de Riscos e Economia Empresarial. Autor de vários artigos sobre Qualidade, Economia, Finanças, Estratégia e Gerenciamento de Riscos publicados em periódicos nacionais e internacionais.

## ABSTRACT

In the Multi-index Methodology (Souza; Clemente, 2008), for analysis of financial viability of investment projects in real assets, one risk measure is the index obtained by dividing the Minimum Attractiveness Rate (MAR) by the Internal Rate of Return (IRR). This article aims to analyze this risk indicator as an element of decision support for investment in real assets. It was assumed that the IRR and MAR are independently random variables and follow normal distributions with mean equals those obtained in the analysis of the project. By using the software Crystal Ball 7 were hypothesized probability distributions for the MAR and the IRR. Using the Monte Carlo Method was possible to quantify the risk that the MAR be greater than the IRR after starting the project under different scenarios.

**Keywords:** Investment Analysis, Investment Decisions, Multi-index Methodology

## INTRODUÇÃO

A atividade econômica tem por objetivo atender às necessidades ilimitadas dos indivíduos administrando recursos escassos ou limitados. Face à limitação ou escassez desses recursos, quaisquer que sejam, teoricamente deveria buscar-se uma alocação ótima de recursos. Contudo, face impossibilidade de acesso a todas as informações e oportunidades de investimentos que permeiam o mundo dos negócios, soluções quase-ótimas têm sido aceitas para nortear as decisões de investimentos. Mesmo tendo-se ciência dessa racionalidade limitada alguns métodos ou critérios são necessários para efetuar a melhor alocação a luz dos recursos e das informações disponíveis. A decisão de investir tem sido objeto de estudo de vários autores, tais como Keynes (1977); Penrose (2006), Guimarães (1987).

44

Independente do autor selecionado, duas dimensões se fazem presente nas Decisões de investimentos: risco e retorno. Em grande parte das situações reais a avaliação do risco está fundamentada na experiência do tomador de decisão. Entretanto, quando possível, a quantificação do risco por meio de probabilidades traz ao processo decisório informações adicionais que podem ser utilizadas para mitigar o risco.

A análise de risco em projetos de investimentos, a despeito da fartura de estudos sobre risco, ainda está concentrada em duas abordagens: o conceito de prêmio pelo risco que nada mais é do que um "spread" que se acopla sobre a taxa quase livre de risco e a geração de cenários usando o Método de Monte Carlo o qual permite calcular a probabilidade do projeto ser inviável financeiramente. Mesmo a Teoria das Opções Reais não foge a essas abordagens.

Mais recentemente, a Metodologia Multi-índice proposta por Souza e Clemente (2008), se diferencia das anteriores por não usar o conceito de prêmio pelo risco e por defender a idéia de que risco é multidimensional e, portanto, deve ser analisado por um conjunto de índices. Um dos indicadores utilizado nessa metodologia é o da relação entre a Taxa de Mínima Atratividade (TMA) e a Taxa Interna de Retorno (TIR). Esse índice é utilizado como proxy da probabilidade de se obter melhor retorno no mercado de títulos conservadores do que no projeto em si. Assim, o objetivo do presente trabalho é propor uma contribuição à Metodologia Multi-índice para o caso em que tanto a TMA como a TIR sejam variáveis aleatórias independentes e normalmente distribuídas.

Este trabalho está subdividido em cinco tópicos, dos quais o primeiro é a presente introdução. O segundo retoma os conceitos e premissas relacionados ao Método Clássico, Teoria das Opções Reais e a Metodologia Multi-índice para decisão de investimentos em ativos reais. No terceiro tópico são abordados os pressupostos e hipóteses assumidas para se proceder à simulação, assim como a

conceituação das ferramentas de análise utilizadas - medidas descritivas e regressão múltipla. No quarto tópico são apresentados os resultados da simulação e da análise de regressão, e no quinto, as considerações finais acerca do trabalho.

## 1 - ANÁLISE DE INVESTIMENTOS

Investimentos podem ser feitos em ativos financeiros e em ativos reais. Para Bodie, Kane e Marcus (2000: 39) a diferença entre estes dois tipos de ativos é que os reais efetivamente representam riqueza, enquanto que os financeiros representam direitos - parciais ou totais - sobre esta riqueza, determinando de que modo a propriedade sobre os ativos reais se distribui entre os investidores. Ativos financeiros, na maior parte dos casos, apresentam maior liquidez do que ativos reais. Por este motivo, a avaliação de riscos e a decisão de investir apresentam peculiaridades específicas a cada situação.

Para Souza e Clemente (2007: 2) as decisões de investimentos em ativos reais são tratadas no âmbito da estratégia das empresas. Informações relevantes, disponibilidade de recursos, flexibilidade estrutural, oportunidades de negócios e capacidade de articulação constituem a argamassa necessária para a orientação estratégica. A decisão de investir é o ato contínuo para a materialização da estratégia. Uma característica dessa decisão é a sua irreversibilidade no curto prazo. Por essa razão são efetuados estudos, a priori, para assegurar um mínimo de certeza sobre a decisão tomada dado os custos explícitos e ocultos associados a sua irreversibilidade. Esses estudos se enquadram nos chamados Métodos de Análise de Investimentos e podem ser classificados em três grandes vertentes: Método Clássico; Teoria das Opções reais e Metodologia Multi-índice.

Independente do método, todos possuem como característica comum o uso do fluxo de caixa projetado, a hipótese da perpetuidade representada pelo valor residual ao final do horizonte de planejamento e uma taxa de desconto para estabelecer as relações de equivalência do fluxo de caixa. Essas relações de equivalência de capital ao longo de um horizonte de tempo é que permitirão estimar as métricas que serão comparadas com os critérios de decisão previamente estabelecidos. As diferenças entre os métodos utilizados surgem em decorrência do que é incorporado no fluxo de caixa, na taxa de desconto e na seleção das métricas.

45

### 1.1 Método Clássico

O Método Clássico tem sua origem, ainda sob a denominação de Engenharia Econômica, em obras clássicas como: *The Economic Theory of Location Railways* de Arthur Mellen Wellington publicada em 1914 (Calvert, 2005); *Present Worth Calculations in Engineering Studies* de Walter O. Pennel publicada em 1914 (Callahan, Cooke, Haka, 2002); *Engineering Economics: first principles* de John Carles Lounsbury Fish publicado em 1915 (Callahan; Cooke; Haka; 2002); *Principles of Engineering Economy* de Eugene L. Grant, W. Grant Ireson Lounsbury e Richard S. Leavenworth publicado em 1930 (Grant et alii, 1976) e *Engineering Economy* de E. Paul DeGarmo, John R. Canada e William G. Sullivan publicado em 1942 (DeGarmo et alii, 1979).

A partir desses textos clássicos em Engenharia Econômica surgem novos trabalhos (livros ou capítulos de livros) sob a denominação de Orçamento de Capital ou Teoria da Aplicação do Capital (Dean, 1951; Lorie, Savage, 1955; Anthony, 1956; Fleischer, 1969; Gitman, 1975; Brigham, Ehrhardt, 2002; Brealey, Myers, 2003) e também textos sob a denominação de Análise e Decisões de Investimentos (Casarotto Filho, Kopitke, 1994; Souza, Clemente, 2008; Laponi, 2000; Assaf Neto, 2005; Motta, Calôba, 2002).

A principal característica do Método Clássico é expressar o risco como um "spread" da taxa de desconto do fluxo de caixa. Assim a taxa de desconto, denominada Taxa de Mínima Atratividade (TMA) é composta pela taxa "quase livre de risco" e mais um prêmio pelo risco expresso como um spread que se acopla sobre a TMA. As métricas de análise, invariavelmente, se concentram no Valor Presente Líquido (VPL) e na Taxa Interna de Retorno (TIR), isto é,  $VPL > 0$  e  $TIR > TMA$  indicam a viabilidade do projeto de investimento. Esses autores também reconhecem os aspectos aleatórios presentes no fluxo de caixa descontado e na taxa de desconto utilizada e, por essa razão, utilizam o Método de Monte Carlo para gerar a distribuição de probabilidade do VPL e da TIR de um projeto de investimento. É inegável que essa abordagem melhora a percepção de risco do projeto, mas não elimina o fato de que o risco, a priori, já foi reduzido a um mero spread.

Quando a  $TIR > TMA$  é utilizada como critério para seleção de projetos de investimentos há críticas adicionais a esse procedimento. Dentre as quais a possibilidade de que seja múltipla - quando houver novos investimentos no decorrer do projeto - o que pode tornar inviável seu uso neste caso (Souza; Clemente, 2008; Motta; Calôba, 2002; Martin, 2007; McKinsey & Co., 2005).

## 1.2 Teoria das Opções Reais

46 A Teoria de Opções Reais (TOR) contesta a Metodologia Clássica por não incluir no fluxo de caixa projetado algumas opções que são inerentes a alguns tipos de investimentos: adiar; abandonar; expandir e reformular. Nos extremos estão a opção de abandonar quando os cenários pessimistas persistem e de expandir quando os cenários otimistas se apresentam. A hipótese básica é que o grupo gestor de projetos de investimentos tem opções e que ao exercê-las o VPL do projeto melhor expressa a agregação de valor gerada pelo investimento. Na TOR esse VPL é denominado VPL com flexibilidade ( $VPL_{COM FLEXIBILIDADE}$ ). A diferença entre este  $VPL_{COM FLEXIBILIDADE}$  e o VPL do Método Clássico é denominada valor da opção gerencial. Dentre os vários autores da TOR destacam-se as obras de Dixty e Pindyck (1994), Lopes (2001), Copeland e Antikarov (2001), Minardi (2004) e Brasil et alii (2007).

Copeland e Antikarov (2001, p. 307) assim sintetizam a abordagem das opções reais: calcular o  $VPL_{SEM FLEXIBILIDADE}$ ; utilizar o Método de Monte Carlo para captar as incertezas de demanda; de preço; de custo e respectivas taxas de crescimento; Calcular a volatilidade do projeto que é dado pelo desvio-padrão da evolução do Valor Presente; usar a volatilidade para estimar os fatores ascendentes (u) e descendentes (d) para construir a árvore de eventos; inserir as flexibilidades

gerenciais; calcular o  $VPL_{COM FLEXIBILIDADE}$  e determinar o valor da opção. Embora a TOR insira mais realismo ao fluxo de caixa do projeto e ao processo de gestão de projetos de investimentos ainda perdura o fato da taxa de desconto ser composta pela taxa livre de risco e mais um prêmio pelo risco. O critério de análise é praticamente o mesmo do Método Clássico, isto é,  $VPL_{COM FLEXIBILIDADE} > 0$ .

## 1.3 Metodologia Multi-índice

A Metodologia Multi-índice consiste em, a partir do fluxo de caixa descontado e da análise do contexto, gerar dois conjuntos de indicadores. O primeiro conjunto composto pelos indicadores Valor Presente Líquido (VPL), Valor Presente Líquido Anualizado (VPLa), Índice Benefício/Custo (IBC) e Retorno Adicional do Investimento (ROIA) objetiva melhorar a percepção do retorno. O segundo conjunto composto por indicadores medidos numa escala entre zero (ausência de risco) e um (risco máximo) objetiva melhorar a percepção do risco do projeto. Esse conjunto é composto pelo Índice TMA/TIR, Índice Pay-back/N, Grau de Comprometimento da Receita, Risco de Gestão e Risco do Negócio.

Nessa metodologia é sugerido que a TMA seja representada pelo retorno da aplicação do capital de investimento em títulos de baixo risco e compatíveis com o perfil do investidor. Assim, nessa metodologia o risco não é incorporado como um spread sobre a taxa de desconto e, portanto, deve ser analisado de forma separada por meio de outros indicadores derivados da Análise SWOT, PEST, 5 Forças de PORTER e também pela estrutura de custos que se instala com a decisão de investimento. A hipótese subjacente na Metodologia Multi-índice é que o risco de projetos é multidimensional e somente empresas com larga experiência em projetos podem expressar o risco por meio de um spread sobre a taxa de desconto. Para empresas com pouca tradição e para projetos novos ou com características muito diferentes dos tradicionais a avaliação do risco é muito mais complexa e de difícil redução a um único valor: o spread.

Assim, na Metodologia Multi-índice o critério de decisão  $VPL > 0$  apenas indica que o projeto deve continuar sendo analisado. É necessário ainda avaliar se o retorno percebido representado pelo ROIA (Retorno Adicional decorrente do Investimento) é suficiente para compensar a percepção de risco. Essa metodologia força o decisor a um confronto entre as percepções de retorno e de risco (Souza, Clemente, 2008:130).

### 1.3.1 Indicadores de Viabilidade da Metodologia Multi-índice

O tratamento teórico dos indicadores utilizados, bem como as fórmulas de cálculo estão disponíveis em vários textos, como em Souza e Clemente (2008) e, por essa razão, não serão aqui apresentados. A classificação dos indicadores de viabilidade (risco ou retorno) seguiu a metodologia proposta por Souza e Clemente (2008). Estes autores argumentam que a rentabilidade do projeto é mais bem representada pelo indicador ROIA (Retorno adicional decorrente do Investimento realizado) que tem a vantagem de expurgar o efeito cruzado da TMA. Também argumentam que, para fluxos de caixa 47  
construídos como o valor médio ou mais provável para os custos e receitas, a avaliação do risco seja analisada após a geração dos indicadores de retorno.

Dado que tanto a TMA como a TIR dependem de fatores sistêmicos e conjunturais, é plausível que se interpretem as mesmas como variáveis aleatórias. Dessa forma, Souza e Clemente (2008) argumentam que o risco financeiro de um projeto de investimento (probabilidade de se ganhar mais aplicando na TMA do que no projeto de investimento) pode ser medido pela probabilidade da TIR ser menor do que a TMA, quando as distribuições de probabilidade das mesmas forem conhecidas. Contudo, mesmo não se conhecendo as distribuições de probabilidades, pode-se interpretar a proximidade da TIR em relação a TMA como uma medida de risco. Por essa razão a TIR, ao contrário da metodologia tradicional de análise de projetos, é aqui classificada como indicador de risco.

Na metodologia de Souza e Clemente (2008) o pay-back também é interpretado como um indicador de risco. Ao relacionar o pay-back com a vida útil do projeto (N) melhora-se a percepção do risco (escala de 0 a 1) quanto à recuperação do capital investido.

Sugere-se, também, que se utilize a opinião de especialistas (Método Delphi) para inferir dois outros tipos de risco: Risco de Gestão e Risco de Negócio. O Risco de Gestão está associado ao grau de sucesso em empreendimentos similares, a competência técnica em produção e comercialização (incluindo-se aí a motivação para a inovação) e a saúde financeira do grupo em análise. O Risco de Negócio está associado a fatores não controláveis que afetam os negócios tais como o surgimento de barreiras alfandegárias, aspectos sanitários, grau de concorrência, barreiras de entrada, tendências da economia e do setor de atividade.

### 1.3.2 Taxa Mínima de Atratividade

Na metodologia Multi-índice a TMA é a melhor taxa, com baixo grau de risco, disponível para aplicação do capital em análise. Essa taxa é representada pela remuneração dos títulos de baixo risco (CDB's, RDB's, fundos mútuos, ...) e deve ser compatível com o perfil do investidor. Dessa forma, a rentabilidade obtida (ROIA) considerará como ganho apenas o excedente sobre aquilo que já se tem, isto é, o que será obtido além da aplicação do capital à TMA.

### 1.4 Comparação entre os Métodos

Quanto ao retorno de um projeto de investimento as três metodologias apresentam indicadores diferentes. Na Metodologia Clássica o retorno é medido pela Taxa Interna de Retorno (Equação 1), na Teoria das Opções Reais é medido pela Taxa de Retorno (Equação 2) e na Metodologia Multi-índice é medido pelo ROIA (Equação 3).

$$\sum_{j=0}^N \frac{CF_j}{(1 + TIR)^j} = 0 \quad (1)$$

$$TR = \ln \left( \frac{VP_1 + CF_1}{VP_0} \right) \quad (2)$$

48

$$ROIA = \sqrt[N]{\frac{VP \text{ do Fluxo de Benefícios}}{VP \text{ do Fluxo de Investimentos}}} - 1 \quad (3)$$

O que distingue uma metodologia da outra, portanto, são os critérios de aceitação relativos ao projeto em análise.

Na Metodologia Clássica, basta que o VPL seja superior a zero, ou então que a TIR seja maior do que a TMA para que o projeto seja considerado bom para investir, como mostra a Equação 1.

Na Teoria das Opções Reais, a aprovação de um projeto de investimento se dá quando o VPL expandido é superior a zero, como se observa na Equação 2.

Na Metodologia Multi-índice, entretanto, o fato de se ter um VPL, ou VPLa, superior a zero, ou ainda o IBC superior à unidade, indicam apenas que a análise do projeto pode continuar. Posteriormente, o ROIA deve ser confrontado com os indicadores de percepção de risco para se fazer a melhor avaliação (Souza e Clemente, 2008, p. 78), além da análise da relação entre a TMA e a TIR, objeto do presente trabalho.

A Metodologia Multi-índice, portanto, leva em conta um conjunto de indicadores para se chegar a uma avaliação mais apurada de um projeto de investimento.

## 2 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste tópico é apresentada a metodologia utilizada no trabalho, subdividida em três partes, que retratam a caracterização desta pesquisa; o método de simulação; a forma de obtenção dos dados e o seu tratamento; e as ferramentas de análise utilizadas.

### 2.1 Caracterização da pesquisa

Trata-se, segundo Silva e Menezes (2001), de uma pesquisa teórica quanto a sua natureza; quantitativa quanto à forma de abordagem do problema; descritiva quanto ao seu objetivo e bibliográfica quanto aos procedimentos técnicos de coleta de dados. É teórica porque está sendo elaborada a partir de cenários hipotetizados com o uso do método indutivo, usado e defendido por Francis Bacon, com o qual se pode descobrir princípios gerais a partir de conhecimentos particulares; é quantitativa porque requer o uso de recursos matemáticos para solução e análise; é descritiva porque mapeia as relações entre os coeficientes de variação e a probabilidade da TMA>TIR sob diferentes cenários; é explicativa porquanto objetiva esclarecer os fundamentos que caracterizam o risco de um projeto de investimento; e, por fim, é bibliográfica porque também se utiliza material já publicado.

Também pode ser enquadrada como pesquisa básica quanto à sua natureza, visto que busca aprofundar conhecimentos acerca de um assunto que podem posteriormente ser aplicados às empresas em geral, pelos tomadores de decisão (Hair Jr., Babin, Money, Samouel, 2005).

### 2.2 Método de Monte Carlo

O Método de Monte Carlo foi criado por Stan Ulam em 1945 (Metropolis, 1987 apud Frega 2009, p. 83). Segundo Sobol (1994 apud Frega, 2009: 83) o "Método de Monte Carlo é um método numérico para a resolução de problemas matemáticos por meio da geração e aplicação de números aleatórios, segundo uma distribuição de probabilidade conhecida a priori". Em síntese, o método consiste em gerar números aleatórios entre zero e um e rebatê-los segundo uma distribuição de probabilidade especificada. Assim, projetos de investimentos que possam ter a demanda, o preço, os custos e a taxa de crescimento especificados por meio de distribuições de probabilidade podem se valer do Método de Monte Carlo para gerar várias combinações desses parâmetros e observar os resultados obtidos (Silva, Silva, Gonçalves, Murolo, 1998: 143). Esse procedimento, denominado Simulação de Monte Carlo ou Simulação Estocástica, tem sido utilizado largamente em vários problemas cuja observação do fenômeno real seja difícil, custoso ou até mesmo impossível.

Para Chorafas (1994: 316), pela aplicação do Método de Monte Carlo é possível obter um modelo que caracterize o problema em estudo; programar a seqüência de eventos por meio de regras determinísticas, quando elas são possíveis, e utilizar processos probabilísticos para prever ou simular os fatores "obscuros".

Para estimar as probabilidades descritas no objetivo deste trabalho, com base nas hipóteses assumidas, a simulação de Monte Carlo foi operacionalizada por meio do uso do software Crystal Ball 7.

### 2.3 Pressupostos para a obtenção/geração dos dados

Para proceder à análise proposta, foram assumidas as seguintes hipóteses em relação à TMA e à TIR:

- Ambos indicadores são identicamente distribuídos, e na presente análise assume-se que seguem distribuições normais;

- Suas médias correspondem aos índices obtidos/calculados;
- Seus coeficientes de variação são arbitrados de modo a permitir simulações;
- Os coeficientes de variação são considerados idênticos para os dois indicadores - TMA e TIR - em cada simulação efetuada.

Para a TMA foram atribuídos os percentuais inteiros de 9% a 14% que são compatíveis com a realidade brasileira à época do presente estudo. Os valores da TIR foram obtidos de modo a que o índice TMA/TIR não extrapolasse a escala de risco, isto é mínimo de 0 (ausência de risco) e máximo de 1 (risco máximo). Para o propósito deste trabalho estabeleceu-se um mínimo de 0,3 para o menor risco e de 0,9 para o maior risco e mantidos constantes em cada nova simulação. O valor do desvio padrão foi atribuído de modo que o coeficiente de variação tenha valor entre 10% e 50%, variando 10 pontos percentuais a cada simulação. Em cada simulação foram feitas 5000 estimativas (runs) usando o método de Monte Carlo.

## 2.4 Ferramentas de análise

Na análise e no tratamento dos dados foram utilizadas medidas da estatística descritiva e regressão múltipla.

### 2.4.1 Estatística Descritiva

50 As medidas descritivas usadas na análise foram média aritmética simples, variância, desvio padrão e coeficiente de variação. O uso do Coeficiente de Variação de Pearson é justificado pelo fato de que quando se toma o desvio padrão de uma série não é possível interpretá-lo como alto ou baixo, a não ser que se compare a outra série de média semelhante. Seu valor é dado pela razão entre o desvio padrão (s) e a média da série ( $\bar{x}$ ), e expresso na forma de percentual, como ilustrado na Equação 4. Neste caso, sua aplicação é apropriada, pois a interpretação independe da existência de outra série semelhante.

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100 \quad (\%) \quad (4)$$

### 2.4.2 Regressão Múltipla

O relacionamento entre variáveis é um tema amplamente abordado na literatura de estatística e de econometria com o objetivo de analisar e ajudar a entender seu comportamento de modo conjunto. O estudo da correlação entre variáveis avalia o tipo de relação que existe entre duas variáveis - direto ou inverso - assim como a força desta relação. No caso da regressão, procura-se explicar como se dá esta relação, e obter um modelo matemático que estabeleça de algum modo a influência que a variação de uma ou mais variáveis pode ter na variação de outra.

A Análise de Regressão Múltipla é uma ferramenta estatística que se mostra útil para o tratamento dos dados históricos (LEVINE, 2005: 538). Na regressão múltipla, têm-se um conjunto de variáveis independentes  $X_i$  que podem exercer influência em uma variável dependente Y. Para o caso deste trabalho, são utilizados resultados da simulação de Monte Carlo para obter um modelo de regressão linear múltipla que estime a probabilidade de que a TMA supere a TIR com base no fator TMA/TIR ( $X_1$ ) e no coeficiente de variação destes indicadores ( $X_2$ ). O modelo de regressão múltipla com k variáveis explanatórias é definido na Equação 5. O modelo obtido pode ser utilizado para efetuar previsões e estimativas com base nas variáveis estudadas.



$$Y_i = \alpha + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i \quad (5)$$

Onde:

$\alpha$  = interseção de  $Y$ ;  
 $\beta_1$  = inclinação de  $Y$  em relação à variável  $X_1$ , mantendo as demais  $X_i$  constantes;  
 $\beta_2$  = inclinação de  $Y$  em relação à variável  $X_2$ , mantendo as demais  $X_i$  constantes;  
 $\beta_k$  = inclinação de  $Y$  em relação à variável  $X_k$ , mantendo as demais  $X_i$  constantes;  
 $\varepsilon_i$  = erro aleatório em  $Y$ , para a observação  $i$   
 $X_{ji}$  =  $i$ -ésima ( $i=1,2,\dots,n$ ) observação da  $j$ -ésima ( $j=1,2,\dots,k$ ) variável.

#### 2.4.3 Coeficiente de Explicação

O Coeficiente de Explicação " $R^2$ ", definido no intervalo (0,1), representa a possível fração de variação de  $Y$  em função das variações de  $X_1, X_2, \dots, X_k$ . Por exemplo, se  $R^2 = 0,9$  significa que 90% da variação de  $Y$  pode ser explicada pelas variações de  $X_j$  ( $j=1,2, \dots, n$ ). Para a análise de regressão múltipla foram utilizadas as funcionalidades da planilha eletrônica Microsoft Excel.

### 3 - APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Conforme descrito na introdução, este trabalho tem por objetivo estimar a probabilidade de que a TMA supere a TIR depois de iniciado o projeto devido a fontes aleatórias presentes em projetos de investimentos. Usando-se como variável dependente ( $Y$ ) essa probabilidade, isto é,  $P(TMA > TIR)$ , e como variáveis independentes o Fator TMA/TIR ( $X_1$ ) e o Coeficiente de Variação ( $X_2$ ) arbitrado para a TMA e para a TIR pode-se estimar, por meio do Método de Monte Carlo, a Probabilidade Desejada para várias combinações de TMA e de TIR.

51

A Tabela 1 apresenta as probabilidades de que a TMA supere a TIR, obtidas pela simulação de Monte Carlo para um Fator TMA/TIR igual a 0,3, o que representaria um projeto com risco relativamente baixo.

Tabela 1 -  $P(TMA > TIR)$  para o Fator TMA/TIR = 0,3

TMA	TIR	Fator (TMA/TIR)	TIR-TMA	CV estimado para TMA e TIR				
				10%	20%	30%	40%	50%
9,00%	30,00%	0,30	21,0%	0,00%	0,04%	1,09%	4,40%	8,97%
10,00%	33,33%	0,30	23,3%	0,00%	0,04%	1,25%	4,43%	8,45%
11,00%	36,67%	0,30	25,7%	0,00%	0,00%	1,27%	4,18%	8,75%
12,00%	40,00%	0,30	28,0%	0,00%	0,04%	1,49%	4,34%	8,05%
13,00%	43,33%	0,30	30,3%	0,00%	0,06%	1,58%	4,69%	8,61%
14,00%	46,67%	0,30	32,7%	0,00%	0,05%	1,28%	4,71%	9,31%
			<b>Média</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,04%</b>	<b>1,33%</b>	<b>4,46%</b>	<b>8,69%</b>
			<b>Desvio-Padrão</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,02%</b>	<b>0,18%</b>	<b>0,21%</b>	<b>0,43%</b>

Fonte: Elaborado pelos autores.

Pode-se observar que a variabilidade das probabilidades obtidas em cada coluna, correspondente aos Coeficientes de Variação arbitrados, foi praticamente nula, indicando que tais probabilidades não são afetadas pela diferença entre a TIR e a TMA, mas sim pelo Fator TMA/TIR.

De modo análogo, esse processo foi repetido para vários fatores compreendidos no intervalo 0,3 (baixo risco) até 0,9 (alto risco) e observaram-se os mesmos padrões de homogeneidade encontrados na Tabela 1, ou seja, para um mesmo valor de Coeficiente de Variação obteve-se probabilidades praticamente sem variação.

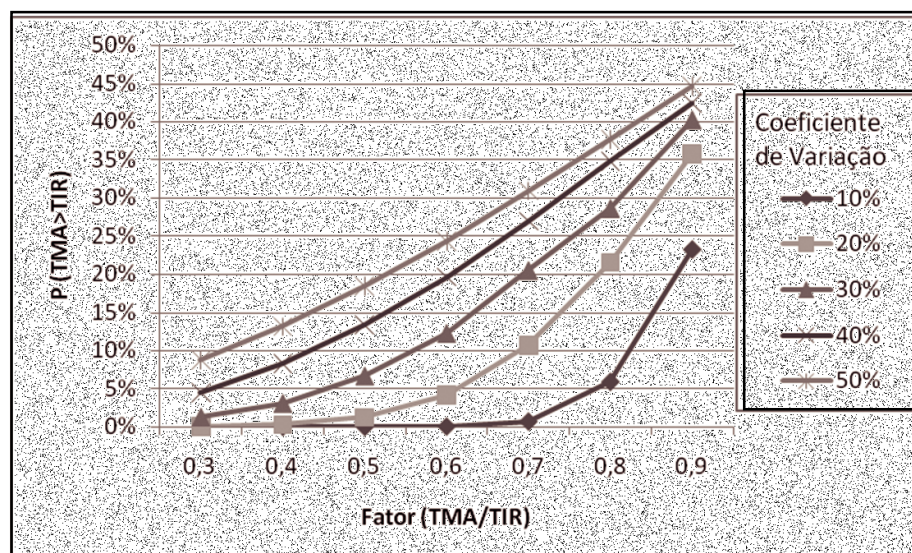
Os resultados obtidos foram agrupados na Tabela 2, que apresenta as probabilidades obtidas para cada combinação de Fator e Coeficiente de Variação, e ilustrados na da Figura 1.

**Tabela 2 - Probabilidades da TMA superar a TIR**

P(TMA>TIR)		Fator (TMA/TIR)						
		0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Coeficiente de Variação	10%	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	0,70%	5,91%	23,27%
	20%	0,04%	0,32%	1,27%	4,22%	10,74%	21,53%	35,77%
	30%	1,33%	3,12%	6,71%	12,29%	20,50%	28,62%	40,22%
	40%	4,46%	8,29%	13,35%	19,60%	26,90%	34,81%	42,41%
	50%	8,69%	13,07%	18,36%	24,27%	30,84%	37,63%	44,62%

Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 1 - Probabilidade da TMA superar a TIR**



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os padrões observados motivaram a busca de um modelo de regressão linear múltipla que permitisse estimar tais probabilidades, sem que seja necessário recorrer à Tabela 2. O modelo obtido, apresentado na Equação 6, com Coeficiente de Explicação ( $R^2$  ajustado) igual a 0,8857 indica que a variação na probabilidade estimada, em 88,57% das vezes pode ser explicada pela variação do Fator TMA/TIR e do Coeficiente de Variação arbitrado para a TMA e para a TIR.

$$Y = -0,3348 + 0,5519 \cdot X_1 + 0,53 \cdot X_2 \quad (6)$$

Os coeficientes da equação de regressão apresentaram valores P iguais a 3,9.10-12; 9,7.10-15 e 1,9.10-10 respectivamente, indicando que todos eles são estatisticamente significativos.

## 4 - CONCLUSÃO

Conforme proposto na introdução do presente trabalho, foram cumpridos os objetivos de se obter as probabilidades de que a TMA supere a TIR por meio de simulação, e de se criar um modelo de regressão linear múltipla capaz de estimar tais probabilidades.

Observou-se que a diferença absoluta entre a TIR e a TMA não interfere na probabilidade de que a TMA seja maior que a TIR. Entretanto, a razão entre TMA e TIR influencia diretamente esta probabilidade.

O Coeficiente de Variação dos indicadores também influencia diretamente no resultado. Quanto maior o Coeficiente de Variação arbitrado para a TMA e para a TIR, maior a probabilidade de que a TMA supere a TIR.

Pode-se concluir, com base nos resultados da simulação efetuada, que a probabilidade de que a TMA supere a TIR depois de iniciado um projeto de investimento é diretamente influenciada pelo Fator TMA/TIR e pelos coeficientes de variação destes dois indicadores.

Essas probabilidades obtidas quantificam o risco do projeto face as características aleatórias presentes na TMA e na TIR no decorrer do projeto. Deste modo, considera-se que este estudo pode configurar uma contribuição aos indicadores de risco da Metodologia Multi-índice para análise de viabilidade de projetos de investimentos em ativos reais.

Por último, porém não menos importante, está à constatação de que a proxy TMA/TIR, utilizada na Metodologia Multi-índice para representar a probabilidade de que a TMA supere a TIR, resta superestimada e que o presente estudo propicia elementos para que seja feito um ajuste desse indicador.

53

## REFERÊNCIAS

- ANTHONY, Robert N. (1956): Management accounting: text and cases. Homewood, IL: Richard D. Irwin, Inc.
- ASSAF NETO, Alexandre. (2005): Retorno de investimento. São Paulo: Atlas.
- BODIE, Zvi; KANE, Alex; MARCUS, Alan J. (2000): Fundamentos de Investimentos. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman.
- BRASIL, H. G. et alii. (2007): Opções reais: conceitos e aplicações a empresas e negócios. São Paulo: Saraiva.
- BREALEY, Richard A.; MYERS, Stewart C., (2006): Investimento de Capital e avaliação. Porto Alegre: Bookman.
- BRIGHAM, Eugene F.; EHRHARDT, Michael C. (2006): Administração Financeira. Trad. 10ª ed. São Paulo: Pioneira Thompson Learning.
- CALLAHAN, C. M., COOKE, D. M., KAKA, F. S. (Jan. 2002): A Model and test of interfirm innovation Diffusion: the case of discounted cash flow techniques. Working Paper: University of Waterloo and Louisiana State University.
- CALVERT, J. B. (2005): Arthur Mellen Wellington's Railway Location. Acesso em: 19 abr. 2010. Disponível em: <http://mysite.du.edu/~jcalvert/railway/wellingt.htm>.

- CASAROTTO FILHO, Nelson; KOPITTKÉ, Bruno H. (1998): Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial. São Paulo: Atlas.
- CHORAFAS, Dimitris N. (1994): Chaos theory in the financial markets. EUA: Irwin.
- DEAN, J. (1951): Capital Budgeting. New York: Columbia University Press.
- DeGARMO, E. P. et alli. (1979): Engineering Economy. 6ª Ed. New York: Macmillan.
- DIXTY, A. K.; PINDYCK, R. S. (1994): Investment under uncertainty. New Jersey: Princeton University Press.
- FLEISCHER, Gerald A. (1973): Teoria de Aplicação do Capital: um estudo de decisões de investimentos. São Paulo: Edusp.
- FREGA, José Roberto. (2009): Conflitos e incertezas na tomada de decisão coletiva: um novo olhar sobre a ampliação dos limites da racionalidade. Curitiba: Pontifca Universidade Católica do Paraná. Tese de Doutorado.
- GITMAN, Lawrence J. (1984): Princípios de Administração financeira. São Paulo: Harbra.
- GUIMARÃES, Eduardo A. (1987): Acumulação e crescimento da firma. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara.
- GRANT, E. L.; IRESON, W.G.; LEAVENWORTH. R. S. (1976): Principles of Engineering Economy. 6ª Ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- HAIR Jr., Joseph F.; BABIN, Barry; MONEY, Arthur H.; SAMOUEL, Phillip. (2005): Fundamentos de métodos de pesquisa em administração. Porto Alegre: Bookman.
- KEYNES, John Maynard. (1977): The general theory of employment, interest and Money. Cambidg: University Press.
- 54 LAPONI, J. C. (2000): Avaliação de Projetos de Investimentos. Rio de Janeiro: Laponi.
- LEVINE, David M., BERENSON, Mark L., KREHBIEL, Timothy C., and STEPHAN David. (2005): Estatística: teoria e aplicações - usando o microsoft excel em português. 3 ed. Rio de Janeiro: LTC.
- LORIE, J. H.; SAVAGE, L. J. (Oct, 1955): "Three problems in rationing capital." Journal of Business.
- LOPES, Eurico. (2001): Opções Reais: a nova análise de investimentos. Lisboa: Silabo.
- MARTIN, Ray. (2007): Internal Rate of Return Revisited. Acesso em: 1 nov. 2007 Disponível em: [http://members.tripod.com/~Ray\\_Martin/DCF/nr7aa003.html#end#end](http://members.tripod.com/~Ray_Martin/DCF/nr7aa003.html#end#end).
- McKinsey & Company. (Jan/Fev 2005): "Cuidado com a TIR". HSM Management. Ano 8 n. 48. MINARDI, A. M. A. F. (2004): Teoria de opções aplicada a projeto de investimentos. São Paulo: Atlas. MOORE, David S.; McCABE, George P.; DUCKWORTH, William M; SCLOVE, Stanley L. (2006): A prática da estatística empresarial: como usar dados para tomar decisões. Rio de Janeiro: LTC Editora.
- MOTTA, Regis da Rocha; CALÔBA, Guilherme Marques. (2002): Análise de investimentos: tomada de decisão em projetos industriais. São Paulo: Atlas.
- PENROSE, Edith. (2006): A teoria do crescimento da firma. Campinas: Editora da UNICAMP.
- SILVA, E. L. e MENEZES, E. M. (2001): Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação. Acesso em: 18 jul. 2003. Disponível em: <http://www.eps.ufsc.br>.
- SILVA, Ermes M.; SILVA, Elio M.; GONÇALVES, Valter; MUROLO, Afrânio C. (1998): Pesquisa operacional: para os cursos de economia, administração e ciências contábeis. São Paulo: Atlas.
- SOUZA, Alceu; CLEMENTE, Ademir. (2007): Gestão de custos: usos estratégicos e operacionais. São Paulo: Atlas.

SOUZA, Alceu; CLEMENTE, Ademir. (2007): Decisões Financeiras e Análise de Investimentos. 6ª ed. São Paulo: Atlas.

TRIGEORGIS, L. (1999): Real options: managerial flexibility and strategy in resource allocation. Cambridge: The MIT Press.