

Seleção de projetos de investimento e custo marginal ponderado do capital: uma proposta metodológica ao orçamento de capital apoiada em programação matemática

Marcelo Alvaro Da Silva Macedo

Ana Carolina T. de Almeida Monteiro Barbosa

Kátia de Almeida

Resumo:

Este artigo apresenta uma visão da utilização de pesquisa operacional na avaliação e seleção de projetos de investimento. Neste sentido, discute-se o Modelo de Desconto de Fluxo de Caixa (DFC), com utilização do Custo Marginal Ponderado do Capital como Taxa Mínima de Atratividade (TMA), através de duas de suas principais técnicas: o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR). Além disso, é ilustrada a aplicação de Programação Matemática Linear Inteira Binária (0-1) no orçamento de capital. Por fim, apresenta-se e discute-se uma metodologia, com base no referencial teórico, aplicada a um exemplo ilustrativo, onde o objetivo é demonstrar uma forma metodologicamente mais coerente para resolver esta problemática, do que a comumente encontrada na literatura da área.

Área temática: *Aplicação de Modelos Quantitativos na Gestão de Custos*

Seleção de projetos de investimento e custo marginal ponderado do capital: uma proposta metodológica ao orçamento de capital apoiada em programação matemática

Marcelo Alvaro da Silva Macedo (PPGEN/NEGEN/UFRRJ) – alvaro@ufrj.br

Ana Carolina T. de Almeida Monteiro Barbosa (NEGEN/UFRRJ) – acbarbosa@ufrj.br

Kátia de Almeida (PPGEN/NEGEN/UFRRJ) – katia200@ufrj.br

Resumo

Este artigo apresenta uma visão da utilização de pesquisa operacional na avaliação e seleção de projetos de investimento. Neste sentido, discute-se o Modelo de Desconto de Fluxo de Caixa (DFC), com utilização do Custo Marginal Ponderado do Capital como Taxa Mínima de Atratividade (TMA), através de duas de suas principais técnicas: o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR). Além disso, é ilustrada a aplicação de Programação Matemática Linear Inteira Binária (0-1) no orçamento de capital. Por fim, apresenta-se e discute-se uma metodologia, com base no referencial teórico, aplicada a um exemplo ilustrativo, onde o objetivo é demonstrar uma forma metodologicamente mais coerente para resolver esta problemática, do que a comumente encontrada na literatura da área.

Palavras-chave: Custo Marginal Ponderado do Capital. Orçamento de Capital. Programação Matemática.

Área Temática: Aplicação de Modelos Quantitativos na Gestão de Custos.

1 Introdução

A administração financeira é uma das mais importantes áreas da gestão de negócios. Em todas as áreas da empresa se faz necessária uma análise financeira antes da implantação de qualquer plano de atividades. Uma nova estratégia de marketing, um novo plano de benefícios de RH, uma nova estratégia de operações, uma nova política de treinamentos e outras questões empresariais precisam, necessariamente, passar pelo crivo da área financeira.

Uma empresa, normalmente, só implementa ações que de alguma maneira possam representar geração de riqueza no futuro para seus proprietários, o que representa o grande objetivo da administração financeira.

Um dos modelos de análise mais importantes e mais utilizados para avaliar ações empresariais, em termos financeiros, é o Modelo de Desconto de Fluxo de Caixa (DFC), que representa a análise, a valor presente, dos fluxos de caixa futuros líquidos gerados. Neste modelo, as duas técnicas mais utilizadas são: o Valor Presente Líquido (VPL), que mede a riqueza gerada por um determinado projeto a valores atuais, e a Taxa Interna de Retorno (TIR), que mede a rentabilidade dos investimentos.

Esta pesquisa tem origem num fato interessante. Ao estudar alguns livros de finanças verificou-se que a análise de projetos de investimento com uso do Custo Marginal Ponderado do Capital (CMgPC), possui dois grandes problemas.

De forma geral, o método apresentado por várias das principais fontes bibliográficas da área de finanças tem foco num gráfico que compara o CMgPC num comportamento crescente em forma de escada (uma função descontínua), com o ranking das TIR's dos projetos em ordem decrescente. O ponto de encontro das duas curvas mostra os projetos que devem ser considerados e, por conseguinte, os que devem ser desprezados. Este procedimento

possui os seguintes problemas:

- o conceito de Custo Marginal Ponderado de Capital (CMgPC) não é condizente com as aplicações deste conceito apresentadas nos próprios textos, pois a função deveria ser contínua;
- a utilização do critério da TIR para tomar decisões na seleção de projetos de investimento, como critério para formação de ranking, pode levar a uma escolha não ótima, ou seja, que não maximize a riqueza dos proprietários.

Isso envolve referências bibliográficas consideradas importantes e utilizadas, tanto, no ensino de graduação, quanto na pós-graduação. Esta é uma constatação preocupante, pois como podem estar, os principais autores da área, equivocados a respeito de algo tão importante e, como podemos, nós professores de finanças, estarmos repassando estes conceitos sem uma mínima preocupação ou ponderação a respeito do que está sendo feito.

O objetivo deste artigo é, então, mostrar as incoerências existentes sobre o assunto e propor uma alternativa de resolução deste tipo de problemática. Para isso, faz-se uma revisão do tema, procurando mostrar os equívocos cometidos, além de apresentar e discutir uma metodologia mais coerente para resolver este problema, do que a comumente encontrada na literatura da área.

2 Análise de viabilidade econômico-financeira

Em finanças corporativas, o principal objetivo é a maximização do valor da empresa. Por isso, as decisões em termos financeiros, a estratégia empresarial e o valor da empresa têm que estar relacionados e em sintonia com o objetivo da empresa de acumulação de valor com minimização dos impactos financeiros oriundos da implementação de projetos (DAMODARAN,1997).

Como as empresas sempre se defrontam com oportunidades de obter retorno, através do investimento de seus recursos em ativos atraentes, se faz importante o entendimento do timing dos fluxos de caixa destes.

Segundo Macedo e Siqueira (2006), os gestores devem usar técnicas de valor de dinheiro no tempo para reconhecer explicitamente suas oportunidades de obter resultados positivos quando estiverem avaliando séries de fluxos de caixa esperados associados a alternativas de decisão.

Quando as empresas querem avaliar os fluxos de caixa relevantes de um ativo, elas, então, analisam esses fluxos para discutir se o ativo é aceitável ou para hierarquizá-los. Para isso, segundo Gitman (2001), pode-se utilizar várias técnicas, entre as quais se destaca o VPL. Esta técnica considera explicitamente o valor do dinheiro no tempo. O VPL é, então, encontrado ao se subtrair o investimento inicial (FC_0) de um ativo do somatório do valor presente de seus fluxos de caixa futuros (FC_t), descontados a uma taxa mínima de atratividade.

Segundo Macedo (2002), o VPL pode ser visto, então, como um ganho proporcionado pelo ativo, pois representa o quanto os fluxos de caixa futuros estão acima do investimento inicial. Tudo isso a valor presente, segundo um custo de oportunidade (taxa de desconto). Deste jeito pode-se dizer que um ativo deve ser aceito, numa abordagem aceitar-rejeitar, se o $VPL > 0$, pois o mesmo acrescenta riqueza à empresa. Ele deve ser rejeitado se o $VPL < 0$, pois este consome riqueza. Já numa abordagem hierárquica deve ser escolhido o ativo de maior VPL, pois quanto maior for o VPL maior será a riqueza gerada por este.

Uma outra técnica bastante utilizada é a Taxa Interna de Retorno. A TIR representa, segundo Ferreira (2005), a taxa de desconto que iguala o valor presente dos fluxos de caixa futuros ao investimento inicial de um determinado projeto. Ela é calculada igualando a

equação do VPL à zero:

$$\sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} = 0 \quad \text{ou} \quad \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} = InvestimentoInicial$$

onde: n = vida útil do ativo

FC_t = Fluxo de Caixa no período t

De acordo com Gitman (2002), a TIR é possivelmente a técnica mais usada, pelos administradores financeiros, para a avaliação de alternativas de investimento. A preferência por seu uso, ao invés do VPL, ocorre em função da maior aceitação, por parte dos empresários de taxas de retornos em lugar de valores monetários. O critério de decisão, quando a TIR é usada para aceitar-rejeitar é, segundo o autor, o seguinte: se a TIR for maior que o custo de oportunidade ajustado ao risco aceita-se o projeto, porém se for menor, rejeita-se. Isso acontece, segundo Brigham e Houston (1999), porque se a TIR é maior que o custo dos fundos utilizados para financiar o projeto vai haver uma sobra, que remunera os acionistas. Portanto, a aceitação de um projeto cuja TIR é maior que seu custo do capital, aumenta a riqueza dos proprietários. Caso contrário, o projeto consome riqueza e por isso, não deve ser aceito.

Um dos erros clássicos do uso de técnicas de fluxo de caixa descontado é a utilização rankings de TIR's - taxa de desconto que iguala o valor presente das entradas e saídas de caixa - em lugar do cálculo do VPL. Copeland e Weston (1988), dentre outros autores da área de finanças, demonstram, exaustivamente, que o uso de rankings de TIR leva a decisões não-ótimas, sob o ponto de vista da teoria de finanças - para a qual o objetivo maior do administrador deve ser o aumento da riqueza dos acionistas.

Segundo Macedo (1999), a técnica de TIR apresenta diversos problemas: a hipótese de reinvestimento; a violação do princípio da aditividade (a escolha entre projetos mutuamente exclusivos muda, caso eles sejam combinados a um terceiro projeto) e a ocorrência de múltiplas TIR's. Outro problema inerente ao cálculo de TIR's é que é mais fácil obter maiores TIR's se o volume de capital a ser investido é pequeno, e a vida útil do projeto é curta. Projetos de longa duração e intensivos em capital tendem a ser descartados pelo critério de TIR, mesmo apresentando VPL substancial.

Os autores Gitman (2002), Brigham e Houston (1999), Assaf Neto (1992), Gitman e Madura (2003), ressaltam os mesmos problemas do uso da TIR indo de encontro com os citados por Macedo (1999).

3 Tipos de projetos e restrição orçamentária

Uma questão importante na análise de projetos é o entendimento dos tipos de projetos que podem surgir. Os projetos Mutuamente Excludentes, de acordo com Macedo (2005), são aqueles em que a seleção de um deles, necessariamente, elimina os demais. Assim, num elenco de n projetos mutuamente exclusivos, apenas um deles deve ser selecionado. O critério mais prático e mais comum é selecionar aquele projeto que apresente maior VPL, o que sugere uma abordagem hierárquica dos projetos analisados. Este é o problema típico da substituição de equipamentos ou aquisição de uma outra tecnologia. Para Gitman (2001), este é o caso de projetos que competem uns com os outros, de forma que a aceitação de um elimina os outros projetos, mesmo que estes sejam viáveis.

Projetos Independentes, na visão de Macedo (2002), são aqueles em que a escolha de um deles não exclui, necessariamente, a escolha dos demais. Assim, num elenco de n projetos, deve-se selecionar um conjunto de $k \leq n$ projetos que maximizem o valor da empresa. É intuitivo que todos os projetos com VPL positivo estarão incluídos entre os k projetos

selecionados. Este é normalmente o caso de alternativas de investimento que podem ser feitas pela empresa em conjunto, formando-se assim um portfólio de projetos, utilizando uma abordagem aceitar-rejeitar. Segundo Gitman (2001), estes projetos são aqueles cujos fluxos de caixa não são relacionados ou são independentes uns dos outros, ou seja, a aceitação de um não elimina os outros projetos que sejam viáveis.

Projetos Dependentes ocorrem quando a seleção de um deles altera a decisão com respeito aos demais projetos da carteira. Nesse caso, deve-se selecionar projetos que maximizem o valor da empresa, respeitando as dependências existentes entre eles. Normalmente, a dependência é trazida por questões técnicas entre os projetos, onde estes não podem ser considerados como alternativas de investimento, mas quase como um único investimento a ser feito (MACEDO, 2005).

Segundo Macedo (2002), os problemas de racionamento de capital também são considerados como uma questão de projetos dependentes, porque este é um fator que traz aos projetos independentes uma característica de dependência, já que a escolha de um deles vai inibir a escolha de outros pela questão de não haver recursos financeiros para todos os projetos independentes. Este é um problema prático, pois na teoria não deveria existir racionamento de capital e, por conseguinte, a empresa não deveria desperdiçar projetos com VPL positivo. A melhor maneira de tratar este problema é a utilização do VPL, onde são escolhidos os projetos que combinados gerem o maior VPL, respeitando-se as limitações orçamentárias, ou seja, que maximizem a riqueza dos acionistas, já que o VPL representa a riqueza gerada.

Segundo Gitman (2001), fundos ilimitados é uma situação financeira em que uma empresa é capaz de aceitar todos os projetos independentes que proporcionam um retorno aceitável, através de uma abordagem aceitar-rejeitar. Já o racionamento de capital é uma situação financeira na qual uma empresa tem apenas um número fixo de unidades monetárias para distribuir entre dispêndios de capital que estão competindo entre si, tendo como objetivo maximizar a riqueza gerada por estes recursos aplicados.

Ainda para Gitman (2001), o racionamento de capital é comum no dia-a-dia das empresas e, seu objetivo é selecionar todos os projetos aceitáveis, que proporcionem o maior VPL possível, mas que não exija mais unidades monetárias do que foram orçadas para o investimento inicial.

De acordo com Macedo e Siqueira (2006), ao se considerar a existência do racionamento de capital e o fato de que as empresas não devem rejeitar projetos que tenham VPL's positivos, elas têm, então, que levantar o capital necessário através de novas dívidas (capital de terceiros) e/ou novas ações (capital próprio) para financiar todos estes projetos. Isso gera a necessidade de uma abordagem de custo marginal de capital, ou seja, quanto mais recursos a empresa precisa mais caro estes se tornam.

Ainda segundo os autores, a maioria das empresas opera sob racionamento de capital, imposto principalmente para evitar o que consideram ser níveis excessivos de novos financiamentos. Isso cria uma situação em que existem mais projetos independentes aceitáveis do que elas podem financiar. Geralmente, as empresas tentam isolar e selecionar os projetos mais aceitáveis sujeitos a um orçamento de dispêndio de capital estabelecido pela alta administração.

O objetivo com o racionamento de capital, ressalta Macedo (2002), passa a ser selecionar o grupo de projetos viáveis que proporciona o valor presente líquido (VPL) global mais alto e não exige mais unidades monetárias do que foi estabelecido no orçamento. Em linhas gerais, busca-se determinar o grupo de projetos que vão maximizar a riqueza dos proprietários da empresa. Isso é o mesmo que maximizar o VPL, tendo como restrição primordial o orçamento pré-estabelecido. Cabe ressaltar que qualquer porção do orçamento não utilizado no investimento inicial não gera riqueza para a empresa, pois trará benefícios

iguais ao custo de oportunidade.

4 Programação binária (0-1) na análise de viabilidade econômico-financeira

Segundo Lorie e Savage (1955) in Archer e D'Ambrosio (1976) e Hirshleifer (1958) in Archer e D'Ambrosio (1976), a programação linear pode ser utilizada no processo de tomada de decisão sobre a escolha de projetos em situações em que há restrição orçamentária. O que se deve levar em consideração é um problema em que para investir nos vários projetos viáveis analisados, a empresa só possui uma determinada quantidade de recursos financeiros. Isso faz com que o investimento inicial acumulado de todos os projetos escolhidos seja limitado ao orçamento disponível.

Além disso, continuam os autores, trata-se de um problema em que um projeto só pode ser executado uma única vez, ou seja, ele deverá ser aceito ou rejeitado. Esse é o caso de planos de marketing ou operações ou RH, pois por melhores que estes sejam, a empresa não pode investir, por exemplo, o dobro de recursos neles para obter maior benefício. Essa é uma situação diferente da aplicação em um ativo financeiro em que a empresa pode adquirir um ou mais ativos iguais e quanto mais ativos forem adquiridos, maior será o retorno obtido em termos de VPL.

Para Wagner (1969), decisões do tipo aceitar-rejeitar são provavelmente as mais importantes decisões gerenciais que podem ser obtidas através da programação inteira. Isto gera o que denomina-se de decisão binária (0 – 1), onde uma variável de decisão Y_j assume o valor zero (0), quando a decisão deve ser rejeitar e valor um (1), quando a decisão deve ser aceitar. A análise de projetos em uma situação de restrição orçamentária cabe perfeitamente dentro deste perfil de tomada de decisão. Nesta situação, a restrição orçamentária, gera a necessidade de aceitar alguns e rejeitar outros projetos, que mesmo sendo viáveis ($VPL > 0$) não podem ser aceitos, pois a necessidade acumulada de investimento inicial ultrapassa o limite de investimentos possíveis que estão sendo considerados. Este problema gera a necessidade de escolha da melhor combinação de projetos, ou seja, aquela que dentro dos limites orçados de investimento inicial gera o maior VPL possível.

Conforme Motta e Calôba (2002), como os recursos disponíveis quase nunca são suficientes para fazer frente a toda a demanda por capital, a grande questão e o problema central na alocação eficiente de capital passa a ser quais opções de investimentos de capital serão selecionados, a fim de que a riqueza da empresa seja maximizada, em determinado horizonte de tempo considerado. Ainda segundo os autores, para se estabelecer, então, um orçamento de capital ótimo, tem-se que observar os seguintes princípios:

- tomar decisões com base em alternativas factíveis;
- analisar alternativas concorrentes em uma base comum;
- considerar apenas as diferenças entre as alternativas (análise incremental – somente os fluxos de caixa incrementais são relevantes);
- considerar, nas decisões de investimento, o valor do dinheiro no tempo e os problemas relativos ao racionamento de capital;
- considerar os graus de incerteza (risco) associados aos projetos;
- considerar as características específicas de cada projeto.

Segundo Macedo (2002), a análise de múltiplas alternativas de investimentos, com uma restrição orçamentária pré-definida, pode ser feita via programação matemática. O problema se resume em maximizar o VPL da carteira de projetos sob análise e ainda, atender às restrições impostas, principalmente de dispêndio inicial e das características dos projetos.

O autor ainda aborda a questão dizendo que este tipo de problema pode ser estruturado como se segue. Suponha que Y_j represente a quantidade de projetos do tipo j que serão aceitos

na carteira, sendo, portanto, a variável de decisão para este problema. Se um projeto não for aceito, Y_j será igual a zero (0). O VPL_j representa o valor presente líquido deste mesmo projeto. Em sendo assim, $Y_j \times VPL_j$ representa o total de riqueza gerada pelo projeto j . O objetivo é maximizar o somatório de toda a riqueza gerada pelos n projetos aceitos. Assim, tem-se a seguinte função objetivo:

$$MAX \sum_{j=1}^n Y_j \times VPL_j$$

Porém, tem-se uma restrição que é dada pelo fato de que só existe disponível na data presente (data 0) um total de Z unidades monetárias para suprir toda a necessidade de investimento inicial. Isso é o que denomina-se restrição orçamentária. Se I_j representar o investimento inicial do projeto j , tem-se a seguinte restrição:

$$\sum_{j=1}^n Y_j \times I_j \leq Z$$

Em síntese, segundo Macedo (2002), isso quer dizer que o somatório dos investimentos iniciais dos projetos aceitos, ou seja, o investimento inicial acumulado, não pode ser superior a disponibilidade orçamentária prevista. Além disso, têm-se restrições no que tange as características dos projetos. Primeiro considera-se que os projetos devem ser aceitos ou rejeitados, não cabendo a empresa investir num mesmo momento uma quantidade diferente de 0 ou 1 para cada projeto analisado. Ou seja, a variável de decisão Y_j deverá assumir os valores zero (0) quando o projeto for rejeitado e um (1) quando o mesmo for aceito. Um outro ponto importante é classificar os projetos entre si como independentes, mutuamente excludentes ou dependentes. Isso geraria restrições do seguinte tipo:

- aceitar ou rejeitar.
 $Y_j = 0$ ou 1 ou ainda $0 \leq Y_j \leq 1$, sendo Y_j uma variável inteira para qualquer j .
- os projetos 2 e 3 são mutuamente excludentes.
 $Y_2 + Y_3 \leq 1$
- o projeto 4 é um adendo ao projeto 1. Ou seja, o projeto 4 é dependente do projeto 1. Sendo assim não se pode aceitar o projeto 4 sem aceitar o projeto 1. Em outras palavras, o projeto 1 pode ser aceito mesmo que o projeto 4 seja rejeitado, mas o projeto 4 não pode ser aceito sem que o projeto 1 o seja.
 $Y_4 - Y_1 \leq 0$
- os projetos 5, 6, 7 e 8 são mutuamente excludentes.
 $Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8 \leq 1$
- os projetos 2 e 3 são mutuamente excludentes e o projeto 9 é dependente dos projetos 2 ou 3, ou seja, o projeto 9 só pode ser feito se o projeto 2 ou o projeto 3 for feito. Em síntese, o projeto 9 só é feito se o projeto 2 ou o projeto 3 for aceito, mas pode-se fazer o projeto 2 ou o projeto 3 sem ter que aceitar o projeto 9.
 $Y_2 + Y_3 \leq 1$
 $- Y_2 - Y_3 + Y_9 \leq 0$

5 Decisões de investimento: uma análise do uso do custo marginal do capital

Para facilitar a discussão é necessária a criação de algumas siglas para variáveis

importantes que serão apresentadas e discutidas a seguir:

- CMePC: Custo Médio Ponderado do Capital
- CMgPC: Custo Marginal Ponderado do Capital

Segundo Minardi *et al.* (2006), o custo de capital tem uma importância estratégica bem grande, pois projetos são aceitos ou rejeitados pela regra do VPL ou da TIR, utilizando-o como parâmetro de decisão.

Isso porque, de acordo com Macedo e Siqueira (2006), se a empresa pretende investir em novos projetos, esta deve exigir que estes sejam capazes de cobrir o custo de capital dos recursos necessários para seu financiamento. Logo, saber o CMgPC para comparar com a TIR ou para usar como TMA no cálculo do VPL dos projetos é relevante.

De acordo com Weston e Brigham (2000), o CMePC é a medida ponderada dos custos das fontes de financiamento da empresa (capital de terceiros e capital próprio). Já o CMgPC constitui o custo da última unidade monetária de capital novo que a empresa capta. Este eleva-se à medida que mais e mais capital é captado em determinado período.

Segundo Gitman (2002), CMgPC pode ser definido como o CMePC da empresa associado à próxima unidade monetária do novo financiamento total da empresa. Este pode variar a qualquer momento, dependendo do volume de financiamento que a empresa planeja levantar, para suprir suas necessidades em novos empreendimentos (projetos). Esta é uma informação relevante para decisões de investimentos futuros.

Ainda segundo o autor, o CMgPC é uma função crescente que aumenta juntamente com o nível do novo financiamento total, porque os custos dos componentes do financiamento – capital de terceiros e capital próprio – sobem à medida que maiores volumes são levantados. Este aumento dos custos das fontes de financiamento resulta do fato de que num determinado instante, quanto maior o volume de financiamento novo, maior o risco para o fornecedor de capital. Em suma, os financiadores exigem maiores retornos como compensação pelo maior risco assumido, conforme maiores forem os montantes de novos financiamentos.

Como questão prática, destaca Weston e Brigham (2000), conforme uma empresa capta somas cada vez maiores, em um dado período de tempo, os custos de suas fontes se elevam, e à medida que isso ocorre, o CMePC de cada unidade monetária se eleva. Isto nos leva ao conceito de ponto de ruptura, que segundo os autores, é o valor do capital novo que pode ser captado antes que ocorra um aumento no CMePC da empresa.

De acordo com Gitman (2002), para se utilizar o conceito de CMgPC nas decisões de investimento é necessário se calcular primeiramente os denominados pontos de ruptura. Estes poderiam ser definidos como sendo aqueles que refletem o nível do novo financiamento total, no qual aumenta o custo de um dos componentes de financiamento. Este é encontrado pelo quociente entre o total de fundos disponíveis de uma determinada fonte de financiamento a um dado custo e o peso da estrutura de capital (histórica ou meta) para esta mesma fonte de financiamento.

O autor continua dizendo que uma vez determinados os pontos de ruptura, deve ser calculado o CMePC sobre cada faixa formada pelos pontos de ruptura. Por definição, para cada uma das faixas do novo financiamento total entre os pontos de ruptura, aumentarão determinados componentes do custo de capital, levando o CMePC a aumentar a um nível mais elevado que na faixa precedente. Assim sendo, conclui o autor, o gráfico do CMgPC tem a forma de degraus, onde cada degrau representa o CMePC para cada faixa de financiamento novo.

Para Brigham e Houston (1999), a elaboração do orçamento de capital consiste em primeiramente identificar o conjunto de possibilidades de investimento, aplicando a este as técnicas de análise de viabilidade econômico-financeira, como por exemplo, o VPL e a TIR. Para se chegar a alguma resposta é necessário antes definir o custo de oportunidade ajustado

ao risco que será utilizado na análise dos projetos de investimento. Este elemento, que será utilizado para trazer a valor presente os fluxos de caixa relevantes ou para ser comparado com a rentabilidade gerada pelos mesmos, pode ser o CMgPC.

Segundo Gitman e Madura (2003) o CMePC é um insumo-chave no processo de tomada de decisão de investimento, já que a empresa deve fazer somente investimentos cujo retorno esperado seja maior que o CMePC. Evidentemente, ressaltam os autores, a qualquer momento, os custos do financiamento e os retornos dos investimentos da empresa serão afetados pelo volume de financiamento e pelo investimento efetuado. Por conta disso, se torna importante o uso do CMgPC associado as decisões de investimento.

6 Exemplo numérico: aplicação de programação matemática à seleção de projetos de investimento com utilização do CMgPC

Para demonstrar o uso da metodologia proposta e ressaltar as diferenças entre os resultados desta e os da metodologia comumente encontrada na literatura da área, utiliza-se um exemplo numérico com 15 projetos, que terão suas viabilidades econômico-financeiras analisadas sob a ótica das duas metodologias.

A tentativa, conforme descrito anteriormente, é, a partir do referencial abordado, propor uma metodologia que corrija os equívocos encontrados na literatura da área, em relação ao cálculo do CMgPC e ao uso da TIR como critério de decisão para seleção de projetos de investimento. Para tanto, tem-se uma situação de análise de viabilidade econômico-financeira, sob restrição orçamentária, em que o CMgPC é utilizado como TMA para o cálculo do VPL e para comparação com a TIR. Utiliza-se como apoio, a ferramenta Solver[®] do Excel[®].

Cada um dos 15 projetos tem vida útil de 9 anos, já considerando no fluxo de caixa do último ano, quaisquer eventuais valores residuais. Todos os projetos possuem um mesmo nível de risco, e este, por sua vez, é compatível com o risco da empresa. Ou seja, a TMA, obtida em função do CMgPC, vai variar apenas em relação ao volume de recursos investidos, de forma que quanto mais recursos utilizados maior será o custo de capital e, por conseguinte, a TMA.

O quadro 1 mostra os fluxos de caixa anuais (em milhares de reais) e a TIR (% ao ano) para cada projeto:

Projeto	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	TIR
A	-65	21	18	36	24	22	19	40	15	17	33,56%
B	-80	33	45	44	12	22	29	17	21	31	38,80%
C	-40	12	24	17	11	18	13	11	15	17	37,44%
D	-80	20	22	18	27	21	19	15	26	22	21,80%
E	-215	65	78	94	89	74	88	71	77	105	34,01%
F	-134	55	76	82	21	25	12	24	28	10	35,73%
G	-120	31	30	44	21	27	33	37	31	25	21,71%
H	-126	46	34	77	70	34	58	22	17	55	36,42%
I	-67	22	35	41	23	44	12	11	11	42	40,77%
J	-100	35	54	32	12	35	68	19	21	28	33,80%
K	-180	45	67	87	34	26	79	21	38	98	27,03%
L	-80	32	34	33	21	22	24	27	31	27	34,38%
M	-62	21	22	35	36	28	18	38	15	35	40,18%
N	-72	12	22	32	35	63	77	21	11	16	36,85%
O	-100	12	22	22	42	67	73	53	33	83	30,13%

Quadro 1 – Fluxos de Caixa Anuais e Taxa Interna de Retorno

Uma informação adicional é que os projetos A e C são mutuamente excludente, assim como E e K. Além disso, o projeto M é dependente do projeto N. Ou seja, M não pode ser escolhido sem a escolha de N, porém o projeto N pode ser escolhido sem a necessidade de escolha de M. Tem-se, ainda, uma restrição orçamentária de \$ 900.000,00 para o investimento

inicial.

Além das informações para cada projeto, utiliza-se informações sobre os custos das fontes de capital que serão utilizadas. O quadro 2 mostra estas informações:

Fonte de Capital	Peso Meta	Custo do Capital (%a.a.)
CT	40%	14,00% ⁽¹⁾
		18,00% ⁽²⁾
CP	60%	13,00% ⁽³⁾
		27,00% ⁽⁴⁾

Quadro 2 – Custo das Fontes de capital

- (1) Custo do Capital de Terceiros depois de IR até o limite de \$ 220.000,00
- (2) Custo do Capital de Terceiros depois de IR acima de \$ 220.000,00
- (3) Custo dos Lucros Retidos (disponibilidade de \$ 100.000,00)
- (4) Custo de Novas Fontes de Capital Próprio

Para encontrar o comportamento do CMgPC tem-se que calcular os pontos de ruptura (PR). Estes representam até que valor (total de recursos) uma determinada fonte apresenta o mesmo custo. Com a estrutura meta definida, tem-se os seguintes limites de necessidade de recursos:

- $CT = \$ 900.000,00 \times 0,4 = \$ 360.000,00$
- $CP = \$ 900.000,00 \times 0,6 = \$ 540.000,00$

Por conta disso, só é preciso estimar os custos de cada fonte até este limite. Assim sendo, o cálculo dos pontos de ruptura pode ser visto a seguir:

- $PRCP = \$ 100.000,00 / 0,60 = \$ 166.670,00$
- $PRCT = \$ 220.000,00 / 0,40 = \$ 550.000,00$

Em outras palavras, isto quer dizer que para um montante de novos recursos de até \$ 166.670,00, tem-se o custo de CP em 13 % a.a. (lucros retidos) e o custo de CT em 14 % a.a. Deste valor até \$ 550.000,00 em novos recursos tem-se o custo de CP em 27 % a.a. e o custo de CT em 14 % a.a. Acima de \$ 550.000,00 e até \$ 900.000,00 (restrição orçamentária), o custo de CP permanece em 27 % a.a. e o de CT aumenta para 18 % a.a.

A partir destas informações, é possível analisar a viabilidade econômico-financeira dos projetos. Os cálculos necessários para balizar a decisão serão feitos em duas etapas. Primeiramente, utilizando a metodologia dos principais livros de finanças, dentre os quais Gitman (2002) e Brigham e Houston (1999). Depois, demonstra-se a mesma análise utilizando a metodologia proposta.

Faixa de Novos Recursos	Fonte de Capital	Peso Meta	Custo da Fonte (%a.a.)	CMePC (%a.a.)
Até \$ 166.670,00	CT	0,4	14,00	13,40
	CP	0,6	13,00	
de \$166.670,00 até \$ 550.000,00	CT	0,4	14,00	21,80
	CP	0,6	27,00	
Acima de \$ 550.000,00 até \$ 900.000,00	CT	0,4	18,00	23,40
	CP	0,6	27,00	

Quadro 3 – Cálculo dos CMePC por Faixa de Recursos Necessários

Para a metodologia comumente encontrada, tem-se que calcular os diversos CMePC, para cada faixa de necessidades de novos recursos. Estes formam o perfil de comportamento do CMgPC (quadro 3) para a análise dos projetos de investimento.

De posse destas faixas de CMePC, que formam, de acordo com a literatura de finanças, o perfil do CMgPC, pode-se fazer a análise de viabilidade econômico-financeira através da comparação entre as TIR's dos projetos, listados em ordem decrescente, e os CMePC do quadro 3. Os projetos devem ser escolhidos até que o CMePC ultrapasse a TIR. O quadro 4 mostra o resultado desta análise:

Projeto	Investimento Inicial	Investimento Inicial Acumulado	TIR (a.a.)	CMgPC (a.a.)
I	67	67	40,77%	13,40%
M	62	129	40,18%	13,40%
B	80	209	38,80%	21,80%
N	72	281	36,85%	21,80%
H	126	407	36,42%	21,80%
F	134	541	35,73%	21,80%
L	80	621	34,38%	23,40%
E	215	836	34,01%	23,40%
J	100	936	33,80%	23,40%
A	65	1001	33,56%	23,40%
O	100	1101	30,13%	23,40%
D	80	1181	21,80%	23,40%
G	120	1301	21,71%	23,40%

Quadro 4 – Viabilidade Econômico-Financeira pela Metodologia Comumente Encontrada na Literatura de Finanças

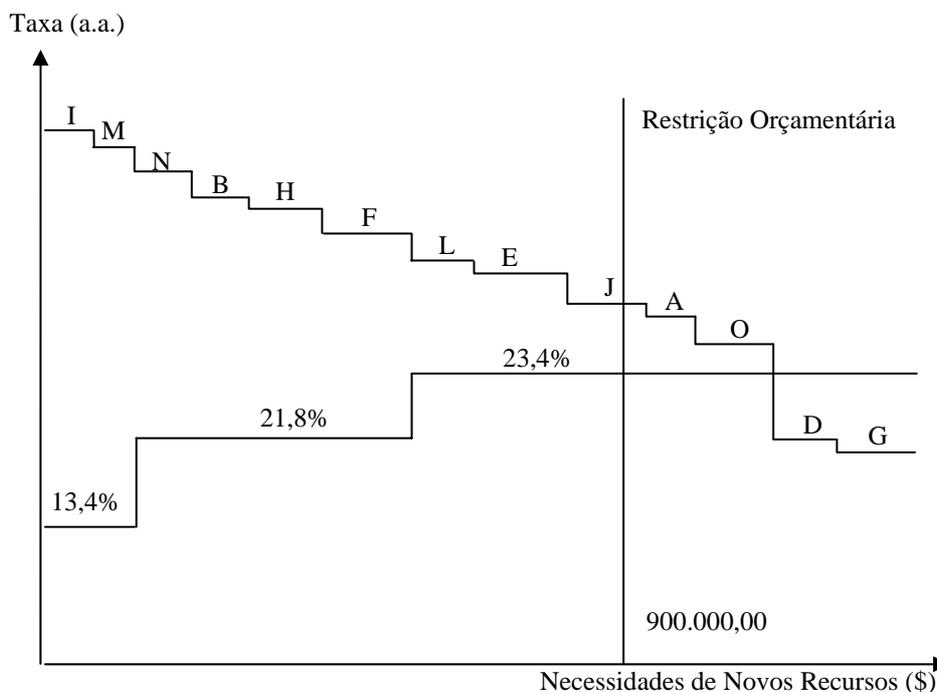


Figura 1 – Gráfico Comparativo: CMgPC x TIR dos Projetos

Inicialmente, cabe ressaltar que a literatura orienta que os projetos mutuamente

excludentes sejam escolhidos pelo método do VPL, utilizando o CMePC que será utilizado na análise. Com isso, calculou-se o VPL dos Projetos A e C e E e K para uma TMA de 23,40 % a.a.. Os resultados mostram que os projetos A e E possuem maiores VPL's, o que leva a exclusão dos projetos C e K. O quadro 04 mostra que, por conta da restrição orçamentária e do CMgPC, na faixa de necessidade de recursos acumulados de \$ 900.000,00 os projetos precisam ter TIR > 23,40 % a.a, para serem escolhidos. Com isso, apenas os projetos I, M, B, N, H, F, L e E são econômico-financeiramente viáveis. Vale destacar que, por este método, os projetos D e G são inviáveis, independentemente da restrição orçamentária, pois possuem TIR's menores que o CMgPC. A figura, acima, mostra uma representação gráfica para esta comparação feita no quadro 4.

A partir deste momento, com base no exemplo apresentado, faz-se uma análise crítica e propõe-se uma metodologia que não tenha os equívocos apresentados na literatura. Sendo assim, procura-se apontar eventuais problemas metodológicos e apresentar uma nova perspectiva para os mesmos.

Pode-se começar comparando os conceitos sobre CMgPC apresentados por autores como Gitman (2002) e Brigham e Houston (1999) e a aplicação feita no exemplo anterior. Gitman (2002) diz que o CMgPC é o CMePC associado à próxima unidade monetária do novo financiamento total da empresa. Já Brigham e Houston (1999) dizem que CMgPC é o custo de se obter mais uma unidade monetária de novo capital, ou seja, o CMePC da última unidade monetária de capital novo levantado.

Pode-se notar que as duas definições são idênticas. Porém, uma análise do exemplo apresentado, utilizando a metodologia descrita por estes autores, revela que o conceito não está sendo aplicado. Se não, vejamos:

- O CMgPC representa o custo da unidade monetária adicional, ou seja, o quanto o CMePC muda dado a entrada de novos recursos, respeitando a estrutura meta de capital;
- Se isso é verdade, o CMePC vai aumentando a medida que novo capital é incorporado, na proporção da estrutura meta;
- Porém, o que é apresentado no exemplo não é isso. No exemplo a lógica é que todo o recurso levantado, numa fonte, tem o custo de capital igual ao último patamar. Ou seja, no exemplo, quando há uma necessidade de \$ 407.000,00 o CMePC a ser utilizado seria de 21,80 % a.a., que foi calculado com base na média dos custos das fontes, sem considerar que no caso de CP o custo será de 13 % a.a. até o limite de CP de \$ 100.000,00 (ou de recursos totais de \$ 166.670,00). Ou seja, o cálculo correto deveria considerar o seguinte:
 - \$ 162.800,00 (40 %) de CT à 14,00 % a.a.;
 - \$ 244.200,00 (60 %) de CP, sendo \$ 100.000,00 (24,57 %) à 13 % a.a. e \$ 144.200,00 (35,43 %) a 27 % a.a.;

Com isso, tem-se que estabelecer uma função para o CMgPC, que será utilizada na metodologia proposta como TMA na análise de viabilidade econômico-financeira dos projetos. Este será função da proporção e dos custos das fontes de capital, para cada limite ou faixa de recursos necessários. Deste modo, o CMgPC será descrito da seguinte maneira:

$$CMgPC = \sum_{i=1}^n X_{cp_i} K_{cp_i} + \sum_{j=1}^n X_{ct_j} K_{ct_j}$$

Onde:

K_{cp_i} = Proporção de cada limite i (faixa) de CP na Necessidade de Recursos Total;

Xct_j = Proporção de cada limite j (faixa) de CT na Necessidade de Recursos Total;
 Kcp_i = Custo de Capital de cada limite i (faixa) de CP;
 Kct_j = Custo de Capital de cada limite j (faixa) de CT.

Com base no exposto acima, pode-se dizer que o conceito de CMgPC não está em consonância com a aplicação deste. Além disso, a forma da curva do CMgPC (em escadas) está equivocada, tendo a mesma o seguinte formato:

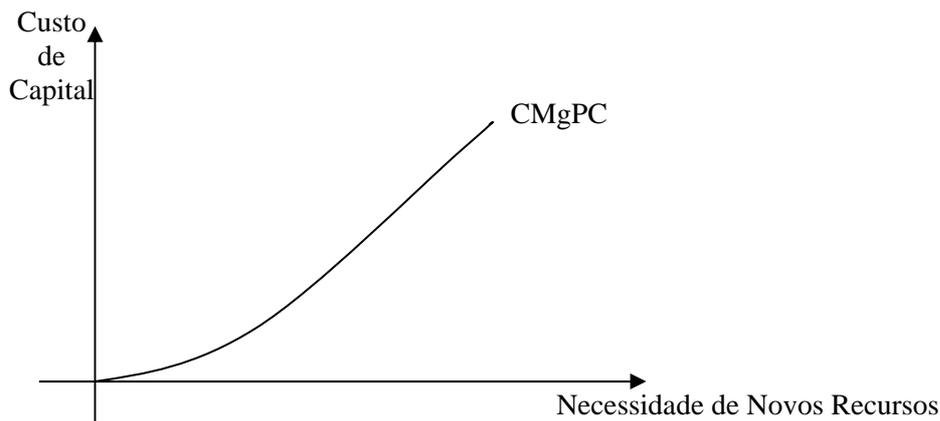


Figura 2 – Formato do CMgPC na Metodologia Proposta

Tendo feita a análise sobre o CMgPC e sabendo dos limites de uso da TIR como critério de seleção de projetos, pode-se descrever a metodologia proposta para análise da viabilidade econômico-financeira dos projetos do exemplo proposto.

Para esta análise, utilizou-se uma modelagem baseada em Programação Linear, onde o objetivo é Maximizar o VPL dos projetos escolhidos. Para tanto, utilizou-se do ferramental de Programação Inteira Binária (0-1). Os projetos escolhidos terão indicador 1 e os rejeitados, indicador 0.

A escolha será feita de maneira que o VPL total seja o maior possível, respeitando as restrições orçamentária e de características dos projetos. Como dito anteriormente, a TMA para o cálculo do VPL de cada projeto será determinada por uma função (CMgPC). Assim, para determinar se um projeto deve ou não ser aceito a metodologia deverá calcular seu VPL, decidir se sua escolha otimiza o VPL total e verificar se esta não fere nenhuma restrição. Porém, para calcular o VPL, tem-se que saber a TMA, que é representada pelo CMgPC, que depende do volume de recursos necessários. Este, por sua vez depende, da aceitação ou não do projeto, que depende do VPL. Daí, a necessidade de uma modelagem matemática para se otimizar a decisão. A função objetivo e as restrições utilizadas na modelagem estão descritas a seguir:

$$\text{Função Objetivo: } \text{MAX} \sum_{t=A}^O Y_t VPL_t$$

Sujeito a:

$$VPL_t = \sum_{z=0}^9 \frac{FC_z}{(1+TMA)^z} \quad t = A, \dots, O.$$

$$\sum_{t=A}^O Y_t II_t \leq 900.000,00$$

$$\begin{aligned}
 Y_A + Y_C &\leq 1 \\
 Y_E + Y_K &\leq 1 \\
 Y_M - Y_N &\leq 0 \\
 Y_t &= 0 \text{ ou } 1 \qquad t = A, \dots, O.
 \end{aligned}$$

$$TMA = \sum_{i=1}^n X_{cp_i} K_{cp_i} + \sum_{j=1}^n X_{ct_j} K_{ct_j}$$

Com o auxílio do Solver[®] do Excel[®], pode-se rodar a modelagem proposta. Daí tem-se como resposta que os projetos escolhidos são I, M, C, N, H, F, L, E e O, num total de recursos utilizados no valor de \$ 896.000,00, totalizando um VPL de \$ 442.000,00. A TMA utilizada foi de 20,86 % a.a.

Algumas conclusões podem ser tiradas da comparação entre as duas respostas:

- Que o projeto B, escolhido na metodologia comumente encontrada na literatura, foi trocado pelos projetos C e O na metodologia proposta. Isso para garantir a consecução do principal objetivo de qualquer análise de viabilidade econômico-financeira, que é a maximização da riqueza dos investidores, representada pelo VPL. Logo, trocou-se um projeto com uma alta TIR, por dois projetos com TIR's menores, porém com VPL's maiores.
- Que o cálculo da TMA apresentado pela metodologia proposta é estruturalmente diferente daquele da metodologia apresentada na literatura de finanças, já que neste trabalho ela é uma função contínua do montante de recursos captados. Com isso, o valor máximo para o CMgPC seria de 21,90 % a.a. e não 23,40 % a.a. Isso está claramente em discordância com o obtido na metodologia comumente encontrada na literatura, já que até os projetos tidos como inviáveis (D e G) poderiam ser viáveis, dependendo das condições de restrição orçamentária.

Assim sendo, o uso da abordagem comumente apresentada na literatura pode fazer com que o decisor rejeite projetos que podem agregar mais valor a organização em detrimento de outros, que apesar de possuírem maiores TIR's, não contribuem para o objetivo de maximizar a riqueza dos investidores.

Isso acontece porque o método de cálculo apresentado na literatura super-estima os níveis de CMgPC a serem utilizados na comparação com as TIR's dos projetos sob análise, além de utilizar a TIR com o critério de decisão. O método apresentado e discutido no presente trabalho corrige as falhas na modelagem do CMgPC e no critério de decisão, utilizando uma modelagem apoiada no VPL calculado com base no CMgPC como TMA. Isso leva, por conseguinte, a uma melhor decisão em termos de maximização da riqueza dos investidores.

7 Conclusões e considerações finais

O grande objetivo deste artigo é discutir a metodologia comumente apresentada na literatura sobre análise de viabilidade econômico-financeira de projetos de investimento e propor uma metodologia alternativa que seja mais coerente para resolver este problema.

Percebe-se que em algumas referências da área financeira tem-se o uso de uma metodologia equivocada, baseada em considerações erradas sobre o CMgPC e na hierarquização da TIR como critério de escolha, que acaba por gerar uma decisão não

eficiente em termos de maximização da riqueza gerada.

O equívoco está associado ao fato de que o CMgPC é incremental ou diferencial, e não médio, como a literatura consultada sugere. Ele deve ser aplicado, portanto, de forma marginal e não a todo o montante de recursos levantados.

Se a aplicação do custo fosse ao total de recursos levantados estaríamos admitindo que uma empresa ao levantar X unidades monetárias em uma determinada fonte teria um custo e ao levantar X + Y teria um custo sobre todo o recurso diferente. Isso até seria admissível, porém geraria um CMgPC muito maior que o valor informado na literatura, já que esta informação seria pertinente ao CMePC. Além disso, este patamar de custo não poderia ser fixo, ele seria variável como CMePC. Ou seja, a lógica é ter um CMgPC fixo em faixas e um CMePC variável.

Além disso, outras considerações que são negligenciadas fazem parte desta análise crítica. Este é o caso da utilização da TIR como fator de hierarquização dos projetos, pois este critério não necessariamente leva a uma decisão eficiente em termos de maximização da riqueza. O melhor seria utilizar o VPL, como na metodologia proposta.

Estes equívocos até poderiam ser justificados em nome de uma simplificação do conteúdo. Porém, entende-se que, ao invés de simplificar, o que estes artifícios geram é uma maior confusão nos alunos. Propõem-se, então, uma metodologia que gere uma decisão de investimento ótima. Tem-se que ter em mente que já existem tantas simplificações no processo decisório, que deve-se evitar aquelas que podem ser melhor exploradas.

Por fim, cabe ressaltar que este trabalho representa apenas o início de uma discussão mais abrangente sobre a utilização, na prática, dos conceitos de finanças em análise de projetos de investimento. Em outros trabalhos, no futuro, estaremos aprofundando esta discussão e propondo novas formas de atacar esta problemática, tais como:

- Fazer um estudo em que o risco dos projetos não seja similar com o da empresa, ou seja, o CMgPC não é função apenas do risco de crédito da empresa, mas também em função do risco de cada projeto.
- Fazer um outro variando a TMA (CMgPC) ao longo do tempo em função das mudanças de proporção do capital em virtude das amortizações do CT.

Referências

ASSAF NETO, A. Os Métodos Quantitativos de Análise de Investimentos. **Caderno de Estudos FIPECAFI**. n. 6, Out/1992.

BRIGHAM, E. F.; HOUSTON, J. F. **Fundamentos da Moderna Administração Financeira**. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

COPELAND, T. C.; WESTON, J. F. **Financial Theory and Corporate Policy**. 3. ed. EUA: Addison-Wesley, 1988.

MOTTA, R. R.; CALÔBA, G. M. **Análise de Investimentos**. São Paulo: Atlas, 2002.

DAMODARAN, A. **Avaliação de Investimento: ferramentas e técnicas para a determinação do valor de qualquer ativo**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.

FERREIRA, J. A. S. **Finanças Corporativas: conceitos e aplicações**. São Paulo: Pearson/Prentice Hall, 2005.

GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira**. 7 ed. São Paulo: Harbra, 2002.

GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

GITMAN, L. J.; MADURA, J. **Administração Financeira: uma abordagem gerencial**. São Paulo: Pearson, 2003.

HIRSHLEIFER, J. Risk, the Discount Rate and Investment Decisions. **The American Economic Review**. v. 51, n. 2, p. 112-120, 1958. In: ARCHER, S. H.; D'AMBRÓSIO, C. A. **The Theory of Business Finance: a book of readings**. 2 ed. New York: Macmillan Publishing, 1976.

LORIE, J. H.; SAVAGE, L. J. Three Problems in Rationing Capital. **Journal of Business**. v. 28, n. 4, p. 56-66, 1955. In: ARCHER, S. H.; D'AMBRÓSIO, C. A. **The Theory of Business Finance: a book of readings**. 2 ed. New York: Macmillan Publishing, 1976.

MACEDO, M. A. S. Avaliação de Projetos: Uma Visão da Utilização da Teoria de Opções. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 19, 1999, Rio de Janeiro. **Anais do XIX ENEGEP**. Rio de Janeiro: ABEPRO, 1999. 1CD.

MACEDO, M. A. S. A. Utilização de Programação Matemática Linear Inteira Binária (0-1) na Seleção de Projetos sob Condição de Restrição Orçamentária. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 24, 2002, Rio de Janeiro. **Anais do XXXIV SBPO**. Rio de Janeiro: IME, 2002. 1 CD.

MACEDO, M. A. S. Seleção de Projetos de Investimento: uma proposta de modelagem apoiada em programação multi-objetivo. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE FINANÇAS, 5, 2005, São Paulo. **Anais do V EBFIN**. São Paulo: SBFIN, 2005. 1 CD.

MACEDO, M. A. S.; SIQUEIRA, J. R. M. **Custo e estrutura de capital – uma abordagem crítica**. In: MARQUES, J. A. V. C.; SIQUEIRA, J. R. M. **Finanças Corporativas: aspectos essenciais**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2006.

MINARDI, A. M. A. F.; SANVICENTE, A. Z.; ARTES, R. Determinação de Rating de Crédito de Unidades de Negócio visando Estimar o Custo de Capital de Terceiros. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 30, 2006, Salvador. **Anais do XXX EnANPAD**. Salvador: ANPAD, 2006. 1 CD.

WAGNER, H. M. **Principles of Operations Research: with applications to managerial decisions**. New Jersey: Prentice-Hall, 1969.

WESTON, J. F.; BRIGHAM, E. F. **Fundamentos da Administração Financeira**. 10 ed. São Paulo: Pearson-Makron Books, 2000.