

Generalização do CAPM aplicada ao mercado de telefonia celular do Brasil

Generalization of the CAPM applied to the market of cellular telephony of Brazil

Caimi Franco Reis* e Oswaldo Luiz Do Valle Costa**

Resumo

Neste ano, a Anatel começou a adotar um novo modelo para as tarifas de interconexão das diversas áreas de telecomunicação do Brasil, entre elas a telefonia fixa e móvel. Nesse modelo, o WACC e o CAPM terão papel central no cálculo da remuneração do capital empregado em cada setor. No caso específico do CAPM, entretanto, há muitas controvérsias sobre sua aplicabilidade em países emergentes. ESTRADA (2002, 2003), por exemplo, encontrou resultados mais plausíveis para esses países, utilizando o modelo D-CAPM, uma variação do CAPM, baseada no risco *Downside*. Neste sentido, o objetivo deste artigo é propor uma generalização do CAPM, baseada em ponderação dos riscos *Downside* e *Upside*, analisando a existência de modelos intermediários que estimem melhor o retorno do mercado de telefonia celular do Brasil, com vistas à nova orientação de custos adotada. Na avaliação do poder de estimação dos modelos utilizou-se o índice de Jensen e o REQM, de 2003 e 2005. Mostra-se, assim, que realmente há uma determinada combinação entre os riscos *Downside* e *Upside*, que estima melhor o retorno das operadoras do setor e do mercado da telefonia celular como um todo.

Palavras-chave: CAPM, G_w -CAPM. Custo de Capital Próprio. Semivariância e Telecomunicações.

Abstract

In this year, Anatel started to adopt a new model for tariffs of interconnection of several areas of Brazil's telecommunication, between them fixed and mobile telephony. In this model, the WACC and the CAPM will have a central role in calculating the remuneration of the capital used in each sector. In the specific case of the CAPM, however, there are many controversies about its applicability in emergent countries. ESTRADA (2002, 2003), for example, found resulted more plausibles for these countries, using model D-CAPM, a variation of the CAPM based on the Downside risk. In this direction, the aim of this article is to consider a generalization of the CAPM, based on a balance of Downside and Upside risks, and to analyze the existence of intermediate models that better esteem the return of the market of cell telephony of Brazil, in relation to the new orientation costs adopted. In the evaluation of the templates' esteem power were used the index Jensen, of 2003 and 2005. As, thus, there is really determined combination between the risks Downside and Upside, that the return of the operators of the sector and the market of cell telephony esteem better as a whole.

Keywords: CAPM. G_w -CAPM. Cost of Proper Capital. Semivariance and Telecommunications.

Introdução

No ano de 2003, com base no Decreto 4.733/2003, o Governo Federal orientou que as tarifas de interconexão¹ do setor de telecomunicações fossem determinadas com base nos custos incorridos e no capital empregado na prestação dos serviços.

Considerando essa decisão, a Anatel, que tem entre suas funções a implementação de políticas públicas de telecomunicações, determinou por meio da Resolução n° 396, de 30 de março de 2005, que todas as operadoras com Poder

* Agência Nacional de Telecomunicações - caimireis@gmail.com

** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - oswaldo@lac.usp.br

¹ Interconexão: Ligação entre redes de telecomunicações funcionalmente compatíveis, de modo que os usuários de serviços de uma das redes possam se comunicar com usuários de serviço de outra ou acessar serviços nelas disponíveis. Há uma tarifa entre as operadoras com base na utilização da interconexão.

de Mercado Significativo (PMS)² deverão apurar os custos envolvidos e o capital empregado em cada um dos seus negócios e serviços/produtos oferecidos.

A determinação dos custos será feita com base no modelo LRIC (Long-Run Incremental Cost), que apura os custos e o capital incorrido na prestação de um determinado negócio e serviço/produto e aplica uma taxa de remuneração adequada sobre o capital empregado, da seguinte forma:

$$(1) \quad CC_i = CE_i \times WACC_i$$

sendo

CC_i: Custo de Capital empregado em um serviço/produto i;

CE_i: Custo Empregado líquido médio incorrido no serviço/produto i; e

WACC_i: custo médio ponderado de capital aplicado ao serviço/produto.

Como se observa na equação anterior, regulamentada em ANATEL (2005), a taxa de retorno será calculada com base no Custo Médio Ponderado de Capital (*Weigthed Average Cost of Capital* - WACC), que tem no custo de capital próprio um dos parâmetros mais importantes. O custo de capital próprio, por sua vez, é calculado pela maioria dos órgãos reguladores do mundo através do CAPM, como mostra BRAGANÇA et al.(2006).

Embora o CAPM seja o modelo mais utilizado atualmente, sempre houve muitas controvérsias sobre a sua eficácia. Tanto é assim que diversas alternativas foram sendo propostas desde sua criação na década de 60 até hoje, como por exemplo, o APT (Arbitrage Pricing Theory), desenvolvido por ROSS (1976), e o DGM (Dividend Growth Model), proposto por GORDON (1962).

Outra crítica que se faz ao CAPM é com relação à sua aplicabilidade a países emergentes. ESTRADA (2002, 2003), por exemplo, defende empiricamente que, para esses países, o cálculo do CAPM deve considerar apenas o risco *Downside*, que seria implementado através do modelo D-CAPM (*Downside* CAPM).

Mas por que desconsiderar o risco *Upside*? Será que não há uma combinação dos riscos *Downside* e *Upside* que apresente resultados melhores do que o CAPM e o D-CAPM?

O objetivo deste trabalho é justamente responder à pergunta anterior para o caso das telecomunicações no Brasil, em específico, para o mercado de telefonia celular. Para tal será elaborada uma generalização do CAPM, denominada de G_w-CAPM e descrita em função do peso w, que pode abranger todas as combinações de risco *Downside* e *Upside*. Para determinados valores do peso w, G_w-CAPM descreve o modelo CAPM ou D-CAPM.

A avaliação do melhor peso para a telefonia celular do Brasil será feita com base no modelo que melhor estimar o retorno desse setor, sendo que o erro de estimativa será calculo pelo Índice de Jensen e pelo REQM (Raiz do Erro Quadrático Médio).

Este trabalho está dividido da seguinte forma: na Seção 2 são apresentadas as formulações matemáticas do CAPM, D-CAPM e G_w-CAPM. Na Seção 3 apresenta-se a metodologia utilizada. E os resultados são exibidos na seção 4, enquanto as conclusões na seção 5.

CAPM e modelos derivados

Nesta seção são apresentados os modelos CAPM, D-CAPM e G_w-CAPM, bem como suas respectivas formulações matemáticas. Estas formulações serão feitas para uma carteira genérica, o que não invalida a sua aplicação para uma ação única.

1.1. CAPM

DAMODARAN (2002) define o custo de capital próprio como sendo “a taxa de retorno que os investidores exigem para fazer um investimento em capital de risco na empresa”. Dito de outra forma, isto significa dizer que o capital próprio é dado a partir do binômio risco-retorno, sendo que quanto maior o risco, maior o retorno, e vice-versa.

Segundo DAMODARAN (2002), a mensuração do custo de capital próprio pode se dar utilizando modelos de risco e retorno. Entre esses modelos, tem-se o *Capital Asset Pricing Model* – CAPM, que mensura o risco em relação a um único fator de mercado; o *Arbitrage Pricing Theory* - APT, em que o custo do capital próprio é estimado pela sensibilidade deste face aos múltiplos fatores econômicos não-específicos e o modelo de fatores múltiplos, que é dado pela sua sensibilidade em relação a variáveis macroeconômicas, e outros modelos alternativos de fator único e fatores múltiplos.

² Poder de Mercado Significativo: posição que possibilita influenciar de forma significativa as condições do mercado relevante, assim considerada pela Anatel.

Enquanto a abordagem clássica de média-variância, desenvolvida por MARKOWITZ (1959), fornece uma maneira ótima para a distribuição dos recursos em um investimento, o CAPM foca a questão do apereamento de ativos sob a ótica de um mercado em equilíbrio, e sempre dentro de um contexto de média-variância.

1.1.1. Formulação matemática

Para um melhor entendimento do CAPM é importante tecer algumas considerações sobre a nomenclatura que será utilizada ao longo do trabalho. Seja i uma ação qualquer negociada em bolsa. O retorno de i é dado por R_i , uma variável aleatória em função de i . O retorno esperado da variável aleatória anterior será denotado por r_i , sendo $r_i = E(R_i)$. Da mesma forma, seja uma carteira qualquer P , com retorno descrito descrita pela equação (2).

$$(2) \quad R_P = a_1 R_1 + a_2 R_2 + \dots + a_i R_i$$

Na equação anterior, R_P é uma variável aleatória e os pesos a_i satisfazem a condição: $(a_1 + a_2 + \dots + a_i) = 1$. O valor esperado para R_P é representado por μ_P , onde $\mu_P = E(R_P)$. Para o caso de um índice de mercado qualquer vale a mesma formulação. Seja, por exemplo, um índice de mercado M , com retorno representado por R_M e também uma variável aleatória. O retorno esperado do índice será dado por $\mu_M = E(R_M)$.

Sabendo da nomenclatura anterior, pode-se então escrever o modelo CAPM aplicado à carteira P , considerando um mercado de referência M , conforme a equação (3):

$$(3) \quad r_P = r_f + \beta_{R_P} (\mu_M - r_f)$$

onde

r_P : retorno esperado pelo modelo CAPM para a carteira P .

r_f : taxa livre de risco.

$(\mu_M - r_f)$: prêmio de risco do mercado, onde μ_M é o retorno esperado para M .

β_{R_P} : Beta da carteira P .

O parâmetro Beta da equação (3) é apresentado na equação (4):

$$(4) \quad \beta_{R_P} = \frac{Cov(R_P, R_M)}{Var(R_M)}$$

sendo

R_P : variável aleatória com os retornos de P .

R_M : variável aleatória com os retornos do índice de mercado M .

Nas equações anteriores é possível observar que o CAPM simula uma situação em que sempre é possível obter um ativo livre de risco e que o risco da ação analisada é dado com base na covariância entre ela e o mercado utilizado como *proxy*, sendo que o risco é medido pelo Beta. Valores de Beta maiores do que 1 significam que a ação é mais arriscada que o mercado, e por isso deverá ser premiada com uma remuneração maior. Caso contrário a ação é menos arriscada que o mercado, devendo ser remunerada com um valor menor.

Desde a elaboração do CAPM, na década de 60, até hoje, diversas variações foram sendo criadas, principalmente com relação à forma de calcular o parâmetro de risco – Beta. Um exemplo disso é o modelo o D-CAPM, que será apresentado na próxima Seção.

1.2. D-CAPM

Embora o CAPM seja o modelo mais utilizado atualmente, há algumas críticas com relação ao seu uso. Uma das mais importantes se refere à medida de risco utilizada, que é a variância. O problema alegado é que ela assegura igual importância para os retornos que estão acima e abaixo do valor médio. HARKER e ZENIOS (2000), por exemplo, afirmam que apenas os eventos que estão abaixo da média são importantes para a medida de risco em investimento. Divergências como essas

levaram alguns pesquisadores e analistas de mercado a sugerir uma outra medida de risco: a semivariância, ou variância média dos eventos que ocorrem abaixo da média, como uma medida mais realista do risco (HARKER e ZENIOS, 2000).

Neste contexto, ESTRADA (2002, 2003) propõe o modelo D-CAPM, que utiliza a semivariância negativa como medida de risco. De acordo com o autor, essa medida é mais plausível para países emergentes.

A diferença entre o CAPM e o D-CAPM refere-se basicamente à forma como o Beta é calculado. O D-CAPM não leva em conta uma estrutura de média-variância, mas sim de média-semivariância negativa. De acordo com BARBOSA e MOTTA (2004), o D-CAPM possui como principal característica o fato de utilizar como medida de risco o *Downside* Beta (D-Beta), que busca avaliar somente o risco de perda sistemático.

No próximo item será dada uma explicação matemática do modelo.

1.2.1. Formulação matemática

Seja novamente uma determinada carteira P, com retornos R_p , e uma carteira de mercado M, com retornos R_M . Na formulação do D-CAPM, a variância é trocada pela semivariância negativa (svar-) que, para o caso da carteira M, será dada pela equação (5):

$$(5) \quad s \text{ var}^-(R_M) = E \left\{ \text{Min}[(R_M - \mu_M), 0]^2 \right\}$$

sendo

R_M : variável aleatória com os retornos da carteira de mercado M.

μ_M : retorno esperado para M, calculado pela média aritmética dos retornos.

$E\{\}$: valor esperado.

Na equação (5) fica claro que só entra na contagem da semivariância negativa (svar) os retornos de mercado que estiverem abaixo do valor esperado. Os demais são desconsiderados.

Com relação à semicovariância negativa (scov-) entre a carteira P e o mercado M, o cálculo é dado pela equação (6).

$$(6) \quad s \text{ cov}^-(R_p, R_M) = E \left\{ \text{Min}[(R_p - \mu_p), 0] \cdot \text{Min}[(R_M - \mu_M), 0] \right\}$$

onde

R_p : variável aleatória com os retornos da ação P.

μ_p : retorno esperado para P, calculado pela média aritmética dos retornos.

R_M : variável aleatória com os retornos da carteira de mercado.

μ_M : retorno esperado para M, calculado pela média aritmética dos retornos.

Novamente, no cômputo de scov- só são considerados os valores que estão abaixo do retorno esperado, tanto para a carteira P quanto para a carteira de mercado M. Os restantes são desconsiderados.

Exposta a equação (5) e a equação (6) pode-se escrever o valor do risco do D-CAPM, representado por $\beta_{R_p}^d$ (ou D-Beta), de acordo com a equação (7):

$$(7) \quad \beta_{R_p}^d = \frac{s \text{ cov}^-(R_p, R_M)}{s \text{ var}^-(R_M)}$$

onde

R_p : variável aleatória com os retornos de P.

R_M : variável aleatória com os retornos de M.

Por analogia com a equação (3) e tomando as equações anteriores, pode-se então escrever na equação (8) o retorno esperado pelo D-CAPM para uma carteira P:

$$(8) \quad r_{D_p} = E(r_p) = r_f + \beta_{R_p}^d \cdot (\mu_M - r_f)$$

sendo

r_{D_P} : retorno esperado pelo D-CAPM para a carteira P;
 r_f : taxa do ativo livre de risco;
 $(\mu_M - r_f)$: prêmio de risco, sendo μ_M o retorno esperado para M;

$\beta_{R_P}^d$: Beta do D-CAPM para a carteira P, calculado pela equação (7)

Com a equação (8) fica evidente que a única diferença entre o D-CAPM e o CAPM é a forma de calcular o Beta. O ativo livre de risco e o prêmio de risco de mercado se mantêm da mesma forma.

Vale lembrar, enfim, que as equações deste item se aplicam tanto a uma carteira como a uma ação única.

1.3. U-CAPM

Ao contrário do D-CAPM, o U-CAPM³ tem como principal característica utilizar um risco positivo, denominado aqui de *Upside Beta* e representado por $\beta_{R_P}^u$ (ou U-Beta), e medido pela semivariância positiva. Esse modelo procura quantificar o risco devido aos retornos que sejam superiores ao retorno esperado.

O modelo U-CAPM não foi apresentado na literatura de finanças, mas sua descrição feita aqui é análoga a do D-CAPM. O objetivo deste item não é aprofundar sobre o U-CAPM mas apenas utilizá-lo para facilitar a formulação do modelo central deste trabalho: o G_w-CAPM.

Abaixo pode ser observada uma explicação mais aprofundada sobre a formulação matemática.

1.3.1. Formulação matemática

Considerando a mesma nomenclatura que vem sendo utilizada até o momento, a semivariância positiva é descrita pela equação (9)

$$(9) \quad s \text{ var}^+(R_M) = E \left\{ \text{Max} [(R_M - \mu_M), 0]^2 \right\}$$

onde

R_M : variável aleatória com os retornos da carteira M.
 μ_M : retorno esperado para M, calculado pela média aritmética dos retornos.
 $E\{\}$: valor esperado.

Na equação (9) fica claro que só entra na contagem da semivariância positiva ($s \text{ var}^+$) os retornos de mercado que estiverem acima do valor esperado. Os demais são desconsiderados.

Com relação à semicovariância positiva ($s \text{ cov}^+$) entre os retornos de P e M, o cálculo é dado pela equação (10).

$$(10) \quad s \text{ cov}^+(R_P, R_M) = E \left\{ \text{Max} [(R_P - \mu_P), 0] \text{Max} [(R_M - \mu_M), 0] \right\}$$

sendo

R_P : variável aleatória com os retornos da carteira P;
 μ_P : retorno esperado para a carteira P, sendo calculado pela média aritmética dos retornos;
 R_M : variável aleatória com os retornos da carteira M.

μ_M : retorno esperado para M, calculado pela média aritmética dos retornos.

Novamente, no cômputo de $s \text{ cov}^+$ só são considerados os valores que estão acima do retorno esperado, tanto para a carteira P como para a carteira de mercado M. Os restantes são desconsiderados.

³ O modelo U-CAPM não foi apresentado na literatura de finanças, mas sua descrição feita aqui é análoga a do D-CAPM. O objetivo deste item não é aprofundar sobre o U-CAPM mas apenas utilizá-lo para facilitar a formulação do modelo central deste trabalho: o G_w-CAPM.

As ações desta empresa não foram consideradas devido à baixa representatividade no índice total. A TCN apresenta um Market Cap de apenas 70 milhões de dólares.

Com base na equação (9) e na equação (10) escreve-se então o Beta para o U-CAPM, conforme a seguir:

$$(11) \quad \beta_{R_p}^u = \frac{s \text{cov}^+(R_p, R_M)}{s \text{var}^+(R_M)}$$

onde

R_p : variável aleatória com os retornos de P;

R_M : variável aleatória com os retornos da carteira de mercado.

Associando as equações anteriores pode-se escrever o retorno esperado pelo U-CAPM, conforme a equação (12):

$$(12) \quad r_{U_p} = E(R_p) = r_f + \beta_{R_p}^u (\mu_M - r_f)$$

sendo

r_{U_p} : retorno esperado pelo U-CAPM para P;

r_f é a taxa do ativo livre de risco;

$(\mu_M - r_f)$: prêmio de risco, sendo μ_M o retorno esperado para a carteira de mercado;

$\beta_{R_p}^u$: Beta do U-CAPM para os retornos R_p , calculado pela equação (11).

Novamente, este modelo também é bastante similar ao CAPM. A única diferença está na forma de se calcular o parâmetro Beta.

Enfim, vale lembrar que as equações anteriores se aplicam também a uma ação individual. No próximo item serão integrados os modelos D-CAPM e U-CAPM.

1.4. G_w -CAPM

Apresentados os modelos D-CAPM e U-CAPM, é possível então propor a generalização do CAPM, modelo central deste artigo, com base tanto na semivariância positiva como na semivariância negativa.

Conforme já comentado, ESTRADA (2002, 2003) compara o CAPM e o D-CAPM e encontra resultados mais plausíveis para este último, quando são considerados os países emergentes. Mas será que uma combinação entre os modelos U-CAPM e D-CAPM não traz resultados melhores ainda? O objetivo da generalização é justamente avaliar a eficácia da combinação das duas medidas na estimativa do retorno de ações, especificamente, do setor de telefonia celular.

No próximo item é apresentada a formulação matemática para o modelo.

1.4.1 Formulação matemática

Com base na mesma nomenclatura dos itens anteriores, e considerando pesos w para os riscos downside e upside, pode-se escrever a semivariância dos retornos de mercado de acordo com a equação (13):

$$(13) \quad s \text{var}_w(R_M) = (w)s \text{var}^+(R_M) + (1-w)s \text{var}^-(R_M)$$

onde

$s \text{var}_w(R_M)$: semivariância dos retorno de mercado (R_M) em função do peso w ;

w : peso que varia entre [0,1];

R_M : variável aleatória com o retorno da carteira de mercado;

$s \text{var}^+()$: função semivariância positiva;

$s \text{var}^-()$: função semivariância negativa.

Na equação (13) algumas considerações são relevantes: se $w=0,5$ ela se reduz ao cálculo da variância; se $w=0$, ela é o caso particular da semivariância negativa; e se $w=1$, da variância positiva.

De outro lado, calculando a semicovariância (scov) entre os retornos de P e M tem-se a equação (14).

$$(14) \quad s \text{cov}_w(R_p, R_M) = (w)s \text{cov}^+(R_p, R_M) + (1-w)s \text{cov}^-(R_p, R_M)$$

sendo

w: peso que varia entre [0,1].

R_p : variável aleatória com os retornos da carteira P;

R_M : variável aleatória com os retornos da carteira de mercado.

$\text{scov}^+()$: função semicovariância positiva.

$\text{scov}^-()$: função semicovariância negativa.

Na equação anterior, se $w=0.5$, a semicovariância se reduz ao caso particular da covariância; se $w=0$, ela é o caso particular da semicovariância negativa; e se $w=1$, da semicovariância positiva.

Com base na equação (13) e na equação (14) pode-se escrever então o valor do risco (G_w -Beta) considerado no modelo, conforme a equação (15):

$$(15) \quad \beta_{R_p}^g(w) = \frac{s \text{cov}_w(R_p, R_M)}{s \text{var}_w(R_M)}$$

sendo

R_p : variável aleatória com os retornos da carteira P;

R_M : variável aleatória com os retornos da carteira de mercado M.

Utilizando as equações anteriores tem-se que o retorno esperado pelo G_w -CAPM para a carteira P pode ser escrito pela equação (16),

$$(16) \quad r_{G_p}(w) = r_f + \beta_{R_p}^g(w) \cdot (\mu_M - r_f)$$

onde

$r_{G_p}(w)$: retorno esperado através G_w -CAPM para a carteira P em função de w.

r_f : é a taxa do ativo livre de risco.

$(\mu_M - r_f)$: prêmio de risco, sendo μ_M o retorno esperado para a carteira de mercado.

$\beta_{R_p}^g(w)$: Beta do G_w -CAPM para a carteira P, em função de w, e calculado pela equação (15).

A fórmula anterior descreve, portanto, o modelo CAPM generalizado. Fica claro, mais uma vez, que o ativo livre de risco e o prêmio de risco se mantêm inalterados. A única diferença é o parâmetro Beta que, agora, está descrito em função do peso w.

1.4.2. Particularidades

Antes de concluir este item, é importante apresentar algumas particularidades que ocorrem no modelo G_w -CAPM.

Quando, por exemplo, $w=0$, a generalização descreve o modelo D-CAPM; se $w=0.5$, os riscos positivos e negativos têm a mesma importância, descrevendo então o modelo CAPM; e se $w=1$, o modelo considera apenas o risco positivo, representado o caso particular do U-CAPM. As particularidades anteriores são exibidas na Tabela (1), tomando como exemplo uma carteira qualquer P:

Valores atribuídos a w	Particularidades		
w=0	$r_{G_p}(0) = r_{D_p}$ (D-CAPM)	ou	G_0 -CAPM = D-CAPM
w=0,5	$r_{G_p}(0,5) = r_p$ (CAPM)	ou	$G_{0,5}$ -CAPM = CAPM
w=1	$r_{G_p}(1) = r_{U_p}$ (U-CAPM)	ou	$G_{1,0}$ -CAPM = U-CAPM

Tabela 1 Algumas particularidades do modelo G_w -CAPM (Fonte: os autores)

Metodologia

Nesta seção serão tecidos alguns comentários sobre os diversos parâmetros utilizados na elaboração da Metodologia: mercado utilizado, período de análise, variáveis envolvidas, índices elaborados e a avaliação de desempenho dos modelos analisados.

1.5 Mercado

O uso do modelo CAPM ou seus derivados encontra aplicação direta no cálculo do custo de capital. Antes de aplicar o CAPM, porém, é necessário definir o mercado a ser utilizado, isto é, a bolsa de valores mais condizente com o estudo em questão. Sendo possível, melhor utilizar o próprio mercado local. Mas no caso brasileiro há alguns empecilhos, conforme cita CAMACHO (2004): falta de liquidez do mercado, insuficiência de dados históricos, além de o mercado não permitir consistência no cálculo do custo de capital.

Tendo em vista os problemas anteriores, adotou-se para este trabalho o mercado dos EUA, que apresenta maior liquidez e abundantes dados históricos. Ainda, assim, devido à recente privatização e à recente entrada da telefonia celular no Brasil, o período histórico das ações de telecomunicações é curto, começando no final da década de 90. A bolsa de valores escolhida foi a *New York Stock Exchange* (NYSE).

1.6. Período de análise

Outros pontos importantes na análise do CAPM são o período de análise e a média a ser empregada nos cálculos. A escolha do período é fundamental, pois períodos curtos refletem demasiadamente a conjuntura, enquanto períodos longos podem refletir regimes econômicos muito distintos dos que se verifica no médio prazo (BRAGANÇA et al, 2006). Neste trabalho utilizou-se o período de 5 anos como base para o cálculo do Beta, e o período de 1928-2004 para achar um valor médio para o prêmio de risco e o ativo livre de risco. A média empregada foi a aritmética.

1.7. Variáveis

Com relação às variáveis envolvidas diretamente no cálculo do CAPM (D-CAPM ou G_w -CAPM), as principais são: ativo livre de risco, risco (beta) e retorno das ações, e o prêmio de risco, conforme os itens a seguir:

1.7.1 Ativo livre de risco

No caso do ativo livre de risco é importante que tenha maturidade condizente com o período de retorno de investimento para o setor em análise. Para o mercado da telefonia celular, o período deve ser de longo-prazo, seguindo o tempo necessário para recuperar os investimentos na área. Sendo assim, adotou-se o título do Tesouro dos EUA com vencimento de 10 anos e maturidade em torno de 8 anos, representado pelo símbolo USTB10. O valor médio anual obtido foi 5,27% no período de 1928 a 2004, conforme ANEEL (2006).

1.7.2. Retorno

Os retornos das ações e do índice utilizado foram calculados com base em cotações obtidas das seguintes fontes: YahooFinance, Economática e Reuters. O cálculo do retorno de uma ação i no tempo t foi realizado com base na razão entre o Preço no mês (dia/ano) atual e o preço no mês (dia/ano) anterior, conforme a equação (17):

$$(17) \quad R_{i,t} = \frac{P_{i,t}}{P_{i,t-1}} - 1$$

onde

$P_{i,t}$: preço da ação i no período t .

$P_{i,t-1}$: preço da ação i no período $(t-1)$.

Em todo o trabalho foi considerado que a média aritmética dos retornos passados é um bom estimador para o retorno esperado.

1.7.3. Risco das ações

Para calcular o risco das ações foi considerado o parâmetro Beta. Suas principais características são: período de 5 anos e frequência mensal. Os parâmetros para todos os modelos foram calculados entre outubro/2003 e outubro/2005, sendo utilizado como base sempre o período móvel composto pelos 5 anos imediatamente anteriores. Exemplo: para o Beta de outubro/2003 foi utilizado o período de 5 anos anterior a outubro/2003; para novembro/2003 utilizou-se o período de 5 anos anterior a novembro/2003; e assim por diante.

Finalmente, cabe uma última observação com relação à metodologia utilizada. ROSS (1995) afirma que um dos maiores problemas com o Beta é que ele pode variar com o tempo. O autor quer dizer que se houver uma crise pontual em um determinado país ou empresa e o Beta for pontual, ele refletirá demasiadamente esta crise. Para evitar ou minimizar esse problema, calculou-se o Beta ao longo de um período de 25 meses. Esta solução pode muito bem ser empregada na nova orientação a custos que está sendo adotada pela Anatel.

1.7.4. Prêmio de Risco

Para calcular o prêmio de risco considerou-se o retorno médio do S&P500 e subtraiu-se do retorno médio do bônus do Tesouro dos EUA com vencimento em 10 anos (USTB10), tomando o período base de 1928 a 2004, conforme ANEEL (2006). O resultado obtido foi a taxa anual de 6,53%. Ao aplicar o modelo G_w -CAPM, esta taxa foi convertida linearmente de anual para mensal.

Um resumo com as principais características das variáveis e respectivos períodos é apresentado na Tabela (2).

Variáveis	Características	Período
Retorno (ações e índices)	Mensal	nov/1998-out/2005
Ativo Livre de Risco (USTB)	Anual	1928-2004
Índice Mercado (S&P500)	Anual	1928-2004
G_w -Beta	5 anos	out/2003-out/2005
Prêmio de Risco	Anual	1928-2004

Tabela 2 Características das principais variáveis utilizadas (Fonte: os autores)

Uma limitação das ações de telefonia do Brasil é o fato de não haver séries históricas longas, devido à recente privatização do mercado e devido ao recente surgimento da tecnologia celular no Brasil. Como se observa na tabela anterior, a data mais antiga existente é a de 1998. Com isso as séries são relativamente curtas (cerca de 7 anos). Entretanto, a maior restrição possível em termos de período seria com relação ao cálculo do Beta, que se recomenda calcular com um período mínimo de 5 anos. Mas, como a série tem um período superior, esta restrição foi atendida.

1.8. Índice para o mercado de telefonia celular

Para representar o mercado de telefonia celular do Brasil, elaborou-se um pequeno índice de ações, cujo símbolo utilizado é **ICB** (Índice de operadoras de Celular do Brasil). Ela é composta pelas três maiores operadoras com ações negociadas na Bolsa de Nova Iorque (NYSE) que, provavelmente, poderão ser enquadradas como empresas com PMS (Poder de Mercado Significativo): Vivo (símbolo VIV), TIM (símbolo TSU), e Telemig Celular (símbolo TMB).

Além disso foi elaborado também o índice **ICB-P** (índice de operadoras de Celular do Brasil Ponderado), que é semelhante ao ICB mas com a diferença de ser ponderado pelo *Market Cap* atual das operadoras.

Na Tabela (3) é apresentado um resumo das características de composição dos índices:

Símbolo	Empresa	Composição de ICB	Composição de ICB-P
VIV	Vivo	0,33	0,36
TSU	TIM	0,33	0,50
TMB	Telemig Celular	0,33	0,14
TCN	Tele Norte Celular ^d	-	-

Tabela 3 Características das ações e suas participações nos índices ICB e ICB-P (Fonte: os autores)

⁴ As ações desta empresa não foram consideradas devido à baixa representatividade no índice total. A TCN apresenta um Market Cap de apenas 70 milhões de dólares.

A solução ideal para simular o mercado de telefonia celular do Brasil seria utilizar um índice com um número maior de empresas. Entretanto, somente 4 ações de empresas de telefonia celular são negociadas em NYSE, sendo que uma delas - TCN - apresenta um *market cap* muito baixo, sendo desconsiderada dos índices ICB e ICB-P.

1.9. Avaliação de desempenho dos modelos

Na avaliação dos modelos que melhor estimam o retorno de ações considerou-se principalmente o REQM (Raiz do Erro Quadrático Médio). Adicionalmente, aplicou-se o índice de Jensen, conforme COSTA e ASSUNÇÃO (2005).

Embora as formulações de Jensen tenham sido feitas com base no CAPM, elas são válidas também para o G_w -CAPM. Neste caso o índice de Jensen foi chamado de generalizado apenas para fazer distinção de aplicação.

1.9.1 REQM

A principal análise feita neste trabalho para avaliar o desempenho dos modelos é o REQM (Raiz do Erro Quadrático Médio), que mede o erro quadrático entre o valor real e o valor estimado por cada modelo. O valor real é calculado com base na média aritmética de uma janela de 5 anos (período igual ao do Beta), movimentada entre os meses de outubro de 2003 e outubro de 2005, em um total de 25 meses.

O REQM, portanto, foi calculado com base nesses 25 meses considerados. Quanto menor o valor de REQM melhor o modelo estima o valor real de mercado para a ação ou índice analisado.

1.9.2. Índice de Jensen:

Já o cálculo do índice de Jensen (J) de uma determinada ação se baseia na diferença entre o retorno médio real e o valor esperado pelo CAPM.

Para ilustrar matematicamente o Índice, seja novamente uma carteira P. O valor de Jensen para esta carteira, conforme COSTA e ASSUNÇÃO (2005), é descrito pela equação (18):

$$(18) \quad J = \mu_P - r_P$$

sendo

μ_P : retorno médio da carteira P, calculado pela média aritmética dos retornos passados;

r_P : retorno esperado para a carteira P através do CAPM.

Uma outra maneira de escrever a equação anterior é através da equação (19):

$$(19) \quad J = \mu_P - r_f - \beta_{R_P} (\mu_M - r_f)$$

onde

μ_P : retorno médio da carteira P;

r_f : taxa do ativo livre de risco;

$\mu_M - r_f$: prêmio de risco;

β_{R_P} : Beta da carteira P.

Da equação anterior resultam três conclusões importantes:

- $J > 0 \rightarrow$ indica um retorno real acima do esperado;
- $J < 0 \rightarrow$ indica um retorno real abaixo do esperado;
- $J = 0 \rightarrow$ indica um retorno real igual ao esperado.

Portanto, valores positivos de J sugerem que o retorno observado foi acima do esperado, indicando um bom desempenho da carteira segundo esse critério. Valores negativos, por sua vez, indicam um desempenho abaixo do esperado. Na seção 4 serão apresentados os valores desse índice. O desempenho do modelo será tão melhor quanto mais próximos os valores ficarem de zero.

Vale ressaltar, finalmente, que essa análise não considera o risco da carteira, comparando apenas a retorno observado com o seu valor teórico previsto pela fórmula do CAPM. Caso se queira considerar o risco da carteira é preciso utilizar o índice de Sharp.

Resultados

Nesta seção os resultados foram divididos em G_w -Beta e G_w -CAPM, conforme a seguir:

1.10. G_w -Beta

Aplicando a metodologia descrita na Seção anterior calculou-se G_w -Beta com $w = 0, 0.25, 0.50, 0.75$ e 1 para as ações analisadas. Os valores médios ao longo do tempo são apresentados na Tabela (4):

	w=0,00	w=0,25	w=0,50	w=0,75	w=1,00
VIV	3,10	2,89	2,97	3,39	3,70
TSU	2,13	2,00	2,01	2,22	2,39
TMB	1,98	1,82	1,90	2,24	2,48

Tabela 4 Valores médios de G_w -Beta para ações VIV, TSU e TMB (Fonte: os autores)

Já os valores de Beta para os índices que estão representando o mercado de telefonia celular do Brasil são exibidos na Tabela (5):

	w=0,00	w=0,25	w=0,50	w=0,75	w=1,00
ICB	2,31	2,19	2,29	2,60	2,81
ICB-P	2,41	2,27	2,34	2,63	2,84

Tabela 5 Valores médios de G_w -Beta para os índices ICB e ICB-P (Fonte: os autores)

Adicionalmente, podem ser vistos no Anexo I (Figura 1 e Figura 2) o comportamento de cada um dos betas ao longo do tempo para o ICB e o ICB-P.

Analisando as tabelas anteriores, tanto para as ações individuais como para os índices que representam o mercado de telefonia celular, constata-se que, na média, os valores de beta para todas as ações e índices considerados seguem a seguinte relação:

$$G_{1,0}\text{-Beta} > G_{0,75}\text{-Beta} > G_{0,5}\text{-Beta} > G_{0,25}\text{-Beta} > G_{0,0}\text{-Beta}$$

Percebe-se, assim, que o maior valor é dado pelo $G_{1,0}$ -Beta (ou U-Beta), enquanto o menor é dado pelo $G_{0,25}$ -Beta. Esses resultados são empíricos, não havendo uma explicação matemática para eles.

De uma maneira geral, com relação aos valores de G_w -Beta, percebe-se que são altos, estando quase todos acima de 2. BRAGANÇA et al.(2006), por exemplo, encontra o valor médio de 1,2 para o beta de empresas do setor de telecomunicações de todo o mundo. A principal explicação para este fato é a frequência de observações mensal (e não semanal ou diária) para os retornos das ações.

Uma questão a analisar ainda é se as variações do G_w -Beta são significativas em relação ao Beta do CAPM, isto é, os estimadores obtidos com cada um dos pesos w utilizados vão influenciar significativamente o cálculo do custo de capital próprio ou não. Na Tabela (6) são apresentadas essas variações em relação a $w=0,5$.

	w=0,00	w=0,25	w=0,50	w=0,75	w=1,00
VIV	4.38%	-2.69%	-	14.14%	24.58%
TSU	5.97%	-0.50%	-	10.45%	18.91%
TMB	4.21%	-4.21%	-	17.89%	30.53%
ICB	0.87%	-4.37%	-	12.55%	21.65%
ICB-P	2.99%	-2.99%	-	12.39%	21.37%

Tabela 6 Variação de G_w -Beta em relação ao Beta do CAPM (Fonte: os autores)

Observando a tabela, vê-se que ocorreram variações significativas, especialmente para o caso de w maior do que 0,5. No caso de $w=1$ a variação para os índices ICB e ICB-P chegam a ser maior do que 20%.

Cabe ressaltar, finalmente, que a importância de calcular essa variação está no fato de os valores de beta impactarem diretamente no cálculo do custo de capital devido à relação linear entre eles. Dessa forma, é de se esperar que o valor do custo de capital próprio calculado por cada um dos modelos analisados acompanhe as variações anteriores em relação ao CAPM.

1.11.1. G_w -CAPM

Tomando os índices ICB e ICB-P, pode-se calcular o G_w -CAPM e o valor real de mercado. O resultado é apresentado no Anexo II (Figura 3 e Figura 4). Vale lembrar que estes valores são calculados para cada um dos 25 meses utilizados como base, sendo que a taxa do ativo livre de risco e o prêmio de risco foram convertidos de anuais para mensais, de forma a utilizar todos os parâmetros na mesma base de frequência de cálculo (mensal).

Calculou-se ainda a raiz do erro quadrático médio entre o valor estimado para cada w e o valor real para as três ações em análise, sendo o resultado mostrado na Tabela (7).

	w=0,00	w=0,25	w=0,50	w=0,75	w=1,00
ICB	0,0075	0,0068	0,0072	0,0087	0,0098
ICB-P	0,0049	0,0043	0,0048	0,0064	0,0075

Tabela 7 REQM para o índice ICB (Fonte: os autores)

Visualizando-se a tabela anterior conclui-se claramente que o melhor estimador para o ICB é o $G_{0,25}$ -CAPM. O CAPM é somente o terceiro melhor. À sua frente ainda ficou o D-CAPM (ou G_0 -CAPM), descrito inicialmente por ESTRADA (2002, 2003). Analisando o ICB-P pode-se concluir que a ponderação não influenciou significativamente os resultados.

Analisando separadamente as ações que compõem o ICB a conclusão é diferente: o CAPM é o melhor estimador para VIV e para o TSU. Sendo que para o TMB o melhor é o G_1 -CAPM. Os resultados são apresentados na Tabela (8):

	w=0,00	w=0,25	w=0,50	w=0,75	w=1,00
VIV	0,01547	0,01435	0,01475	0,01696	0,01860
TIM	0,00598	0,00529	0,00534	0,00644	0,00736
TMB	0,00532	0,00614	0,00574	0,00396	0,00273

Tabela 8 REQM para as ações VIV, TIM e TMB (fonte: os autores)

Uma outra análise de desempenho possível é através do índice de Jensen. No Anexo III (Figura 5 e Figura 6) é apresentado o índice para o ICB e o ICB-P para cada um dos valores de w . Em destaque na figura está a linha com o valor zero. Quanto mais próximo dessa linha, melhor o estimador.

O valor médio do Índice é exibido na Tabela (9). Os resultados desta tabela só vêm a confirmar os resultados do REQM: o melhor estimador para o ICB é $G_{0,25}$ -CAPM.

	w=0,00	w=0,25	w=0,50	w=0,75	w=1,00
ICB	-1.137	-1.073	-1.126	-1.290	-1.400
ICB-P	-1.293	-1.222	-1.258	-1.409	-1.519

Tabela 9 Índice de Jensen para o ICB e o ICB-P (fonte: os autores)

Por fim, a Tabela anterior mostra também que, em média, o G_w -CAPM estimou um retorno abaixo do valor real para o ICB em todos os casos.

Adicionalmente, na Tabela (10) podem ser vistos os índices para cada uma das ações, que também confirmam que o estimador $G_{0,25}$ -CAPM é o melhor modelo para as ações do setor de telefonia celular. Cabe ressaltar aqui que não há uma explicação plausível para o fato de ter havido divergência entre o REQM e o índice de Jensen para a ação TMB.

	w=0,00	w=0,25	w=0,50	w=0,75	w=1,00
VIV	-2.088	-1.976	-2.019	-2.240	-2.405
TSU	-1.010	-0.940	-0.946	-1.055	-1.146
TMB	-0.454	-0.3711	-0.413	-0.591	-0.720

Tabela 10 Índice de Jensen para as ações analisadas (fonte: os autores)

Conclusões

Apesar de ser um pouco mais complexo do que o CAPM, o modelo G_w -CAPM apresentou resultados melhores na estimação dos retornos do mercado de telefonia celular. Para o caso dos índices ICB e ICB-P, e para todas as ações utilizadas, o melhor estimador foi o $G_{0,25}$ -CAPM.

Por outro lado, é verdade que, por limitações do próprio mercado de telefonia, o índice adotado é composto por poucas ações. Mas, dentro desta limitação, a metodologia conseguiu atender aos objetivos propostos.

A generalização foi testada no setor de telecomunicações, mas aplica-se perfeitamente a qualquer outra área, bastando para isso compor um índice que represente o mercado em que se quer estudar. Outra possibilidade seria aplicar o modelo a índices que representem o país como um todo, como por exemplo, o índice Morgan Stanley Capital International (MSCI); ou ainda aplicá-lo considerando passos menores do que os utilizados aqui para w .

Sobre G_w -Beta, provavelmente devido à frequência de observação (mensal), seus valores foram mais altos do que os encontrados por BRAGANÇA et al. (2006). Uma vantagem da metodologia utilizada no G_w -Beta, em relação trabalhos como ANEEL (2006) e BRAGANÇA et al. (2006), é o fato de calcular uma média ao longo de mais de dois anos, verificando, assim, se há ou não variações bruscas no valor Beta ao longo do tempo. Dessa forma garante-se que o seu valor não está refletindo situações pontuais, o que é um risco para os trabalhos citados anteriormente.

Finalmente, algumas limitações do trabalho ficam evidenciadas: o pequeno período histórico das ações do setor, que ocorre devido à recente introdução da telefonia celular no Brasil, a utilização do mercado dos EUA como referência, e a perda de um dos maiores apelos do CAPM que é a simplicidade. Vale ressaltar, no entanto, que a eficiência do modelo em estimar os retornos compensa todas essas limitações.

Referências

- ANATEL. *Regulamento de Separação e Alocação de Contas (RSAC)*: aprovado pela Resolução nº 396, de 31 de Março de 2005. Brasília, DF, 2005.
- ANEEL. *Metodologia e cálculo do custo de capital*. Brasília, DF, 2006. Nota Técnica nº 049/2006/SRT/ANEEL.
- BARBOSA, T. A.; MOTTA, L. F. J. Custo de capital próprio em mercados emergentes: CAPM X D-CAPM. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FINANÇAS, 5., 2004, São Paulo. *Anais...* São Paulo: SBFIN, 2004. CD-ROM.
- BRAGANÇA, G. F.; ROCHA, K.; Camacho, F. *A Taxa de remuneração do capital e a nova regulação das telecomunicações*. Rio de Janeiro: IPEA, 2006. (Texto para Discussão nº 1160).
- COSTA, O. L. V.; ASSUNÇÃO, H. G. V. *Análise de risco e retorno em investimentos financeiros*. São Paulo: Manole, 2005.
- DAMODARAN, A. *Investment valuation: tools and techniques for determining the value of any assets*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2002.
- ESTRADA, J. *Mean-semivariance behavior (II): the D-CAPM*. Working Paper. Barcelona: IESE Business School, 2003.
- _____. *Systematic risk in emerging markets: the D-CAPM*. Working Paper. Barcelona: IESE Business School, 2002.
- GORDON, M. *The investment, financing, and valuation of the corporation*. Homewood: Irwin, 1962.
- HARKER, P. T.; ZENIOS, S. A. *Performance of financial institutions: efficiency, innovation, regulation*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2000.
- MARKOWITZ, H. M. *Portfolio selection: efficient diversification of investments*. New York: Wiley, 1959.
- ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JAFFE, J. F. *Administração financeira*. Tradução de Antonio Zorato Sanvicente. São Paulo: Atlas, 1995.
- _____. The arbitrage theory of capital asset pricing. *Journal of Economic Theory*, New York, v. 13. p. 341-360, 1976.

ANEXO A

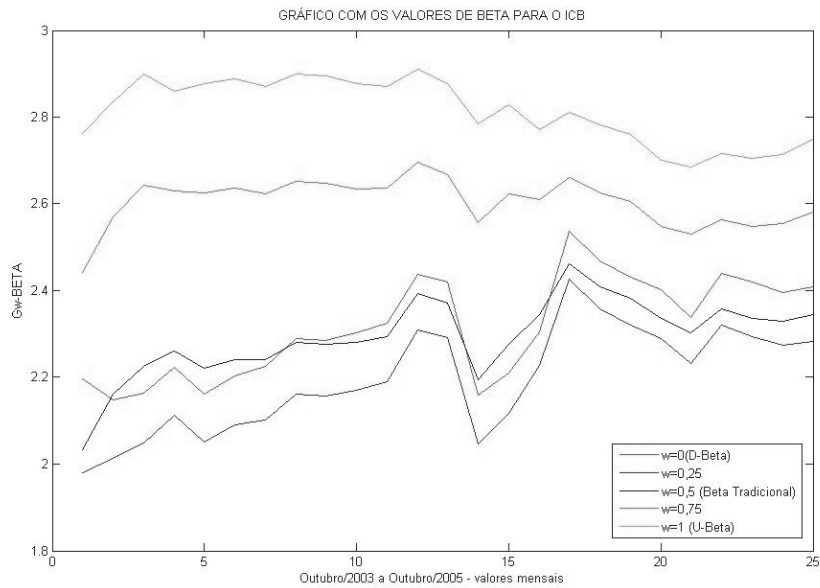


Figura 1 - Valores de G_w -Beta para índice ICB (fonte: os autores)

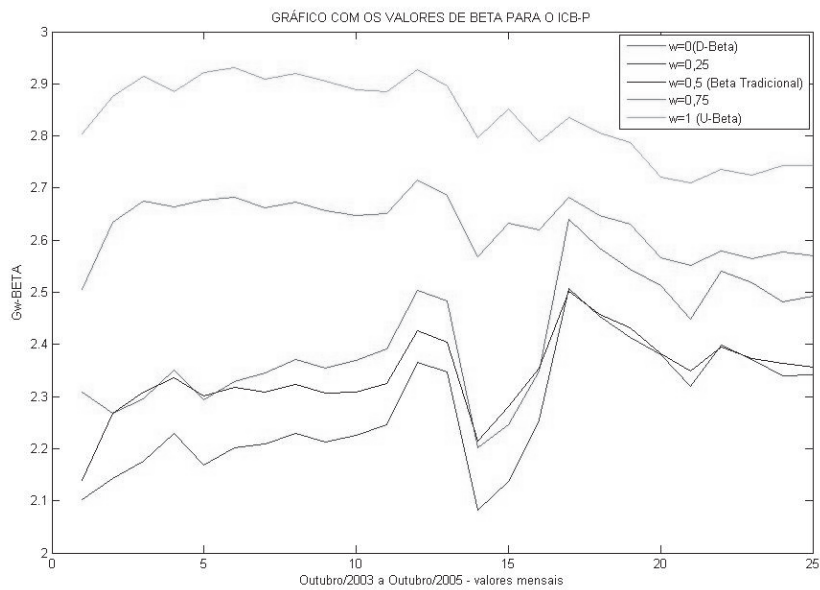


Figura 2 - Valores de G_w -Beta para o índice ICB-P (fonte: os autores)

ANEXO B

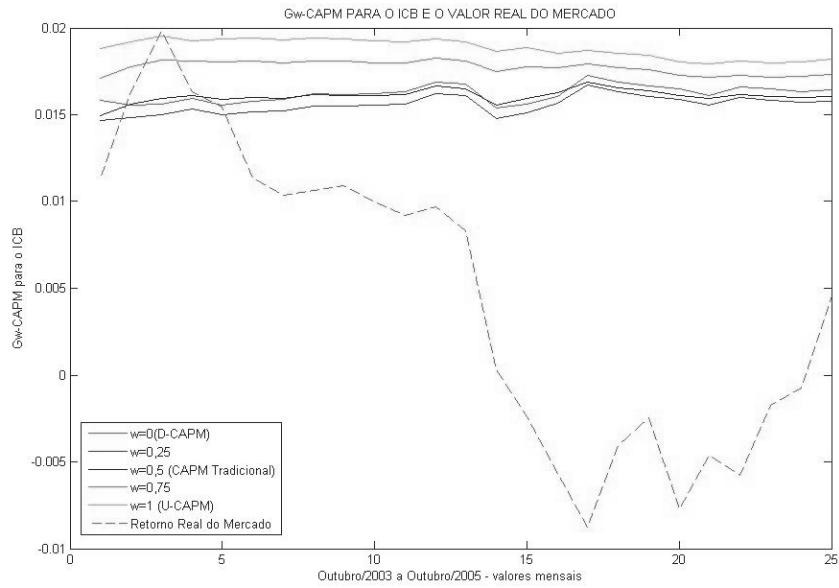


Figura 3 - Valor real de mercado do ICB e o valor estimado pelo G_w -CAPM (fonte: os autores)

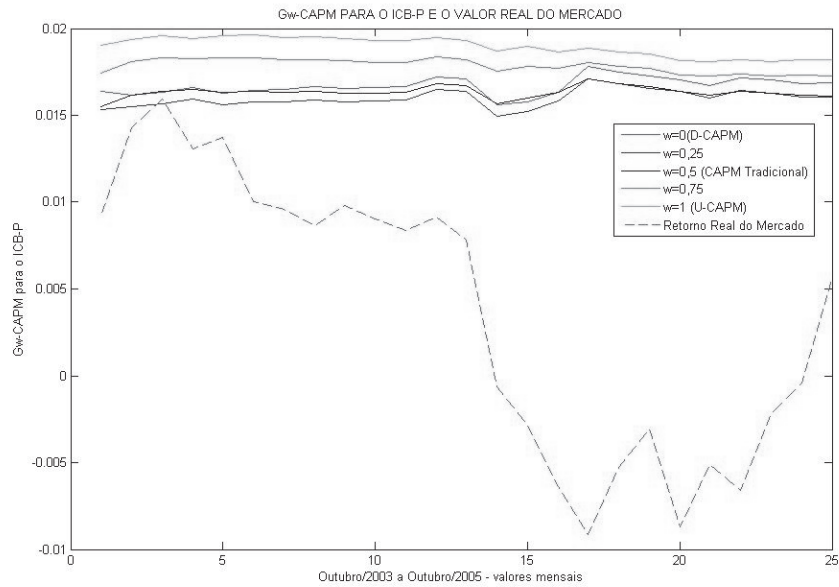


Figura 4 - Valor real de mercado do ICB-P e o valor estimado pelo G_w -CAPM (fonte: os autores)

ANEXO C

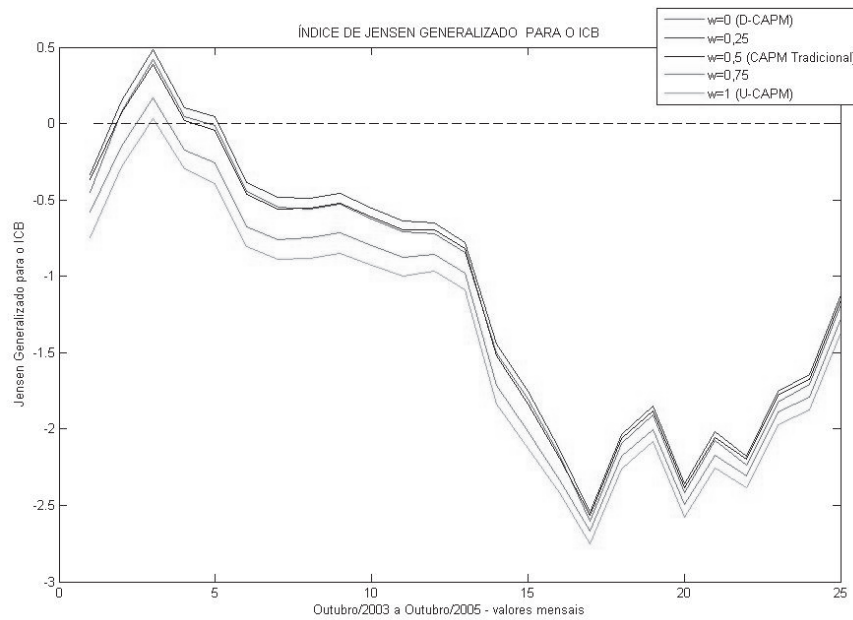


Figura 5 - Índice de Jensen para o índice ICB (fonte: os autores)

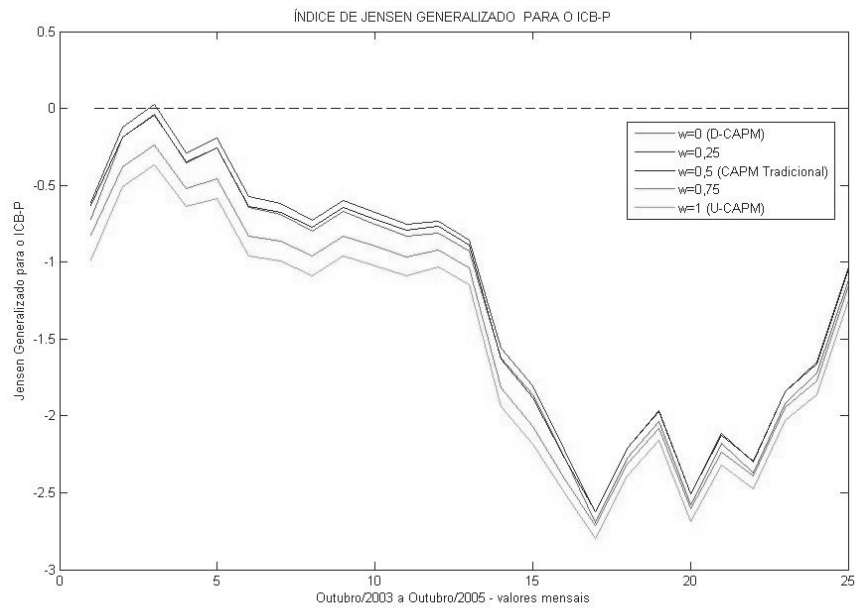


Figura 6 - Índice de Jensen para o índice ICB-P (fonte: os autores)

Recebido: 27.11.2006
Aprovado: 28.12.2007