

## **RISCO REGULATÓRIO E CUSTO DO CAPITAL PRÓPRIO DAS DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL**

**Carlos Eduardo Albuquerque Guimarães**  
CAEN-UFC  
**Edson Daniel Lopes Gonçalves**  
FGV-CERI

**RESUMO:** A partir das mudanças impostas pelo regulador às empresas do segmento de distribuição de energia elétrica no Brasil, com ênfase nas alterações no cálculo do custo do capital próprio, este trabalho busca identificar a existência do risco regulatório, avaliando o impacto das reformas de 2004 sobre as expectativas do mercado. Para tal, utilizamos o algoritmo do filtro de Kalman para estimação de betas variantes no tempo, dentro do arcabouço do modelo CAPM. Os resultados obtidos forneceram evidências de que a mudança de regulamentação provocou um aumento nas expectativas de retorno por parte dos investidores.

**Palavras-Chave:** modelo CAPM, filtro de Kalman, Risco Regulatório, Custo de Capital

**ABSTRACT:** From changes made by regulator to companies in the distribution of electric energy in Brazil, with emphasis on changes in the calculation of cost of equity, this work seeks to identify the existence of regulatory risk, assessing the impact of the regulatory framework of 2004 on market expectations. Using the Kalman filter algorithm to estimate daily betas according to CAPM model, our results provided evidences that regulatory changes caused an increase in investors expected returns.

**Keywords:** Capital Asset Pricing Model - CAPM, the Kalman filter, Regulatory Risk and Weighted Average Cost of Capital - WACC

## 1 – INTRODUÇÃO E REVISÃO DA LITERATURA

O modelo regulatório do sistema elétrico (SEB) é o “price-cap”, utilizado na Inglaterra e em outros países da América do Sul, onde a maximização dos resultados está na otimização dos custos. Outros países consideram o modelo “rate-of-return”, onde a taxa de retorno é pré-fixada e definida pelo órgão regulador. O segundo modelo apresenta menos risco para o investidor, mas por outro lado não estimula a eficiência nas operações.

Nas revisões tarifárias do segmento de distribuição de energia no Brasil (SD), nos anos de 2003 e 2007, 1º ciclo e 2º ciclo, respectivamente, a ANEEL considerou na composição do Custo Médio Ponderado de Capital – WACC, o risco regulatório (Nota Técnica no 68/2007-SRE/ANEEL), conforme as equações abaixo:

$$WACC = k_e \frac{E}{D+E} + (1 - t)k_d \frac{D}{D+E}$$

(1)

$k_e$  – custo do capital próprio  
 $k_d$  – custo do capital de terceiros  
 $E$  – capital próprio  
 $D$  – capital de terceiros  
 $t$  – impostos

$$k_e = r_f + \beta(r_M - r_f) + r_B + r_X + r_R$$

(2)

$r_M$  – retorno da carteira de mercado  
 $r_f$  – retorno do ativo livre de risco  
 $\beta$  – beta do ativo  
 $r_B$  – prêmio de risco Brasil  
 $r_X$  – prêmio de risco cambial  
 $r_R$  – prêmio de risco do regime regulatório

$$k_d = r_f + r_B + r_C$$

(3)

$r_C$  – prêmio de risco de crédito

O 3º ciclo da revisão tarifária iniciado em 2011 desconsiderou o risco regulatório e cambial na formulação do custo de capital próprio (Nota Técnica no 297/2011-

SRE/ANEEL), cuja expressão segue abaixo.

$$k_e = r_f + \beta(r_M - r_f) + r_B$$

(4)

A magnitude dos valores estimados para o custo do capital próprio e, conseqüentemente, para o custo médio ponderado do capital (WACC) impactam diretamente no valor dos reajustes tarifários a serem definidos pelo regulador para o próximo quadriênio. Deste modo, a inclusão ou não de um prêmio de risco regulatório, bem como prêmios relativos a outros fatores, pode afetar substancialmente a rentabilidade sobre o capital investido pelos agentes distribuidores.

Este parâmetro, a WACC regulatória, vem sendo reduzido desde a primeira revisão de 2003, conforme apresentado no gráfico 01.

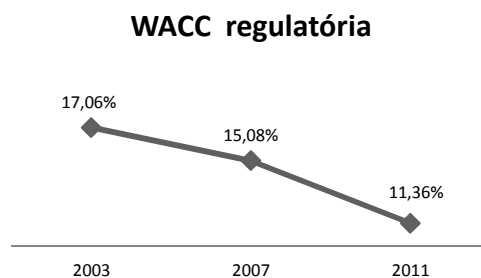


Gráfico 1 (fonte: Nota Técnica no 297/2011-SRE/ANEEL)

E, para o terceiro ciclo de revisão tarifária, iniciado em 2011, foram aplicados os valores constantes na tabela abaixo.

TABELA 1 – WACC regulatório no 3º ciclo de revisão tarifária

Dados levantados no Módulo 2: Revisão Tarifária Periódica das Concessionárias de Distribuição – Submódulo 2.4 CUSTO DE CAPITAL;	
WACC	Taxa
WACC real antes de impostos (a)	9,55%
WACC real antes de impostos (b)	10,19%
WACC real antes de impostos (c)	10,66%
WACC real antes de impostos (d)	11,36%

a) concessionárias isentas de impostos sobre a renda;  
b) concessionárias enquadradas na área de atuação SUDENE/SUDAM;  
c) concessionárias com lucro regulatório inferior a R\$ 240.000,00;  
d) demais;

Deste modo, dada a sua relevância, a existência de um prêmio de risco regulatório, bem como sua estimação, são alvos de extensa literatura e, conforme evidenciado pelas notas técnicas da ANEEL descritas acima, ainda não constituem ponto de consenso. Esta linha de pesquisas inicia-se com Petzmaln (1976) e a apresentação de um dos primeiros modelos para avaliação do risco regulatório. A partir de então, e com a utilização de diversas técnicas econométricas, temos uma série de contribuições significativas, todas com o intuito de identificar evidências acerca do impacto da regulação econômica sobre os retornos dos ativos: Buckland e Fraser (2001), Berardi e Sommacampagna (2002), Camacho (2004), Silvia Filho e Frascaroli (2005), Grout, P. A. e Zalewska, Anna (2006), Barcelos e Bueno (2010) e Camacho e Menezes (2010).

Assim, tomando como base este arcabouço histórico e institucional, o presente trabalho visa contribuir com a recente discussão sobre o risco regulatório do setor elétrico brasileiro.

A partir das mudanças impostas pelo regulador às empresas do segmento de distribuição de energia elétrica no Brasil, com ênfase nas alterações no cálculo do custo do capital próprio, buscamos identificar a existência do risco regulatório, avaliando o impacto das reformas de 2004 sobre as expectativas do mercado. Para tal, utilizamos o algoritmo do filtro de Kalman para estimação de betas variantes no tempo, dentro do arcabouço do modelo CAPM. Os resultados obtidos forneceram evidências de que a mudança de regulamentação provocou um aumento nas expectativas de retorno por parte dos investidores.

Na próxima seção temos a descrição da base de dados utilizada, enquanto a seção 3 apresenta o roteiro de aplicação do filtro de Kalman dentro d

a estimação do CAPM. Na seção 4 temos a apresentação dos resultados e, por fim, na seção 5 as principais conclusões e propostas para pesquisas posteriores.

## **2 – SELEÇÃO DA AMOSTRA**

### **2.1 SELEÇÃO DAS AÇÕES**

Foram identificadas 83 ações ativas no mercado de energia brasileiro (fonte: ECONOMÁTICA), em abril/2011. Desse universo foram selecionadas as ações que representam apenas empresas de distribuição de energia, num total de 29. Outro fato considerado são as ações que representam *holdings*, também excluídas da base, tendo em vista que o mix de empresas diferentes prejudicará a análise do segmento de interesse.

Para escolha das ações que melhor se ajustam ao CAPM, foram selecionadas as ações com participação em pelo menos 80% dos pregões, entre os meses de jan/2000 a abril/2011, tomando como referência o mesmo critério adotado pela BOVESPA, na escolha das ações que compõe os índices IBOVESPA e IEE.

Outro critério de seleção adotado foi a posição acionária do acionista majoritário. As empresas que possuem 60%, ou mais, das suas ações sob o controle de um único acionista, foram excluídas. Essa elevada concentração compromete a variação de preços no curto-prazo, fundamental para a análise do risco regulatório, objetivo deste trabalho.

As ações selecionadas para representar o SD, considerando os critérios apresentado acima, são:

Tabela 2 - Ações do Índice de Distribuição de Energia IDE

<b>Ações Selecionadas</b>	
<b>Empresa</b>	<b>Código</b>
AMPLA	CBEE3
CEMAT	CMGR3
COELCE	COCE5

Das 29 ações disponíveis para análise, 11% (03) atenderam aos critérios de seleção.

TABELA 3 – Consumo e Consumidores do IDE

Dados levantados do Anuário estatístico de energia elétrica 2011, publicado pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE (dados de 2010).

	<b>Empresa</b>	<b>Consumo (GWh)</b>	<b>Consumidores</b>	<b>% Consumo</b>	<b>% Consumidores</b>
<b>Brasil</b>	-	415.277	67.906.964	100%	100%
<b>Ceará</b>	COELCE	8876	2.856.459	2.1%	4.2%
<b>Rio de Janeiro</b>	AMPLA	9610	2.600.000	2.3%	3.8%
<b>Mato Grosso do Sul</b>	CEMAT	4017	861.819	1%	1.3%
<b>Total</b>	-	<b>22.503</b>	<b>6.318.278</b>	<b>5.4%</b>	<b>9.3%</b>

Considerando a energia total vendida, as três empresas selecionadas representam 5.4% do mercado brasileiro. Sob o ponto de vista de unidades consumidoras atendidas, 9.3% destas estão localizadas nas respectivas áreas de concessão.

A posição geográfica das três empresas, Rio de Janeiro, Mato Grosso do Sul e Ceará, garante que a base não é influenciada por características de cunho regional.

Do universo total do mercado de energia brasileiro, as empresas selecionadas são pouco representativas, quantitativamente, o que pode comprometer a qualidade da análise. Entretanto, o modelo adotado para as simulações, CAPM, exige que a variável explicada, no caso o retorno mensal dos papéis das empresas de distribuição, reflita as expectativas reais dos acionistas. Esse ponto justifica o fato de que empresas com baixa negociação no mercado e elevada concentração acionária não devem ser consideradas no estudo. Sendo assim, a limitada base adotada justifica-se pela qualidade dos dados escolhidos, já que estes atendem aos requisitos de liquidez e dispersão do controle acionário.

A série dos retornos mensais foi gerada a partir da equação abaixo.

$$r_t = \ln\left(\frac{preço_t}{preço_{t-1}}\right)$$

(7)

## **2.2 ÍNDICE DAS AÇÕES DO SEGMENTO DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA - IDE**

Considerando que o risco regulatório é uniforme para todas as distribuidoras do Brasil, e que na base existem empresas de diferentes regiões do país, as ações serão agrupadas através de um índice: Índice das Distribuidoras de Energia (IDE).

O IDE é obtido com o somatório, do produto entre a quantidade de ações (*outstanding* mensal) pelo preço de fechamento mensal. Essa proposta de cálculo do índice evita distorções causadas pelos desdobramentos do volume de ações negociadas por cada empresa. Cada ação tem a mesma ponderação na composição do índice (33%).

### Pontuação Mensal

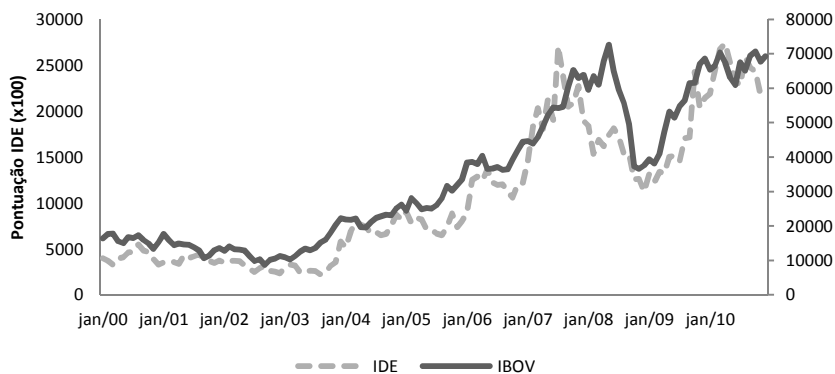


Gráfico 2 (fonte: BOVESPA)

TABELA 4 – Estatística Descritiva IBOV/IDE

Dados obtidos a partir da série histórica do Economática, no período de jan/2000 a dez/2010.

Estatística Descritiva			
	Média	Desvio Padrão	Correlação
IBOV	1.37%	7.81%	37.26%
IDE	1.27%	12.94%	

### 2.3 ATIVO LIVRE DE RISCO

No mercado brasileiro, uma referência adotada para o ativo livre de risco são os títulos do tesouro brasileiro. A taxa que indexa essas aplicações é a SELIC (Serviço Especial de Liquidação e Custódia). Sua aplicação como taxa livre de risco está associada ao fato de que as aplicações em títulos do Governo são de baixo risco. Outra opção a ser considerada é a poupança.

Sob a ótica da estatística descritiva, a poupança mostra ser uma referência mais consistente para um ativo livre de risco, tendo em vista que sua variabilidade foi significativamente menor que a apresentada pela SELIC, conforme os dados apresentados abaixo.

TABELA 5 – Estatística Descritiva Poupança/SELIC

Dados obtidos a partir da série histórica do Economática, no período de jan/2000 a dez/2010.

Estatística Descritiva		
	Média	Desvio Padrão
Poupança	0.46%	0.06%
SELIC	1.47%	0.36%

Existem outras opções para o ativo livre de risco no mercado brasileiro, como o

CDI (Certificado de Depósito Interbancário), TR (Taxa Referencial), TJLP (Taxa de Juros de Longo Prazo) ou o SWAP 360 D (Contratos de *swap* de 360 dias). Com base nos resultados apresentados em Barcelos (2010), somente a poupança será adotada neste trabalho como ativo livre de risco, tendo em vista que os resultados das demais opções foram semelhantes.

## 2.4 CARTEIRA DE MERCADO

A *proxy* da carteira de mercado mais usual, no Brasil, é o índice da Bolsa de Valores de São Paulo – IBOVESPA (IBOV), pois este é o indicador de desempenho médio mais importante do mercado brasileiro. Este retrata o comportamento dos principais papéis negociados na BOVESPA, calculado desde 1968 (BOVESPA, ÍNDICE BOVESPA IBOVESPA, p. 3).

A BOVESPA possui um índice, desde agosto/1996, constituído apenas por empresas do setor de energia elétrica no Brasil, o Índice de Energia Elétrica – IEE. O IEE será utilizado como variável de controle, sendo uma referência para os testes econométricos que serão desenvolvidos ao longo deste trabalho. A tabela abaixo apresenta o resultado estatístico descritivo dos índices IBOV e IEE.

TABELA 6 – Estatística Descritiva IBOV/IEE

Dados obtidos a partir da série histórica do Economática, no período de jan/2000 a dez/2010.			
<b>Estatística Descritiva</b>			
	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Correlação</b>
IBOV	1.37%	7.81%	74%
IEE	1.15%	7.44%	

## 2.5 PERÍODOS ANALISADOS

Como o objetivo deste trabalho é analisar o risco do SD, associado à regulação, o período definido para o levantamento dos dados vai de jan/2000, após o início do processo de privatização, até dez/2010. Com isso, a série histórica envolve três eventos relevantes para o setor, que servirão de base para as análises.

- O programa de racionamento que determinou uma redução no consumo de energia elétrica de consumidores industriais, comerciais e residenciais da ordem de 15% a 25% entre junho de 2001 e fevereiro de 2002;



- Em 15 de março de 2004, o Governo Federal promulgou a Lei do Novo Modelo do Setor Elétrico, em um esforço para reestruturar o setor, tendo por meta precípua proporcionar, aos consumidores, fornecimento seguro de energia elétrica com modicidade tarifária. A Lei do Novo Modelo do Setor Elétrico foi regulamentada por decretos presidenciais dentre os quais o Decreto nº 5.163/04, o qual dispôs, principalmente, sobre a comercialização de energia elétrica;
- Crise financeira mundial de 2008.

A avaliação do programa de racionamento de energia e da crise financeira mundial de 2008, apesar de não estar associada diretamente a regulação, é importante, tendo em vista que seus efeitos no SD são relevantes.

No que diz respeito ao racionamento de 2001, a restrição imposta pelo governo, em função da limitada capacidade de geração e transmissão do país, afetou a disponibilidade de venda de energia, o que levou o setor industrial a utilizar de fontes alternativas, geração própria, por exemplo, para a manutenção da produção.

A crise financeira mundial de 2008 provocou fortes oscilações no mercado brasileiro, especialmente nos de commodities. Com a restrição ao crédito, esfriamento da atividade industrial e sinais de recessão em países desenvolvidos, a crise provocou retração na atividade industrial global. Os efeitos da crise no Brasil foram retardados, haja vista que a estratégia do Governo, para a manutenção da atividade econômica de estímulo ao consumo, manteve o ritmo de crescimento do país, mesmo com sinais de redução do consumo de energia, verificado entre os anos de 2007 e 2008, como mostra o gráfico abaixo.

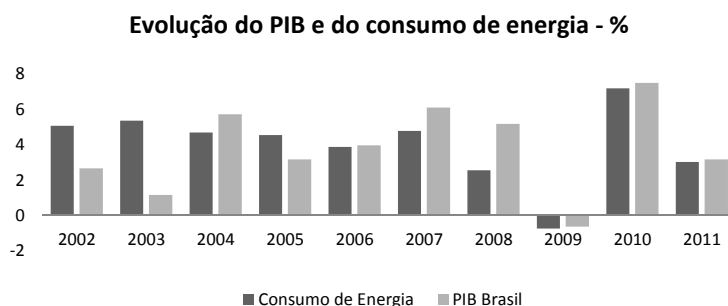


Gráfico 3 (fonte: ONS e Banco Central. Elaboração Valor Data)

### 3 – METODOLOGIA

#### 3.1 CAPM E FILTRO DE KALMAN

O filtro de Kalman, hoje aplicado em diversas áreas da ciência, foi desenvolvido com o objetivo de criar solução para problemas da teoria de controle de sistemas. O modelo é um conjunto de equações matemáticas que constitui um processo recursivo eficiente de estimação, uma vez que o erro quadrático é minimizado. Através da observação de uma variável (“variável de observação”) outra variável (“variável de estado”), pode ser estimada.

Em nossa aplicação, dentro do arcabouço do modelo CAPM, a variável observável é o retorno da ação e a variável não observável é o beta. Dessa forma, será possível estimar o valor o beta a cada instante  $t$ , analisando as implicações dos eventos específicos no nível de risco percebido pelo mercado.

Deste modo, o CAPM, em combinação com o algoritmo do filtro de Kalman, pode ser representado pelas equações abaixo:

$$R_{i,t} = \alpha_i + \beta_{i,t}R_{m,t} + \varepsilon_{i,t}$$

$$\beta_{i,t} = T_t\beta_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t}$$

Esta especificação já foi amplamente utilizada, conforme os trabalhos de Buckland e Fraser (2001), Berardi , Corradin, Sommacampagna (2002), Silvia Filho e Frascaroli (2005), Grout e Zalewska (2006) e Barcelos e Bueno (2010).

A definição dos critérios para o ajuste dos parâmetros de início do filtro de Kalman deve ser ajustada a cada simulação. Isto porque pequenas distorções nos parâmetro podem levar o modelo a estimar um comportamento do beta divergente da realidade. Considerando essa sensibilidade, foi calculado o beta do CAPM, tendo como variável explicada o IEE, ativo de mercado o IBOV e livre de risco a poupança. Os resultados foram analisados, comparativamente, tomando como referência o trabalho Barcelos e Bueno (2010). A similaridade entre a amplitude e o comportamento dos

Betas valida a metodologia de ajuste do modelo proposta nesse trabalho.

### 3.2 MÉTRICAS DE PERFORMANCE

Adicionalmente, utilizamos duas métricas clássicas de performance e baseadas no modelo CAPM: os índices de Sharpe e de Treynor.

O Índice de Sharpe consiste na razão entre o prêmio de risco pago pelo ativo e sua volatilidade (desvio padrão).

$$\text{Índice de Sharpe: } \frac{[E(r_c) - r_f]}{\sigma_c}$$

O Índice de Treynor mensura a compensação do ganho adicional relativo ao ativo livre de risco por unidade de risco sistêmico, sendo este medido pelo beta do CAPM.

$$\text{Índice de Treynor: } \frac{[E(r_c) - r_f]}{\beta_c}$$

## 4 – RESULTADOS

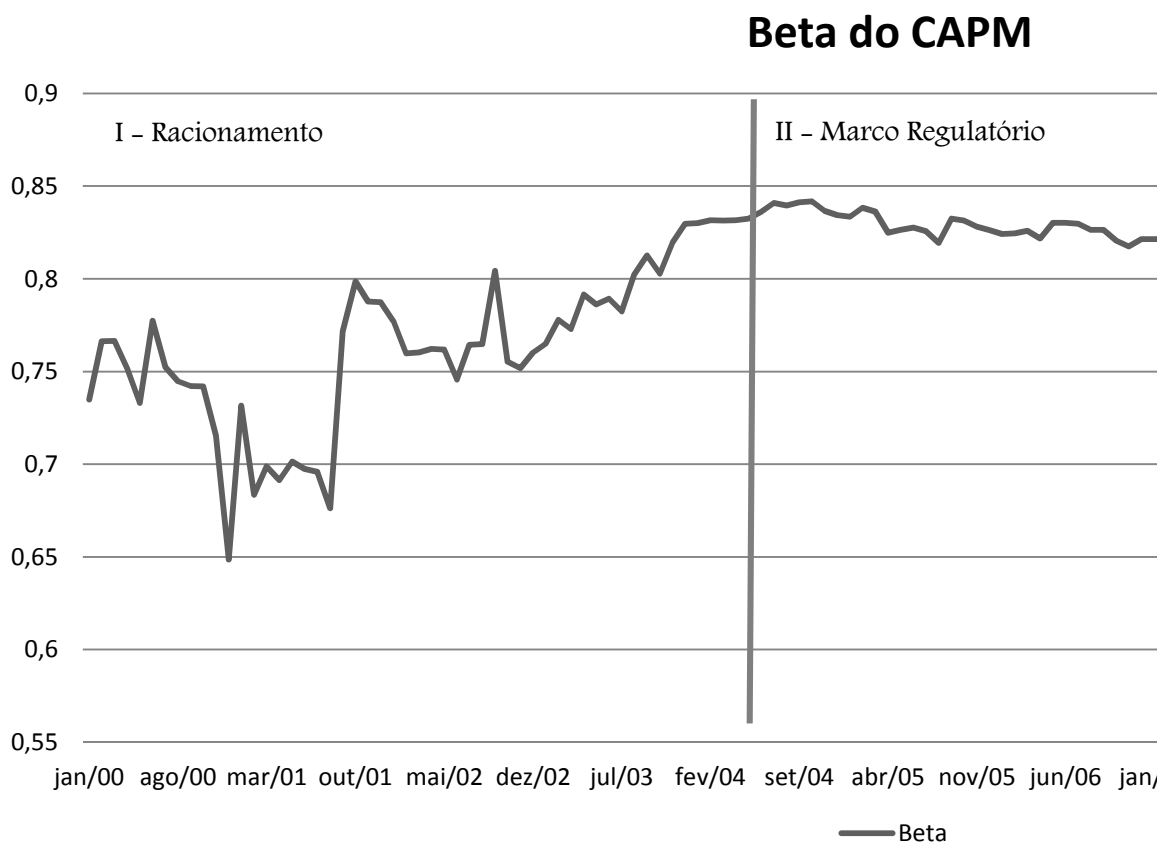
O beta do CAPM, calculado recursivamente através do filtro de Kalman, servirá de base para a análise do risco regulatório, onde os resultados são apresentados nos itens 4.1 e 4.2. O item 4.3 traz uma análise complementar através de uma regressão com variáveis *dummy*.

### 4.1 REGRESSÃO CONTÍNUA

Neste item serão apresentados os resultados de três regressões do modelo CAPM com filtro de Kalman. As duas primeiras regressões avaliam o setor de energia e o segmento de distribuição, e a terceira será utilizada como controle. Os detalhes de cada simulação são informados nos quadros, juntamente com o respectivo gráfico.

QUADRO 1 – Regressão contínua CAPM (Kalman) IEE/IBOV

O gráfico mostra a evolução do Beta da regressão:  $R_{it} - r_{ft} = \alpha_i + \beta_{it}(R_{Mt} - r_{ft}) + \varepsilon_{it}$ , onde  $R_{it}$  é o retorno mensal do índice IEE e  $R_{Mt}$  é o retorno mensal do índice IBOV, calculado de forma recursiva com base no Filtro de Kalman. A Máxima Verossimilhança obtida nessa modelagem foi de 250. O período I vai desde janeiro de 2000 até a publicação da Nova Lei do Setor Elétrico em 2004, compreendendo o racionamento de 2001. O período II é posterior a Nova Lei do Setor Elétrico e anterior ao início da crise financeira mundial de 2008. O período III representa o período da crise de 2008.

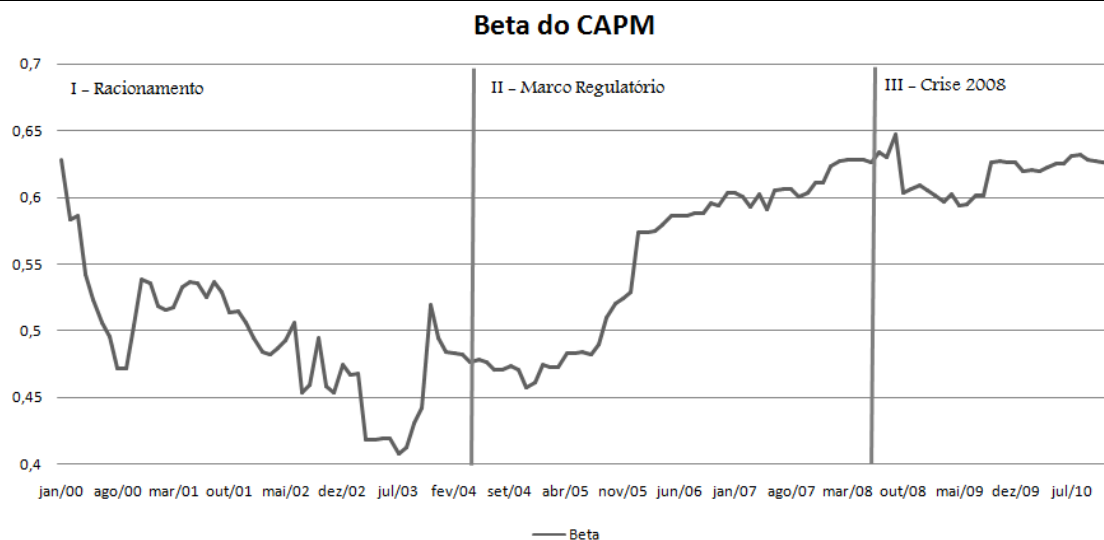


De acordo com o gráfico apresentado no quadro 1 observa-se uma tendência de crescimento do beta após o racionamento de 2001, mantendo-se estável durante o período de 2004 a 2007. Após a publicação da Nova Lei do Setor Elétrico em 2004 o beta atinge um novo patamar, acima de 0.8, mas com uma tendência decrescente a partir do segundo semestre de 2007. Ao final de 2010 o beta atinge o valor de 0.7. A redução no nível de risco (beta), nesse período, pode ser explicada através da composição do índice de mercado (IBOV). Do volume total de capital das empresas que compõe o índice, 24,8% pertence a empresas fornecedoras de commodities (petróleo e aço), cujas ações tiveram alta volatilidade no início da crise. Por outro lado, as empresas do SEB, mostraram resistência à crise, em função do crescimento consumo de energia elétrica residencial, estimulado pelo crédito e programas de distribuição de renda do governo

federal.

QUADRO 2 – Regressão contínua CAPM (Kalman) IDE/IBOV

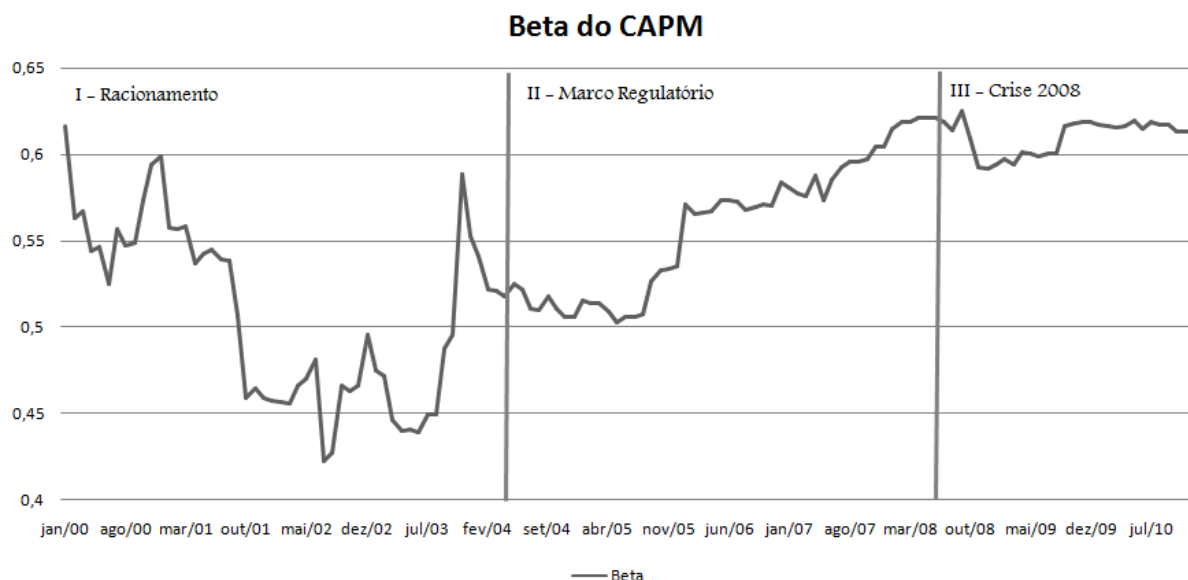
O gráfico mostra a evolução do Beta da regressão:  $R_{it} - r_{ft} = \alpha_i + \beta_{it}(R_{Mt} - r_{ft}) + \varepsilon_{it}$ , onde  $R_{it}$  é o retorno mensal do índice IDE e  $R_{Mt}$  é o retorno mensal do índice IBOV, calculado de forma recursiva com base no Filtro de Kalman. A Máxima Verossimilhança obtida nessa modelagem foi de 92. O período I vai desde janeiro de 2000 até a publicação da Nova Lei do Setor Elétrico em 2004, compreendendo o racionamento de 2001. O período II é posterior a Nova Lei do Setor Elétrico e anterior ao início da crise financeira mundial de 2008. O período III representa o período da crise de 2008.



Na segunda regressão o período do racionamento apresentou um beta decrescente. Era esperado um aumento na volatilidade dos preços, o que levaria a um crescimento no beta, já que nesse período o volume de energia disponível para distribuição estava limitado a cotas estabelecidas pelo governo, em função do racionamento. Contudo, o recente processo de privatização dessas empresas, iniciado no final da década de 90, sugere que as ações tinham baixa liquidez nesse período, comprometendo a qualidade dos dados nessa fase da série. No período do marco regulatório, o beta atinge o valor máximo de 0.63, em uma tendência crescente, a partir de 2004, com uma quebra no padrão de crescimento em 2005. Esse é um indicativo de que o mercado reagiu negativamente à mudança. Após a crise de 2008, o beta manteve-se estável, entre 0.6 e 0.65.

QUADRO 3 – Regressão contínua CAPM (Kalman) IDE/IEE

O gráfico mostra a evolução do Beta da regressão:  $R_{it} - r_{ft} = \alpha_i + \beta_{it}(R_{Mt} - r_{ft}) + \varepsilon_{it}$ , onde  $R_{it}$  é o retorno mensal do índice IDE e  $R_{Mt}$  é o retorno mensal do índice IEE, calculado de forma recursiva com base no Filtro de Kalman. A Máxima Verossimilhança obtida nessa modelagem foi de 90. O período I vai desde janeiro de 2000 até a publicação da Nova Lei do Setor Elétrico em 2004, compreendendo o racionamento de 2001. O período II é posterior a Nova Lei do Setor Elétrico e anterior ao início da crise financeira mundial de 2008. O período III representa o período da crise de 2008.



O quadro 3 apresenta a regressão de controle, cujo resultado está de acordo com o esperado, tendo em vista que o comportamento do beta ao longo da série é semelhante ao encontrado quando utilizado o IBOV como carteira de mercado.

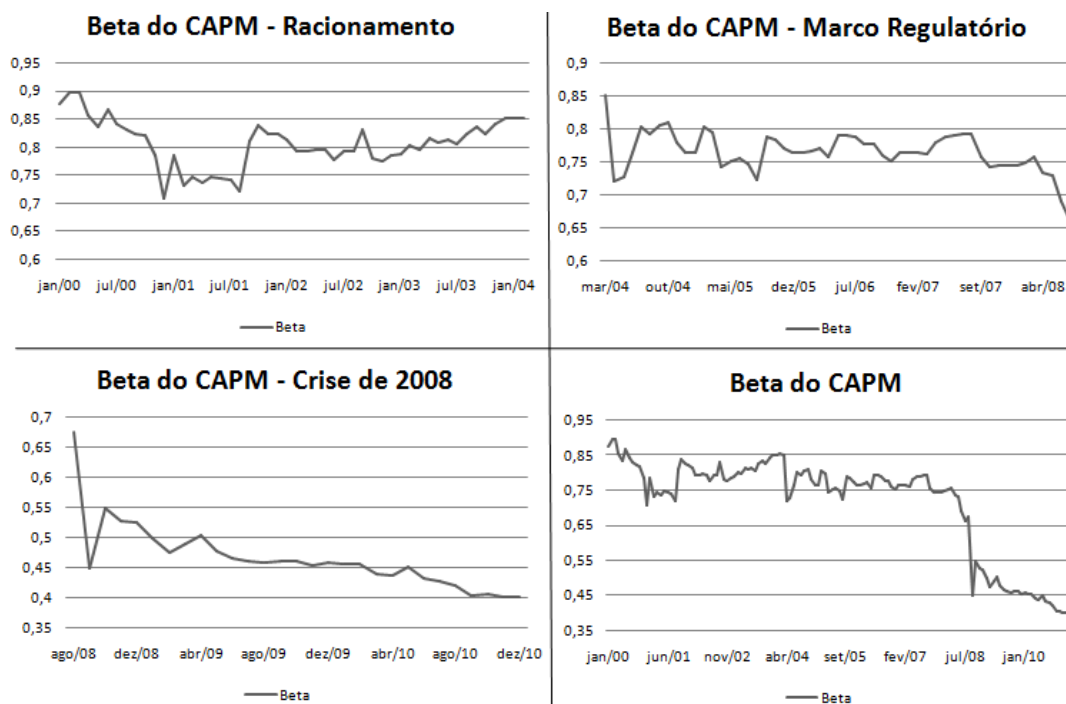
Fica evidenciada a variação no nível de risco do SEB, bem como do SD, entre cada uma das fases consideradas.

## 4.2 REGRESSÃO POR PERÍODO

Neste item serão apresentados os resultados das regressões calculadas para cada período: racionamento (I), marco regulatório (II) e crise 2008 (III), de forma independente. Serão realizados testes estatísticos para validação dos resultados obtidos. As métricas de performance, apresentadas no item 3.2, complementam as análises.

QUADRO 4 – Regressão por sub-período CAPM (Kalman) IEE/IBOV

O gráfico mostra a evolução do Beta da regressão:  $R_{it} - r_{ft} = \alpha_i + \beta_{it}(R_{Mt} - r_{ft}) + \varepsilon_{it}$ , onde  $R_{it}$  é o retorno mensal do índice IEE e  $R_{Mt}$  é o retorno mensal do índice IBOV, calculado de forma recursiva com base no Filtro de Kalman. A regressão foi calculada para cada intervalo de tempo, I, II e III, de forma independente. A Máxima Verossimilhança, para cada período da simulação, I, II e III, foi: a 73, 90 e 50, respectivamente. O período I vai desde janeiro de 2000 até a publicação da Nova Lei do Setor Elétrico em 2004, compreendendo o racionamento de 2001. O período II é posterior a Nova Lei do Setor Elétrico e anterior ao início da crise financeira mundial de 2008. O período III representa o período da crise de 2008.



	CAPM (MQO)					
	Racionamento (I)		Marco Regulatório (II)		Crise de 2008 (III)	
	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
Coefficiente	0.00	0.85***	0.00	0.66***	0.00	0.42
p-valor	0.99	0.00	0.93	0.00	0.75	0.00
Observações		50		53		29
R2 ajustado		63%		47%		39%

\* Significante a 10%  
\*\* Significante a 5%  
\*\*\* Significante a 1%

O comportamento do beta nos período I e II é divergente quando a regressão é calculada de forma contínua (quadro 1). O coeficiente de máxima verossimilhança caiu de 250 (regressão contínua) para 73, 90 e 50, respectivamente a cada período. Isso se justifica pela redução do número de observações, especialmente no III (29). Como apoio aos resultados obtidos pelo filtro de Kalman, foi calculado o beta do CAPM através do método dos mínimos quadrados ordinários (MQO), para cada período. Os resultados dos períodos I e II são estatisticamente significantes a 1%, com coeficientes de ajustamento de 63% e 47%, respectivamente. O período III não é conclusivo, dado que

o beta calculado não é significativo em nenhuma das faixas do intervalo de confiança (1%, 5% e 10%).

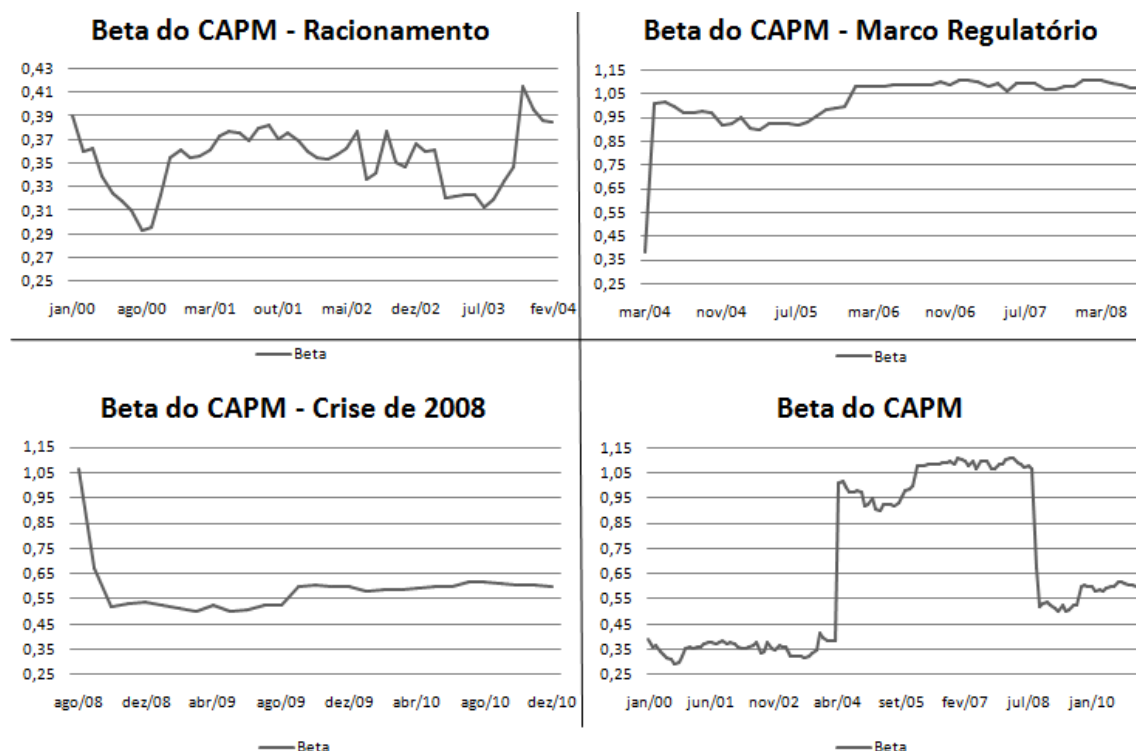
Os índices de Sharpe e Treynor indicam uma redução no nível de risco do SEB entre os períodos: I e II; resultado coerente com o obtido nas regressões do CAPM por Kalman e MQO.

TABELA 7 – Índice Sharpe e Treynor IEE/IBOV

IEE			
	Racionamento (I)	Marco Regulatório (II)	Crise de 2008 (III)
SHARPE	0.035	0.18	0.067
TREYNOR	0.004	0.017	0.008
IBOV			
SHARPE	0.044	0.25	0.045

QUADRO 5 – Regressão por sub-período CAPM (Kalman) IDE/IBOV

O gráfico mostra a evolução do Beta da regressão:  $R_{it} - r_{ft} = \alpha_i + \beta_{it}(R_{Mt} - r_{ft}) + \varepsilon_{it}$ , onde  $R_{it}$  é o retorno mensal do índice IDE e  $R_{Mt}$  é o retorno mensal do índice IBOV, calculado de forma recursiva com base no Filtro de Kalman. A regressão foi calculada para cada intervalo de tempo, I, II e III, de forma independente. A Máxima Verossimilhança, para cada período da simulação, I, II e III, foi: a 27, 45 e 24, respectivamente. O período I vai desde janeiro de 2000 até a publicação da Nova Lei do Setor Elétrico em 2004, compreendendo o racionamento de 2001. O período II é posterior a Nova Lei do Setor Elétrico e anterior ao início da crise financeira mundial de 2008. O período III representa o período da crise de 2008.





CAPM (MQO)						
	Racionamento (I)		Marco Regulatório (II)		Crise de 2008 (III)	
	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
Coefficiente	0.006	0.381*	-0.007	1.09***	0.004	0.581**
p-valor	0.73	0.09	0.59	0.00	0.80	0.023
Observações	50		53		29	
R2 ajustado	3%		30%		14%	

\* Significante a 10%  
\*\* Significante a 5%  
\*\*\* Significante a 1%

A segunda regressão apresentada no quadro 5 mostra que a evolução do beta ao longo dos períodos I e III diverge da simulação contínua. O coeficiente de máxima verossimilhança caiu de 92 (regressão contínua) para 27, 45 e 24, respectivamente a cada período.

O período II apresenta um beta elevado, que a partir de jan/2006 assume valores acima de 1. O beta calculado pelo método MQO (1.09), é significativo a 1%, reforçando o resultado obtido na regressão por Kalman.

TABELA 8 – Índice Sharpe e Treynor IDE/IBOV

	IDE		
	Racionamento (I)	Marco Regulatório (II)	Crise de 2008 (III)
SHARPE	0.060	0.061	0.058
TREYNOR	0.023	0.007	0.011

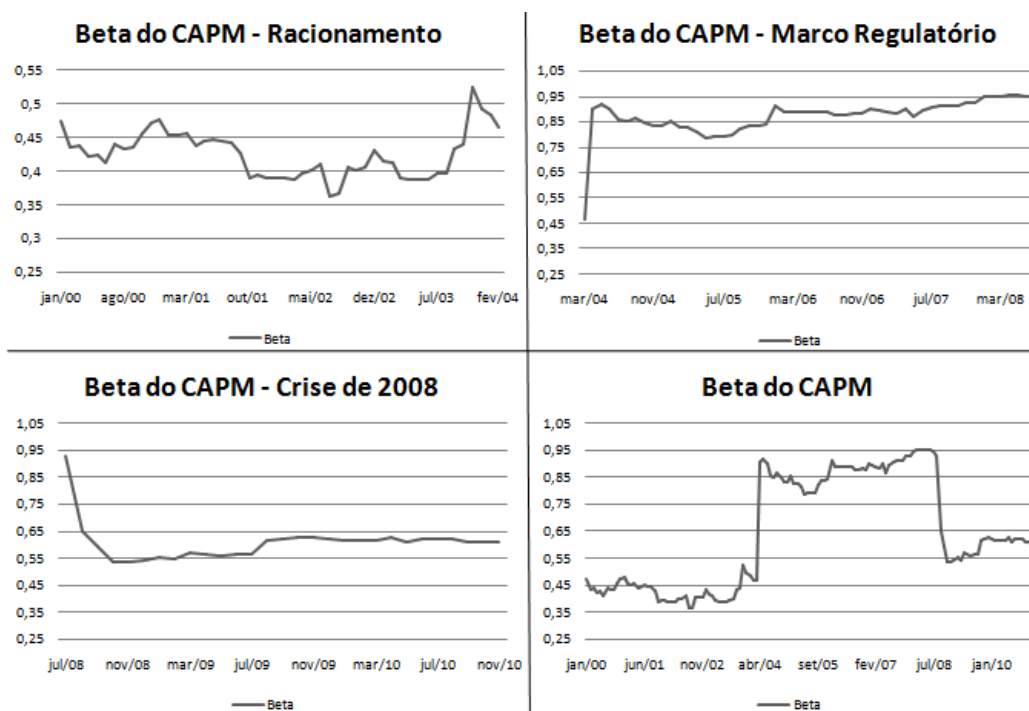
IBOV			
SHARPE	0.044	0.25	0.045

O índice de Sharpe mantém-se estável, indicando que a volatilidade do IDE não sofreu alterações relevantes ao longo da série. A redução do índice de Treynor no período II representa uma piora na performance do IDE.

Ressalta-se que o IEE e o IBOV apresentaram melhora nos índices de Sharpe e Treynor entre os períodos: I e II.

QUADRO 6 – Regressão por sub-período CAPM (Kalman) IDE/IEE

O gráfico mostra a evolução do Beta da regressão:  $R_{it} - r_{ft} = \alpha_i + \beta_{it}(R_{Mt} - r_{ft}) + \varepsilon_{it}$ , onde  $R_{it}$  é o retorno mensal do índice IDE e  $R_{Mt}$  é o retorno mensal do índice IEE, calculado de forma recursiva com base no Filtro de Kalman. A regressão foi calculada para cada intervalo de tempo, I, II e III, de forma independente. A Máxima Verossimilhança, para cada período da simulação, I, II e III, foi: a 28, 42 e 22, respectivamente. O período I vai desde janeiro de 2000 até a publicação da Nova Lei do Setor Elétrico em 2004, compreendendo o racionamento de 2001. O período II é posterior a Nova Lei do Setor Elétrico e anterior ao início da crise financeira mundial de 2008. O período III representa o período da crise de 2008.



	CAPM (MQO)					
	Racionamento (I)		Marco Regulatório (II)		Crise de 2008 (III)	
	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
Coefficiente	0.00	0.46**	0.00	0.97***	0.00	0.54
p-valor	0.72	0.03	0.82	0.00	0.81	0.17
Observações	50		53		29	
R2 ajustado	7.4%		21%		3%	

\* Significante a 10%  
\*\* Significante a 5%  
\*\*\* Significante a 1%

O quadro 6 apresenta os resultados da regressão de controle, ratificando as considerações apresentadas no quadro 5.

Assim, existem evidências de que há um incremento no nível de risco do SD, no período pós-homologação da Nova Lei do Setor Elétrico em março/2004.

Os períodos do Racionamento e da Crise de 2008 foram considerados dada a sua relevância para o SD. Como o objetivo do trabalho está em analisar os efeitos da mudança regulatória no risco percebido pelo mercado, os resultados obtidos para esses períodos servirão de apoio para a conclusão sobre as conseqüências do Marco

Regulatório de 2004.

### 4.3 REGRESSÃO COM VARIÁVEIS DUMMY

Nesse item será utilizado o CAPM calculado pelo método MQO, agregando variáveis *dummy*, para avaliação de características específicas de cada sub-período (NERA, 2001, 25 p. 6).

A variável *dummy* assume valor 1 (um) quando a observação pertence ao sub-período que se pretende analisar, e 0 (zero) nos demais.

A equação genérica segue definida abaixo, a partir da regressão do CAPM com variáveis *dummy*'s.

$$R_{it} = \alpha + \omega_1 D_1 + \dots + \omega_n D_n + \beta R_{Mt} + \gamma_1 D_1 R_{Mt} + \dots + \gamma_n D_n R_{Mt} + \varepsilon_t \quad (31)$$

$R_{it}$  – retorno do ativo  
 $\alpha$  – coeficiente  
 $\omega$  – coeficiente  
 $D$  – variável *dummy*  
 $\beta$  – beta da carteira de mercado  
 $\gamma$  – coeficiente da regressão  
 $\varepsilon_t$  – erro

TABELA 9 – Regressão CAPM com três variáveis *dummy*

A tabela apresenta os resultados da regressão:  $R_{it} = \alpha + \omega_1 D_1 + \omega_2 D_2 + \omega_3 D_3 + \beta R_{Mt} + \gamma_1 D_1 R_{Mt} + \gamma_2 D_2 R_{Mt} + \gamma_3 D_3 R_{Mt} + \varepsilon_t$ , estimada de Janeiro de 2000 a Dezembro de 2010. A variável  $D_1$  compreende o período de janeiro de 2001 a março de 2004. A variável  $D_2$  compreende o período de abril de 2004 a agosto de 2008. A variável  $D_3$  compreende o período de setembro de 2008 a dezembro de 2010.

Portifólio de Mercado (IBOVESPA)								
	$\alpha$	$\omega_1$	$\omega_2$	$\omega_3$	$\beta$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma_3$
Coefficiente	-0.012	0.022	0.004	0.015	0.241	0.165	0.849*	0.354
p-valor	0.73	0.56	0.91	0.71	0.55	0.72	0.08	0.48
Observações	132	132	132	132	132	132	132	132
R2 ajustado	12.7%							
Portifólio de Mercado (IEE)								
	$\alpha$	$\omega_1$	$\omega_2$	$\omega_3$	$\beta$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma_3$
Coefficiente	-0.017	0.030	0.016	0.020	0.564	-0.115	0.365	0.033
p-valor	0.63	0.46	0.67	0.63	0.27	0.83	0.53	0.96
Observações	132	132	132	132	132	132	132	132
R2 ajustado	8.9%							

\* Significante a 10%  
 \*\* Significante a 5%  
 \*\*\*Significante a 1%

Observando os resultados apresentados na tabela 9, apenas o coeficiente referente ao marco regulatório de 2004 foi estatisticamente significativo, a um nível de confiança de 10%. Esse resultado sugere que as variáveis  $\gamma_1$  e  $\gamma_3$  devam ser excluídas

do modelo.

TABELA 10 – Regressão CAPM com uma variável *dummy*

A tabela apresenta os resultados da regressão:  $R_{it} = \alpha + \omega_1 D_1 + \beta R_{Mt} + \gamma_1 D_1 R_{Mt} + \varepsilon_t$ , estimada de Janeiro de 2000 a Dezembro de 2010. A variável  $D_1$  compreende o período de abril de 2004 a agosto de 2008.

<b>Portifólio de Mercado (IBOVESPA)</b>				
	$\alpha$	$\omega_1$	$\beta$	$\gamma_1$
Coeficiente	0.0053	-0.013	0.445***	0.644**
p-valor	0.693	0.546	0.0052	0.034
Observações	132	132	132	132
R2 ajustado	15%			
<b>Portifólio de Mercado (IEE)</b>				
	$\alpha$	$\omega_1$	$\beta$	$\gamma_1$
Coeficiente	0.005	-0.005	0.480***	0.449
p-valor	0.70	0.79	0.005	0.16
Observações	132	132	132	132
R2 ajustado	11%			

\* Significante a 10%  
\*\* Significante a 5%  
\*\*\*Significante a 1%

A regressão com uma variável *dummy*, que compreende o período de abril/2004 a agosto/2008, tem um coeficiente de ajustamento melhor (15%) do que o obtido quando consideradas as três *dummy's* (12.7%).

O coeficiente do sub-período é superior ao beta da carteira de mercado, 0.644 e 0.445, respectivamente.

Esse resultado é coerente com as análises apresentadas no item 4.2, tendo em vista que no período pós-homologação da Nova Lei do Setor Elétrico em março/2004, o nível de risco do SD sofre um incremento.

## 5 – CONCLUSÕES

O modelo regulatório das empresas de distribuição de energia elétrica no Brasil está em constante mudança, onde novas regras são recorrentemente implementadas, afetando preços e qualidade do serviço prestado.

O processo de privatização das empresas do setor constituiu uma primeira tentativa de mudança no marco regulatório. A esta seguiu-se a criação da Nova Lei do Setor Elétrico, em março de 2004, implantando diversas mudanças no setor.

Com a chegada do terceiro ciclo de revisão tarifária, em 2011, surgiu uma nova proposta do modelo de revisão dos preços. Um ponto de destaque foi à exclusão do

risco regulatório, antes considerado no cálculo da WACC regulatória.

Neste trabalho avaliamos o impacto do marco regulatório de 2004 sobre as expectativas do mercado, representadas pelos preços das ações de empresas do segmento de distribuição, constatando que o mercado respondeu negativamente às mudanças propostas. Conclui-se que mudanças na regulamentação do setor provocaram aumento nas expectativas de retorno dos investidores.

Como os investimentos em expansão e reformas no sistema são uma decisão dos acionistas das empresas de distribuição, caso o sistema de revisão de preços estabeleça taxas de retorno abaixo das expectativas do mercado, haverá um desestímulo ao investimento, provocando a redução na qualidade do serviço no longo prazo.

Por fim, neste artigo, buscamos identificar a existência de risco regulatório e não mensurá-lo, ressaltando que a mudança nos critérios do processo de revisão tarifária em 2011 não foi alvo de nossas análises. Futuros trabalhos podem replicar os testes aqui realizados, avaliando as conseqüências do novo modelo de revisão de preços, ou ainda, terem como foco a estimação, em si, do prêmio de risco regulatório para o segmento de distribuição de energia no Brasil.

## 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Berardi, A., Corradin, S. e Sommacampagna, C. (2002): “*Estimating Value at Risk with Kalman Filter*”;

Buckland, R. e Fraser, P. (2001): “*Political and Regulatory Risk in Water Utilities: Beta Sensitivity in the United Kingdom*”, *Journal of Business Finance & Accounting*, 28(7) & (8), pp 877-904;

Buckland, R. e Fraser, P. (2001): “*Political and Regulatory Risk: Beta Sensitivity in U.K. Electricity Distribution*”, *Journal of Regulatory Economics*, 19-1, pp 5-25;

Silvia Filho, O. C. e Frascaroli, B. F. (2005): “*A EVOLUÇÃO DOS BETAS DO CAPM – O CASO DO SETOR DE TELECOMUNICAÇÕES BRASILEIRO*”;

Barcelos, L. C. e Bueno, R. L. S. (2010): “*Regulatory Risk in the Securities Markets: a CAPM Model Approach to Regulated Sectors in Brazil*”; Anais do X Encontro Brasileiro de Finanças, 2010

Barcelos, L. C. e Bueno, R. L. S. (2011): “*What CAPM Alphas Tell us About Regulatory Risks*”; Anais do XI Encontro Brasileiro de Finanças

Grout, P. A. e Zalewska, Anna (2006): “*The impact of regulation on market risk*”, *Journal*

os *Financial Economics*, pp 149-184;

Camacho, F. (2004): “*Cost of capital of regulated industries in Brazil*”, Revista do BNDES, V. 11, N. 21, pp 139-164;

Camacho, T. F. e Menezes, F. M. (2010): “*Price Regulation and the Cost of Capital*”;

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL: “*METODOLOGIA DE CÁLCULO DO FATOR X*”, Nota Técnica no 295/2011-SRE/ANEEL;

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL: “*METODOLOGIA E CRITÉRIOS PARA DEFINIÇÃO DA ESTRUTURA E DO CUSTO DE CAPITAL REGULATÓRIOS*”, Nota Técnica no 297/2011-SRE/ANEEL;

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL: “*SEGUNDO CICLO DE REVISÃO TARIFÁRIA PERÓDICA DAS CONCESSIONÁRIAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL*”, Nota Técnica no 262/2006-SRE/SFF/SRD/SFE/SRC/ANEEL;

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL: “*Metodologia e cálculo da taxa de remuneração das concessionárias de distribuição de energia elétrica*”, Nota Técnica no 68/2007-SRE/ANEEL;

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2011): “*Módulo 2: Revisão Tarifária Periódica das Concessionárias de Distribuição – Submódulo 2.4 CUSTO DE CAPITAL*”;

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2011): “*Módulo 2: Revisão Tarifária Periódica das Concessionárias de Distribuição – Submódulo 2.5 FATOR X*”;

Petzmaln, S. (1976): “*TOWARD A MORE GENERAL THEORY OS REGULATION*”;

Empresa de Pesquisa Energética (2011): “*Anuário estatístico de energia elétrica 2011*”;

Bolsa de Valores do Estado de São Paulo – BOVESPA: “*ÍNDICE BOVESPA IBOVESPA*”;

Bolsa de Valores do Estado de São Paulo – BOVESPA: “*ÍNDICE DE ENERGIA ELÉTRICA IEE*”;

Ministério de Minas e Energia: “*PROJETO RESEB-COM SUMÁRIO EXECUTIVO DAS SUGESTÕES*”;

National Economic Research Associates - NERA (2001): “*Recent Evidence on Beta and the Cost of Capital for UK Electricity Companies*”;;

National Economic Research Associates (2008): “*Cost of Capital for PR09 – Final Report for UK Water*”;;