

# Energia Elétrica e Sustentabilidade

Jaqueline Oliveira Rezende  
(Organizadora)



**Atena**  
Editora

Ano 2018

**JAQUELINE OLIVEIRA REZENDE**

(Organizadora)

# **Energia Elétrica e Sustentabilidade**

Atena Editora  
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação e Edição de Arte:** Geraldo Alves e Natália Sandrini

**Revisão:** Os autores

#### **Conselho Editorial**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b> <b>(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E56	Energia elétrica e sustentabilidade [recurso eletrônico] / Organizadora Jaqueline Oliveira Rezende. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-85107-45-1 DOI 10.22533/at.ed.451180110  1. Desenvolvimento energético – Aspectos ambientais. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Energia elétrica. I. Rezende, Jaqueline Oliveira.  CDD 338.4
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

O conteúdo do livro e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A sustentabilidade pode ser entendida como a capacidade de o ser humano utilizar os recursos naturais para satisfazer as suas necessidades sem comprometer esses recursos para atender as gerações futuras. Nesse contexto, a sustentabilidade está inter-relacionadas em diversos setores, sendo os principais o social, o ambiental e o econômico. Dessa forma, constitui um dos desafios da sociedade moderna o desenvolvimento sustentável que objetiva preservar o meio ambiente durante a realização de outras atividades.

A energia elétrica representa um dos principais pilares para o progresso econômico de uma nação e, conseqüentemente, para o atendimento de inúmeras necessidades da humanidade. Portanto, esse setor também tem se preocupado com a geração, a transmissão, a distribuição de energia elétrica e a construção de novos empreendimentos, como as usinas hidrelétricas, de maneira a preservar o meio ambiente. Logo, a Engenharia Elétrica tem apresentado significativas pesquisas e resultados de ações pautadas na sustentabilidade.

Neste ebook é possível notar que a relação da Engenharia Elétrica e a Sustentabilidade é de preocupação de diversos profissionais envolvidos nesse setor, sendo esses advindos da academia, das concessionárias de energia elétrica e do governo. Dessa forma, são apresentados trabalhos teóricos e resultados práticos de diferentes formas de aplicação da preservação do meio ambiente na engenharia elétrica.

Inicialmente são apresentados artigos que discorrem sobre o desenvolvimento sustentável e a sustentabilidade ambiental, custos ambientais em empreendimentos de geração de energia elétrica, recuperação ambiental, conservação da fauna, políticas administrativas e direcionamento de resíduos eletrônicos.

Em seguida, são descritos estudos sobre formas de geração de energia elétrica renováveis não convencionais, sendo apresentadas a energia eólica e a energia solar fotovoltaica. Essas formas de geração contribuem para o desenvolvimento sustentável, uma vez que geram energia elétrica utilizando recursos naturais não finitos, o vento na geração eólica e o sol na geração fotovoltaica.

Além disso, neste exemplar são expostos artigos que contemplam diversas áreas da engenharia elétrica, como redes smart grids, sistema de proteção, operação remota de usinas hidrelétricas, inteligência computacional aplicada a usina termelétrica, transformadores de potência, linhas de transmissão, tarifa horária, lâmpadas led, prevenção de acidentes em redes de média tensão e eficiência energética.

**Jaqueline Oliveira Rezende**

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
O PARADIGMA INTERDISCIPLINAR DO DESENVOLVIMENTO AMBIENTALMENTE SUSTENTÁVEL	
<i>Tiago Borga</i>	
<i>Rodrigo Regert</i>	
<i>Ludimar Pegoraro</i>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>15</b>
SUSTENTABILIDADE, RECICLAGEM E MEIO AMBIENTE: A RELEVÂNCIA DA LOGÍSTICA	
<i>Welleson Feitosa Gazel</i>	
<i>Wesley Gomes Feitosa</i>	
<i>Antônio Adriano Alves de Souza</i>	
<i>Jeremias Monteiro Vaillant Junior</i>	
<i>Maria de Nazaré Souza Nascimento</i>	
<i>Márcio Costa</i>	
<i>Marcos José Alves Pinto Junior</i>	
<i>Carlos Renato Montel</i>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>32</b>
A CONTRIBUIÇÃO DO SISTEMA DE CONTAS ECONÔMICAS E AMBIENTAIS PARA ESTIMAR OS CUSTOS AMBIENTAIS NOS EMPREENDIMENTOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	
<i>Adriana Maria Dassie</i>	
<i>José Eustáquio Diniz Alves</i>	
<i>David Montero Dias</i>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>42</b>
LEVANTAMENTO DOS IMPACTOS INERENTES À IMPLANTAÇÃO DE PCHS E IDENTIFICAÇÃO DO CUSTO DE OPORTUNIDADE NO RIO COXIM, MS, BRASIL	
<i>Thiago Oliveira Barbosa</i>	
<i>Poliana Ferreira da Costa</i>	
<i>Bruna Souza dos Santos</i>	
<i>Adriana Maria Güntzel</i>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>57</b>
MUDANÇAS CLIMÁTICAS E A AMPLIAÇÃO DAS SÉRIES DE DADOS DISPONÍVEIS, E AS POSSÍVEIS ALTERAÇÕES NO DIMENSIONAMENTO DE VERTEDORES	
<i>Marcos Vinicius Andriolo</i>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>66</b>
RECUPERAÇÃO SUSTENTÁVEL DO ENTORNO DE RESERVATÓRIOS DE HIDRELÉTRICAS: UM ESTUDO NA UHE CORUMBÁ IV	
<i>Jorge Santos Ribas Jr.</i>	
<i>José Roberto Ribas</i>	
<i>Tatiana Maria Soeltl</i>	
<i>André Nicolau Brylynskyi</i>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>81</b>
LT 500 KV ARA-TAU: COMO O LICENCIAMENTO AMBIENTAL PODE PROPICIAR A CONSERVAÇÃO DA ESPÉCIE AMEAÇADA <i>CALLITHRIX AURITA</i> (SAGUI-DA-SERRA-ESCURO)	
<i>Jéssica Motta Luiz Bom</i>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>95</b>
NOVAS DIMENSÕES DA GOVERNANÇA DO SETOR ENERGÉTICO BRASILEIRO	
<i>Fernando Amaral de Almeida Prado Jr.</i>	
<i>Ana Lúcia Rodrigues da Silva</i>	

<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>107</b>
A GOVERNANÇA COMO INSTRUMENTO DE POLÍTICA PÚBLICA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL	
<i>Denise Pereira Barros</i>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>120</b>
O ACORDO DE PARIS E OS NOVOS CAMINHOS PARA A GESTÃO SOCIOAMBIENTAL: DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA AS EMPRESAS DO SETOR ELÉTRICO	
<i>Gustavo André Santana de Sá</i> <i>Pedro Magalhães Sobrinho</i>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>133</b>
OS CRITÉRIOS ENERGÉTICO-ECONÔMICOS UTILIZADOS NO PLANEJAMENTO DA EXPANSÃO DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: REFLEXÕES SOBRE ALGUNS MITOS E A NECESSIDADE DE UMA NOVA AGENDA	
<i>Luiz Claudio Gutierrez Duarte</i>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>151</b>
MITIGAÇÃO DO RISCO HIDROLÓGICO- LEILÃO DE COMPRA E VENDA DE ENERGIA NA MODALIDADE SWAP DA ELETRONORTE	
<i>Ivan Rezende</i> <i>Virginia Fernandes Feitosa</i> <i>João David Resende</i> <i>Dante de Castro Simplicio</i> <i>Rafael Capistrano dos Santos Stanzani</i> <i>Gervásio Nery De Albuquerque</i>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>159</b>
A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA COMO RESULTADO DO APROVEITAMENTO DO CAPITAL INTELECTUAL PROTEGIDO PELO DIREITO DA PROPIEDADE INTELECTUAL – UM VETOR DE AUMENTO DE RECEITA EM POTENCIAL	
<i>Fernando da Silva Jansen</i>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>174</b>
O CUSTO E A ESTRUTURA DE CAPITAL PARA A INDÚSTRIA DE ENERGIA ELÉTRICA BRASILEIRA: ASPECTOS METODOLÓGICOS E APLICAÇÕES	
<i>Luiz Claudio Gutierrez Duarte</i> <i>Washington Blanco</i>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>188</b>
GESTÃO DE CUSTOS EMPRESARIAIS NO NEGÓCIO TRANSMISSÃO	
<i>Ana Rita Xavier Haj Mussi</i> <i>Marcos Paulo Boaventura Severino Rezende</i>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>202</b>
GESTÃO E GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS PROVENIENTES DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS EM GARANHUNS-PE	
<i>Rosalva Raimundo da Silva</i> <i>José Romenik de Almeida</i> <i>Marcela Caroline S F Azevedo</i> <i>Maria Claudjane J. L. Alves</i>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>213</b>
METODOLOGIA PARA O PLANEJAMENTO DA EXPANSÃO CONSIDERANDO A INSERÇÃO DE GERAÇÃO EÓLICA EM LARGA ESCALA NA MATRIZ ELÉTRICA NACIONAL	
<i>Sérgio Pinheiro dos Santos</i> <i>Fernando Rodrigues Alves</i>	

*Antônio Roseval Ferreira Freire  
Ronaldo Ribeiro Barbosa de Aquino  
Otoni Nóbrega Neto  
Pedro Alves de Melo*

**CAPÍTULO 18 ..... 225**

GRUPO GPT, GRUPO DE ESTUDO DE PRODUÇÃO TÉRMICA E FONTES NÃO CONVENCIONAIS  
COMPARAÇÃO DE CÁLCULO DE PRODUÇÃO EÓLICA UTILIZANDO WASP, OPENWIND E WINDSIM EM  
TERRENO COMPLEXO NA BAHIA, BRASIL

*Daniel Agnese Ramos  
Vanessa Gonçalves Guedes  
Angelo Alberto Mustto Cabrera  
Sérgio Roberto Ferreira Cordeiro de Melo  
Wady Abrahamo Cury Netto  
Tulio Anselmo dos Santos Valentim*

**CAPÍTULO 19 ..... 235**

A INFLUÊNCIA, SOB O ASPECTO DE CURTO-CIRCUITO, DE GERADORES EÓLICOS NO SISTEMA  
ELÉTRICO DE POTÊNCIA.

*Eloi Rufato Junior  
Lucas Marino Bianchessi Sganzeta  
William Da Veiga*

**CAPÍTULO 20 ..... 247**

PLATAFORMA DE AQUISIÇÃO E CONTROLE IOT INTEGRADO A SISTEMA DE GERAÇÃO  
FOTOVOLTAICA

*Caio Castro Rodrigues  
Joice Machado Martins  
Layse Pereira do Nascimento  
João Vitor Natal Silva Quincó Maciel  
Otavio Andre Chase  
José Felipe Souza de Almeida*

**CAPÍTULO 21 ..... 258**

DETERMINAÇÃO DE PROCESSOS PARA LEVANTAMENTO PRÁTICO DAS CURVAS  
CARACTERÍSTICAS DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

*Jaqueline Oliveira Rezende  
Sebastião Camargo Guimarães Júnior*

**CAPÍTULO 22 ..... 272**

ANÁLISE DO PAYBACK DE UM GERADOR FOTOVOLTAICO EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR  
NO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

*Samara Iasmim Schardong  
Andréia Balz  
Fábio Augusto Henkes Huppés  
Mauro Fonseca Rodrigues*

**SOBRE A ORGANIZADORA ..... 283**

## O CUSTO E A ESTRUTURA DE CAPITAL PARA A INDÚSTRIA DE ENERGIA ELÉTRICA BRASILEIRA: ASPECTOS METODOLÓGICOS E APLICAÇÕES

**Luiz Claudio Gutierrez Duarte**

GPM/Unilasalle

**Washington Blanco**

GPM

**RESUMO:** Um dos assuntos mais importantes em finanças corporativas é o custo de capital. Este é dividido em custos específicos de capital próprio e de terceiros. O custo de capital influencia diretamente nas decisões de investimento das empresas e no cálculo do valor justo das ações no mercado de capital. Particularmente, no setor de energia elétrica, o custo de capital exerce sua importância, entre outras situações, na determinação de tarifas para os segmentos com estrutura de monopólio natural como a distribuição e a transmissão de energia elétrica, como também nos planejamentos de operação e expansão (otimização energética). Portanto, tal métrica passa a ser foco de preocupação tanto de empresas do setor de energia elétrica quanto de seu órgão regulador que é a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Logo o cálculo do Custo de Capital, nos diversos segmentos da Indústria de Energia Elétrica Brasileira (IEEB), merece um tratamento que seja adequado para todos os agentes. O presente trabalho traça um breve histórico a respeito da taxa de desconto no ambiente da IEEB, discute sua influência no planejamento e apresenta uma forma de calcular o Custo Médio Ponderado

de Capital para concessionárias de energia elétrica. Neste caso, faz-se uma comparação com o resultado da Quarta Revisão Tarifária Periódica.

**PALAVRAS-CHAVE:** WACC, Custo de Capital, CAPM, GCAPM, Estrutura de Capital

### 1 | INTRODUÇÃO

A prestação de serviços de energia elétrica em quantidade e qualidade adequada, com preços justos, necessita de vultosos investimentos que, pela sua própria natureza, são irreversíveis e arriscados. Por outro lado, em razão da própria dinâmica do modelo econômico vigente, a postergação de investimento no setor pode gerar custos enormes do ponto de vista social. As transformações estruturais que passou a IEEB nos últimos 20 anos, seguindo uma tendência mundial, implicou na gradativa mudança do Estado outrora “empresário”, munido de uma perspectiva econômica de bem estar social, para “regulador/fiscalizador” com um pensamento de menor interferência na economia. Esta nova estrutura da IEEB acarretou na necessidade de novos diplomas legais, num processo de privatização de empresas pertencentes aos governos federal e estadual, bem como na criação (ou substituição) de entidades relacionadas a comercialização,

monitoramento, operação, planejamento e regulação. Cabe observar que a IEEB não pode ser tratada como uma *commodity* onde o preço é estabelecido pelas forças de mercado mas, ao mesmo tempo, deve apresentar um conjunto de regras objetivas, pragmáticas, robustas e transparentes. Isto possibilitará atrair o investidor privado disposto a aplicar o seu capital num setor que apresenta, dependendo do segmento escolhido, um retorno esperado de longo prazo.

Desta maneira, um tema que tem sido amplamente debatido é o Custo de Capital. Tal assunto, no campo das finanças corporativas, é ainda bastante controverso. A presente proposta de Informe Técnico (IT) tem a sua contribuição focada ao aspecto metodológico bem como sua aplicabilidade em segmentos da IEEB. Deve ser chamada atenção para o fato de que o custo de capital não se concentra apenas nas diretorias financeiras das empresas, mas também tem sua importância no planejamento (expansão e operação) e na comercialização de energia elétrica. Além dessa introdução, este artigo está dividido em mais três partes: o item 2 apresenta de forma expedita conceitos e teorias relacionados a tomada de decisão sob risco, bem como a técnica a ser utilizada para o cálculo do custo de capital. Já na parte 3 é descrito o atual desenho institucional da IEEB, bem como um breve histórico sobre a taxa de desconto e suas aplicações no planejamento. A parte 4 está reservada para um estudo de caso aplicado ao segmento de distribuição. Isto permite comparar o resultado do custo de capital com o encontrado pela Quarta Revisão Tarifária Periódica. Finalmente, uma pequena conclusão é apresentada no item 5.

## 2 | CONCEITOS FUNDAMENTAIS

### 2.1 Binômio Retorno-Risco

O retorno de um ativo pode ser definido como o total de ganhos ou prejuízos de um investimento durante um determinado período de tempo. No ideograma chinês a palavra risco apresenta duas faces (Damodaran, 2009, p. 24): crise (perigo) e oportunidade (solução). Formalmente, refere-se a variabilidade de retornos associada a um determinado ativo. Portanto, se um investimento apresentar uma maior faixa de possíveis retornos, pode-se considerar que ele é mais arriscado do que aquele que apresenta uma menor variabilidade. As métricas utilizadas para o retorno e risco são a média aritmética e o desvio padrão, respectivamente.

Quanto ao comportamento têm-se os seguintes tipos (Gitman, 2002): avesso, indiferente ou propenso ao risco. No primeiro caso, os investidores só assumirão um maior risco caso tenham a esperança de que receberão um retorno mais alto. Para os investidores indiferentes ao risco não existe mudança no retorno quando o risco varia. Já os investidores propensos ao risco estão dispostos a diminuir seus retornos, a fim de assumir riscos maiores.

Nas Finanças Neoclássicas, base do presente estudo, supõe-se que os

investidores são conservadores e desejam maximizar suas riquezas. Para isso, tentam maximizar o retorno ou minimizar os riscos de suas aplicações. Logo, caso tenham que optar entre dois ativos que tenham o mesmo desvio padrão, escolherão aquele com maior retorno. Caso a escolha seja entre dois ativos com o mesmo retorno, optarão por aquele com menor desvio padrão.

## 2.2 Teoria de Carteira de Markowitz

Busca relacionar o risco com o retorno esperado do ativo. Seu objetivo é usar a noção de risco para formar um conjunto de ativos financeiros que maximize o retorno para um dado nível de risco ou que minimize o risco para um determinado nível de retorno (princípio de dominância).

Markowitz transformou a escolha tradicional de ações em um procedimento de seleção do que ele denominou carteiras eficientes. Eficiência significa maximizar a saída em relação à entrada ou minimizar a entrada em relação à saída. A partir dos ativos selecionados é possível observar as melhores relações de risco e de retorno possível. Diante disso, os investidores racionais selecionarão o portfólio que melhor se adapte ao seu perfil. Porém, aqueles que estiverem abaixo da fronteira de eficiência não são escolhidos pelo investidor racional, pois estes não darão o maior retorno possível dado um risco ou um menor risco possível dado um retorno.

A Figura 1 apresenta o critério de eficiência proposto por Markowitz. Se fixar o risco ( $s_m$ ) a carteira de maior retorno esperado será  $R_m$  ou vice-versa. Portanto, portfólios que atendem o processo mencionado anteriormente estarão indicados pela fronteira eficiente. Cabe observar que o ramo menor é eliminado em razão do princípio de dominância.

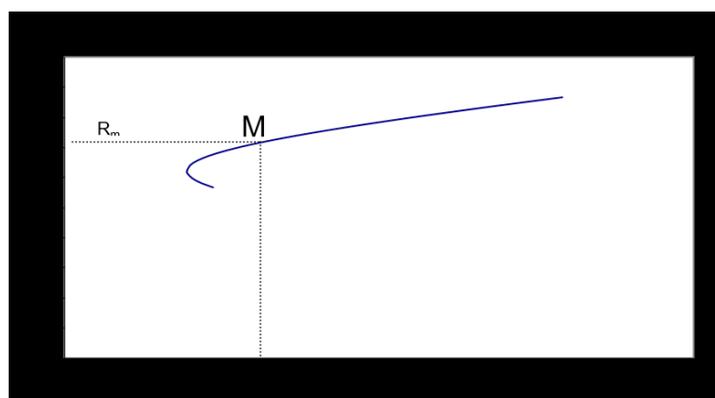


Figura 1 – Diversificação e Fronteira Eficiente

Segundo Gitman (2002) e Ross, Westerfield & Jaffe (1995) o conceito estatístico do coeficiente de correlação é a base do processo de diversificação que é usado para desenvolver uma carteira eficiente de ativos. A Figura 2 mostra a importância desta métrica. A medida que aumenta o número de ativos na carteira, o efeito proveniente da correlação faz com que haja uma diminuição do risco da carteira. Verifica-se então que existem duas parcelas de risco: a primeira é chamada de risco específico (diversificável) o qual está associada a eventos aleatórios de um ativo (greves, perda

de clientes) e que pode ser eliminado por meio da diversificação. A segunda é chamada de risco sistêmico (risco não diversificável) e está relacionada a fatores que afetam todas as empresas (guerra, planos econômicos, eventos políticos) e não pode ser eliminado ao modalizar um conjunto de ativos. Sendo assim, para o analista financeiro as preocupações devem se concentrar na análise do risco sistêmico.

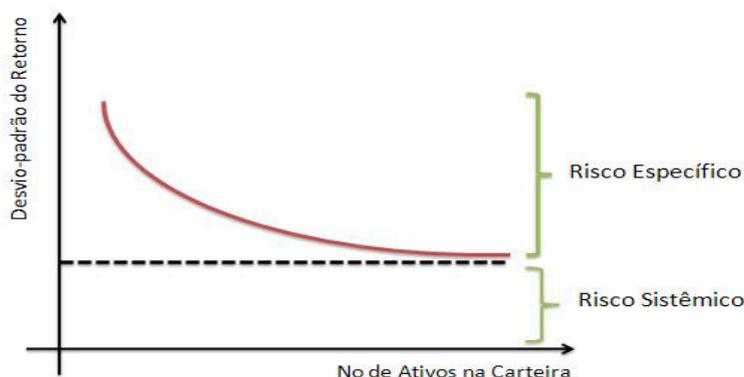


Figura 2 – Efeito da Diversificação na Redução do Risco

### 2.3 Custo Médio Ponderado de Capital

Determinar o custo de capital de uma empresa é uma das tarefas mais complicadas em avaliação de empresas. Esse custo é fundamental para trazer fluxos de caixas futuros projetados para valor presente. Além disso, exerce algumas outras funções como avaliar se um projeto deve ser aceito ou não e como referência para taxa de retorno sobre o investimento (ROI – *Return on Investment*). Em relação a sua estrutura, pode-se dividi-la em capital de terceiros e capital próprio. É difícil encontrar empresas que sejam financiadas totalmente por capital próprio ou por capital de terceiros. Logo, segundo Costa, Costa e Alvim (2011), a grande maioria das empresas é financiada por um *mix* de capital de terceiros e capital próprio, o chamado Custo Médio Ponderado de Capital (WACC – *Weighted Average Cost of Capital*). O valor do WACC pode ser obtido de acordo com a fórmula:

$$WACC = K_d \times (1-t) \times D/C + K_e \times E/C,$$

onde:

$K_d$  - custo da dívida;

$t$  – alíquota de imposto;

$D/C$  - Capital de terceiros / Capital total;

$K_e$  - custo de capital próprio;

$E/C$  - Capital próprio / Capital Total.

Percebe-se então que para determinar o WACC é importante definir os quatro parâmetros principais da fórmula, quais sejam: custo de capital de terceiros, custo de

capital próprio, alíquota tributária aplicável e estrutura de capital.

## 2.4 Custo de Capital de Terceiros

Segundo Damodaran (2002): “O custo da dívida mede o custo atual, pela empresa, da contratação de empréstimos para financiar seus projetos.”. Para Costa, Costa e Alvim (ibidem), uma das alternativas para se obter o valor do custo da dívida ( $K_d$ ) é usar a combinação de taxa livre de risco ( $R_f$ ) mais um spread de risco dado pela classificação de risco de crédito da empresa. Essa classificação é fornecida por uma agência especializada nesse serviço. Além disso, deverá ser somado o risco país para que o custo de capital de terceiros esteja em moeda doméstica:

$$K_d = R_f + \text{risco de crédito} + \text{risco país.}$$

A Tabela 1 apresenta o critério de classificação de risco das três agências de rating mais importantes. Assim, as empresas são classificadas segundo o grau de risco de que não paguem suas dívidas no prazo fixado.

Moody	Fitch Ratings	Standard & Poors	Significado
Aaa	AAA	AAA	Mais alta qualidade
Aa	AA	AA	Alta qualidade
A	A	A	Qualidade média alta
Baa	BBB	BBB	Qualidade média
Ba	BB	BB	Predominantemente especulativo
B	B	B	Especulativo, baixa classificação
Caa	CCC	CCC	Inadimplimento alto
C	C	C	Mais baixa qualidade, sem interesse
-	D	D	Inadimplente, em atraso, questionável

Tabela 1 – Classificação de Riscos

O uso do capital de terceiros proporciona uma economia fiscal para a empresa já que as despesas financeiras geram uma redução do pagamento que, no caso do Brasil, são o Imposto de Renda (IR) e a Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL). Logo, quanto maior for essa despesa financeira, menor será o pagamento de IR e CSLL. Entretanto, este benefício da alavancagem deve ser usado de maneira prudente.

## 2.5 Estimativa do Capital Próprio

Existem diversos modelos para estimar o custo do capital próprio. Por ser subjetivo, observa-se muitos debates sobre qual é o melhor método a ser utilizado. Portanto, nesse tópico será apresentado e discutido, do ponto de vista conceitual, alguns desses modelos.

### 2.5.1 Modelo CAPM (Capital Asset Pricing Model)

O CAPM é o principal modelo para se calcular a taxa de desconto para o acionista. Ele foi criado por Sharpe, Lintner e Mossin em 1964. O modelo se baseou na Teoria de Carteiras de Markowitz (cf. 2.2) e apresenta as seguintes hipóteses (Costa, Costa e Alvim, 2011; Póvoa, 2012):

- a. Todos os investidores têm informação completa, logo não existirão preferências privilegiadas;
- b. Inexistência de custo de transação, impostos ou impedimentos para se realizar negociações;
- c. Todos os ativos de riscos estão sendo negociados no mercado;
- d. Os investidores têm aversão ao risco e ao montar sua carteira irão tomar decisões com base no retorno esperado e na variância do retorno;
- e. Possibilidade de eliminação total do risco específico da ação, a partir da construção de uma carteira eficiente de ativos.

Dada a possibilidade de diversificação assumida pelo modelo, os investidores podem eliminar os riscos específicos, restando apenas o risco sistêmico (não diversificável), representado pelo índice  $\beta$ , como será visto a seguir. Esse risco deve ser recompensado e seu tamanho dependerá de quanto o retorno da empresa está correlacionado com o retorno do mercado. Quanto maior for essa correlação, maior será o risco não diversificável e, portanto, maior o custo de capital próprio.

O modelo pode ser apresentado pela fórmula:  $K_e = R_f + \beta_i (R_m - R_f)$ , onde:  $(R_m - R_f)$  é o prêmio de risco do mercado de ações. Esta equação deixa claro que o investidor ao aplicar em ativo de risco deseja receber, no mínimo, a rentabilidade que auferiria em um investimento com risco baixo, mais um prêmio – pelo fato de estar se arriscando. Segundo Damodaran (2002), um ativo livre de risco é aquele que o investidor já conhece o retorno esperado. Para que ele seja considerado sem risco é necessário que apresente as seguintes características (Costa, Costa e Alvim, 2011): inexistência de risco de inadimplência; não existência de risco do investidor não poder reinvestir e continuar a obter as mesmas taxas de juros; promessa em pagar uma remuneração pré-fixada, sem risco de corrosão pela inflação no tempo.

De acordo com as características apresentadas acima, percebe-se que o emitente que está mais próximo de garantir esses riscos é o governo. No Brasil, ainda existe certa dificuldade em se obter um título que sirva de referência para a taxa livre de risco. Alguns autores indicam a Caderneta de Poupança ou o Certificados de Depósitos Interbancários (Camacho e Lemme, 2002). Já Póvoa (2012) apresenta a Nota do Tesouro Nacional B (NTN-B) como referencial. Enquanto Costa, Costa e Alvim (2011) criticam o uso tanto da Taxa Selic quanto a Taxa de Juro de Longo Prazo (TJLP). A primeira pode apresentar alta volatilidade por ser um título de curto prazo. Já a TJLP

é uma taxa específica para indexar contratos de financiamento.

Para Póvoa (2012), o prêmio de risco do mercado é quanto o investidor exige de diferencial sobre o ativo livre de risco para aplicar num investimento de renda variável, ou seja, com maior risco. É a diferença entre o retorno esperado da carteira de mercado diversificada e a taxa livre de risco. A lógica por trás de um prêmio de risco positivo é simples: os investidores são avessos ao risco e exigem maior retorno em um fluxo mais arriscado do que em situações de menos risco. Contudo, é importante ressaltar que o retorno do mercado é usado como *proxy* de renda variável.

O coeficiente Beta é uma métrica de risco que mede quanto do retorno é afetado pelo risco de mercado (Costa, Costa e Alvim, 2011). Seu valor é obtido pelo coeficiente angular da reta de regressão linear entre o retorno de uma ação (variável dependente) e o retorno da carteira de mercado (variável independente), para uma determinada janela do passado escolhida, cujo comportamento acredita-se que se repetirá no futuro. Logo, uma ação com beta igual a 1 tende a oscilar com total sintonia com o mercado acionário. Para ações com beta maior do que 1, acredita-se que os ganhos (ou as perdas) serão maiores do que os do mercado. Por fim, para ações com beta menor do que 1, normalmente apresentam ganhos menores do que a média quando o mercado está em alta e perdas menores do que a média quando o mercado está em baixa.

Fama e French (1992) apontam diferença significativa entre o retorno médio observado e o retorno esperado calculado de acordo com o modelo CAPM, quais sejam: ações de pequenas empresas possuem retornos maiores do que os previstos pelo CAPM (efeito tamanho); ações de empresas que apresentam um baixo valor para a relação entre o valor contábil do patrimônio líquido e seu valor de mercado têm retornos maiores do que o estimado pelo CAPM (efeito valor).

As críticas endereçadas ao CAPM fez com que fossem construídas derivações dos modelos, com destaques: CAPM-zero-Beta (Black, 1993), D-CAPM (Estrada, 2002) e o GCAPM (Fan, 2003). O presente artigo utilizará o GCAPM.

### *2.5.2 Modelo GCAPM (Global Capital Asset Pricing Model)*

O modelo GCAPM possui a mesma ideia básica do modelo CAPM, porém parte do princípio que há uma certa dificuldade de determinação do prêmio de risco de mercado em países emergentes. Para isso, é utilizado parâmetros dos Estados Unidos acrescentando o Prêmio de Risco Brasil. Assim, o modelo GCAPM pode ser escrito como:

$$K_e = R_{fEUA} + \beta_i (\text{Prm}_{EUA} + \text{Prp}), \text{ onde:}$$

- $R_{fEUA}$  - Taxa livre de risco nos EUA.
- Beta - medida de risco sistemático da empresa.

- $Prm_{EUA}$  - Prêmio de risco histórico de mercado americano.
- $Prp$  - Prêmio de risco país.

A partir da fórmula acima, pode-se observar que o prêmio de risco-país é adicionado ao prêmio de risco de mercado para poder ser multiplicado pelo Beta. Damodaran (2007) sugere que ao colocar o prêmio de risco país dentro dos parênteses é uma tentativa de captar a diferenciação de empresas que possuem betas diferentes. Porém, uma outra maneira de se calcular o GCAPM é adicionar o prêmio de risco país ao custo de capital próprio. Assim, o modelo também pode ser escrito como:  $K_e = R_{fEUA} + \beta_i Prm_{EUA} + Prp$ .

No modelo adaptado, a função do prêmio de risco país é garantir ao investidor um prêmio adicional ao prêmio de mercado já que ele alocará capital em um país cuja economia ainda não está madura. Segundo Damodaran (ibidem), o cálculo do prêmio de risco país pode ser calculado da seguinte forma:

$Prp = \text{Spread de Default} \times (\sigma_{\text{mercado acionário do Brasil}} / \sigma_{\text{título soberano do Brasil em US\$}})$ , onde  $\sigma$  é o desvio padrão anualizado calculado com base nos retornos de cada mercado.

### 2.5.3 Outros Modelos

O modelo APT (Arbitrage Pricing Theory), criado por Stephen Ross em 1976, utiliza a ferramenta de regressão múltipla para eliminar os fatores que não tem significância estatística para o modelo, restando apenas aqueles que devem permanecer na composição da regressão. Assim, o modelo é construído sobre os pilares da arbitragem. O princípio é que existem relações causais de movimento do preço de um ativo com uma ou mais variáveis relevantes (são mensuradas através de regressão múltipla). Entretanto, essas relações mudam constantemente e seus resultados dependerão do “humor” do mercado. O custo de capital próprio é igual ao resultado do somatório ponderado de cada um dos prêmios de riscos mais a taxa livre de risco. Enquanto o APT restringe a dados históricos de preços, os modelos multifatoriais incluem também dados macroeconômicos (nível de produção industrial, mudanças no spread, alterações na taxa real de retorno, etc.). Já os modelos *proxy* trabalham com variáveis que possam explicar as diferenças entre retornos sobre diferentes ações a partir de fatores específicos da empresa, quais sejam: capitalização de mercado de uma companhia, índice valor patrimonial/preço, momento dos preços, etc.

## 2.6 Estrutura de Capital

A expressão do WACC supõe que a estrutura de capital permanece constante ao longo do tempo. Entretanto, o trade-off entre risco e retorno possibilita que a empresa busque otimizar a sua estrutura, isto é, verifica qual o menor WACC possível que minimize a relação entre capital próprio e de terceiros (E/D). Póvoa (2012) apresenta alguns fatores que influenciam as decisões sobre a estrutura de capital: risco de

negócio, posição tributária da empresa, flexibilidade financeira e perfil da administração (conservador x agressivo). Cabe destacar que a estrutura de capital, apesar da simplicidade da relação matemática, não é uma ciência exata e sua estimativa, tal como o WACC, não possui uma resposta cientificamente correta (Póvoa, *ibidem*).

### 3 | A INDÚSTRIA DE ENERGIA ELÉTRICA BRASILEIRA (IEEB)

Nos últimos 20 anos a IEEB sofreu três transformações. A primeira estava associada a passagem de um “Estado Empresário” para um “Estado Fiscalizador” a partir de diversos instrumentos legais que criaram uma entidade reguladora (Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel), desverticalizou a cadeia de suprimento em quatro segmentos (geração, transmissão, distribuição e comercialização), criou um órgão responsável pela coordenação e operação do Sistema Interligado Nacional (Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS). Cabe observar que estes diplomas legais também incentivaram a competição na geração e comercialização. Já a transmissão e distribuição continuaram com uma estrutura de monopólio natural, mas com a maioria das distribuidoras estatais sendo transferidas para investidores privados. A crise ocasionada pelo racionamento em 2001 fez com que fosse desenvolvido um novo arranjo que diminuiu a interferência do pensamento econômico, baseado na escola neoclássica (lógica do mercado), para uma opção de uma maior interferência do Estado a partir de três pilares: garantia de segurança do suprimento de energia elétrica, promoção da modicidade tarifária e universalização de atendimento. Para a consecução desses objetivos foram criadas uma entidade responsável pelo planejamento (Empresa de Pesquisa Energética – EPE), uma instituição responsável pela segurança energética (Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico – CMSE) e um órgão relacionado a comercialização de energia elétrica (Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE). Por fim, a Lei no 12.783, de 11 de janeiro de 2013, cujo destaque está relacionado a prorrogação das concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Tal diploma legal em princípio permitiu uma redução média das tarifas reguladas em torno de 20%. Entretanto, esta medida populista ocasionou um rombo no setor elétrico e um grande aumento tarifário.

Na pequena descrição organizacional da IEEB, apresentada no parágrafo anterior, a questão do custo de capital é de fundamental importância. Entretanto, antes de apresentar a sua influência em algumas situações vale mostrar uma sintética análise sobre a questão da taxa de desconto na IEEB.

#### 3.1 Breve Histórico

Por volta de 1966 os Estudos do Comitê Energético da Região Centro Sul, promovidos pela CANAMBRA<sup>1</sup>, concluíram que 9% a.a. era um valor aceitável como

---

<sup>1</sup> Formada por duas empresas canadenses (Montreal Engineering e G.E. Grispen and Associates) e uma empresa norte-americana (Gibbs and Hill). Estas firmas tinham como tarefa a execução do potencial hidráulico e do mercado de energia elétrica da Região Sudeste. Já a supervisão dos trabalhos era realizado por uma equipe brasileira.

taxa de remuneração do capital e, portanto, muito próximo da mínima legal de 10% a.a., fixada pelo Código de Águas de 1934. Isto levou, intuitivamente, que fosse adotado o valor de 10% a.a. como a taxa de desconto para selecionar projetos de expansão.

Brito e Kantz (1980) apresentam um estudo sobre o custo de capital básico do setor de energia elétrica no período 1972-1976 chegando a valores que, dependendo da empresa, oscilavam entre 13 e 17,5% a.a. No final dos anos 80 e início dos anos 90 são feitos vários artigos sobre o tema. Tanto Becker e Maurer (1989) quanto Bruneti (1989) criticam o valor de 10% a.a. sinalizado pelo Plano 2010 pois este, segundo os autores, estaria subestimando a taxa de desconto. O trabalho de Calou (1990) propõe um valor de 13,64% a.a.

No final do século XX destacam-se dois trabalhos. Pinhel (1996) chega a um valor de 9,4% a.a., enquanto que a Secretaria de Energia/Elektrobras (1997), ao contrário dos estudos anteriores, apresenta o valor para cada segmento: geração - entre 12% a.a. e 15% a.a.; transmissão – entre 10% a.a. e 12% a.a.; distribuição entre 11% a.a. e 13% a.a. Este estudo tenta refletir a premissa fundamental da nova IEEB, conforme já comentado, a desverticalização de suas atividades. Observa-se que os resultados obedecem o *trade-off* risco x retorno, isto é, a geração sinaliza taxas de desconto superiores à transmissão e à distribuição em razão de apresentar maiores riscos, principalmente os decorrentes da demanda, que os outros segmentos. A transmissão possui riscos menores do que a distribuição pois, por um lado, o processo de determinação de custos de novos investimentos é via licitação, sendo então repassados por fórmula regulamentar. Adicionalmente, o segmento de transmissão não está exposto às inadimplências dos clientes, como acontece com os agentes de distribuição, uma vez que suas receitas são recebidas diretamente do ONS. Ressalta-se que os estudos mencionados são os primeiros a utilizar a metodologia do WACC.

O estudo do Dresdner Kleinwort Benson (2000) chega a taxas de desconto da ordem de 12% a.a. (a preço constante) e 18% a.a. (a preço nominal). Finalmente, nos últimos 10 anos as contribuições se concentraram nos segmentos regulados da IEEB, isto é, transmissão e distribuição. A razão disso vem do fato de que a metodologia do WACC é utilizada pela Aneel para definir a taxa de desconto a ser usada nas revisões tarifárias para concessionárias de transmissão e distribuição de energia elétrica. Rocha, de Bragança e Camacho (2006) apresentam faixas de valores, quais sejam: 13,4%-15,2% a.a. (nominal) e 10,6% – 12,3% a.a. (real). Um estudo apenas para distribuidoras de energia elétrica do Sul indica um WACC anual nominal e real de 15,70% e 12,71%, respectivamente (Andrade e Vieira, 2007). A estimativa do custo de capital para o segmento de geração foi desenvolvido pela Empresa de Pesquisa Energética (2013) e chega a valores de WACC de 9% a.a. (antes de impostos) e 7% a.a. (após os impostos). Por fim, na Quarta Revisão Tarifária Periódica, a Aneel informa um WACC real regulatório, para empresas com alíquotas de IRPJ/CSLL de 34%, no valor de 12,26% a.a. (antes do imposto) e 8,09% a.a. (após imposto).

## 3.2 Influência da Taxa de Desconto no Planejamento da Expansão

### 3.2.1 – Custo de Geração

Tem como objetivo verificar a competitividade de um empreendimento sendo que seu cálculo é proveniente da razão entre o somatório dos custos anuais (\$/ano) incorridos e os benefícios energéticos (MWh/ano). A Tabela 2 apresenta uma análise de sensibilidade em relação a taxa de desconto de um empreendimento hidroelétrico com capacidade instalada de 20 MW. Observa-se que a comparação econômica é influenciada diretamente pelo custo de capital.

Taxa de Desconto Anual	R\$/MWh*
10%	42,87
15%	60,76
20%	79,32
25%	98,08

Tabela 2 – Custo de Geração

\* Investimento de R\$56,95 milhões, O&M de R\$0,57 milhões, 35 anos e 17,24 MWa.

### 3.2.2 – Dimensionamento Energético Econômico

Define os principais parâmetros de um aproveitamento hidrelétrico que tem influência direta no seu desempenho energético (níveis de armazenamento, potência instalada e quedas de turbina). A escolha do dimensionamento ótimo pode ser calculada a partir do Valor Presente Líquido (VPL). A Tabela 3 apresenta o estudo de escolha da potência instalada de um empreendimento hidroelétrico localizado no Sistema Interligado. Verifica-se que a simples passagem para uma taxa de desconto anual de 14% faz com que o empreendimento se situe na faixa de uma Pequena Central Hidroelétrica e, portanto, pode usufruir dos benefícios aí advindos.

$\Delta$ VPL (10 <sup>6</sup> R\$)				
Potência (MW)	Energia (MW médio)	Custo Total (10 <sup>6</sup> R\$)	12% a.a.	14% a.a.
26	14,85	31,31	-	-
28	15,51	32,36	1,02	0,73
30	16,09	33,60	0,58	0,33
32	16,59	35,03	0,15	-0,08

Tabela 3 – Escolha de Potência Instalada

## 4 | ESTUDO DE CASO

O estudo apresenta o cálculo do WACC com vista a comparação com o valor que consta nos Procedimentos de Regulação Tarifária (PRORET), módulo 2, submódulo 2.4 (Custo de Capital). Cabe destacar que a estimativa do custo de capital próprio foi realizada pelo modelo GCAPM e não pela técnica *bottom-up* beta setorial utilizada

pela Aneel.

#### 4.1 Estimativas do Custo de Capital Próprio e de Terceiros

Para a definição da amostra de empresas brasileiras no setor de energia elétrica foram consideradas aquelas que tivessem ações negociada na Bolsa de Valores de São Paulo desde 2007. Das 38 empresas que atendem o requisito acima, foram selecionadas 10, por apresentarem as ações com maior liquidez, com negociação em todos os meses.

O S&P 500 foi considerado para utilização como *proxy* do índice de mercado global. As séries de preços mensais foram obtidas a partir do Sistema Económica. Com a obtenção desses dados, foi possível calcular os betas das empresas os quais foram estimados por meio da regressão linear do retorno em dólar de cada ação e o retorno do S&P 500.

Para a taxa livre de risco foi escolhida a *Treasury Bond* de dez anos em razão de ser a mais utilizada pelos analistas, apesar de alguns problemas relacionados ao prazo (não tão longo) e risco de reinvestimento. Entretanto, estas desvantagens são equilibradas pela alta liquidez Póvoa (2012). Foi considerado o rendimento médio do ano de 2016 cujo valor, obtido no site do Damodaran em 10/03/2017, foi de 2,45% a.a.

Cabe observar que a utilização da média aritmética, como medida de avaliação do desempenho histórico para o cálculo do retorno esperado, deve-se ao fato de que essa métrica atribui ponderações iguais para qualquer evento ocorrido no passado, bem como captura a volatilidade apresentada pelo retorno das ações ao longo do período escolhido. Além disso, dada a hipótese de aversão a risco, a utilização da média aritmética se sobressai, pois apresenta um resultado superior ao da média geométrica. Isso acarretará em um custo de capital próprio maior e por consequência em uma estimativa, por exemplo, do VPL mais conservadora sob a ótica do acionista. O prêmio de risco de mercado para o estudo é a média aritmética dos prêmios de riscos cujo resultado, no período de 1928 e 2016, indicou o valor de 5,18% a.a. obtido no site do Damodaran.

Com relação ao prêmio de risco do país cabe comentar que existem controvérsias (cf. 2.4.2) em relação na maneira de incorporar a exposição ao risco-país ao custo de capital próprio. Portanto, considerou-se as seguintes abordagens:

- a. Global 1 – acrescenta o prêmio de risco país ao custo de capital próprio para todas as empresas em um mercado emergente. Sua grande desvantagem é o pressuposto de que todas as empresas estejam expostas ao risco país na mesma proporção, conforme expressão abaixo:

$$GCAPM_1 = RF + \text{Prêmio pelo risco país} + \text{Beta} \times \text{Prêmio de risco de mercado.}$$

- b. Global 2 – escalona o risco país ao beta, isto é, o beta também irá medir a exposição ao risco país. Porém, se essa exposição foi diferente de outras exposições ao risco macroeconômico, essa abordagem falhará. Logo, sua

expressão é dada por:

$$GCAPM_2 = RF + \text{Beta} \times (\text{Prêmio de risco de mercado} + \text{Prêmio pelo risco país}).$$

As reformas atualmente em curso (gastos públicos, previdência, tributária) estão refletindo melhorias, ainda que de maneira cautelosa em função do momento político, nas expectativas econômicas como, por exemplo, no comportamento do Embi + Risco Brasil. Este índice, criado pelo JP Morgan, tem como base os bônus emitidos pelos países emergentes. Observa-se que o Embi + Risco Brasil apresenta uma tendência de queda. Diante disso, foram considerados dois cenários: o primeiro com valor de 2,5% a.a. (reformas aprovadas) e o segundo 4,0% a.a. (reformas adiadas).

Para calcular o valor real do custo de capital próprio das empresas pelo GCAPM é necessário levar em consideração a inflação americana (CPI - *Consumer Price Index*). Neste caso, a estimativa baseou-se em informações do CPI, do *Federal Reserve* (Banco Central Americano) e do site do Damodaran. A resultante foi uma inflação estimada de 2,3% a.a.

Em relação ao risco de crédito suas estimativas estão baseadas nas mesmas situações apresentadas para o risco país. Na hipótese otimista (reformas aprovadas), espera-se que o Brasil mantenha o conceito atual (Ba2 no conceito Moody's) o que representa um spread de 3,47% a.a. No cenário pessimista, considera-se uma expectativa, no médio prazo, de piora no rating com elevação do spread para 4,13% a.a.

A participação de capital de terceiros teve seu valor fixado em 48,76%, conforme estabelecido pela Aneel, para cálculo do WACC no período 03/2015 a 12/2017.

## 4.2 Resultado

A Tabela 4 apresenta as estimativas do WACC, para as duas situações, em contraponto com aquelas provenientes da Quarta Revisão Tarifária Periódica.

Descrição	Global 1	Global 2	Aneel
Taxa Livre de Risco	2,45%	2,45%	5,64%
Beta Médio	0,84	0,84	0,70
Alíquota Marginal de Impostos	34,00%	34,00%	34%
Alavancagem	48,76%	48,76%	48,76%
Prêmio de risco de Mercado	5,18%	5,18%	7,56%
Risco país	2,50% - 4,00%	2,5% - 4,00%	2,62%
Taxa Livre de Risco	2,45%	2,45%	5,64%
Risco de Crédito	3,47% - 4,13%	3,47% - 4,13%	3,37%
Risco País	2,50% - 4,00%	2,50% - 4,00%	2,62%
Inflação Americana (CPI)	2,30%	2,30%	2,41%
Custo de Capital Próprio (real)	6,83% - 8,30%	6,44% - 8,21%	12,26%
WACC Real após Impostos	8,87% - 10,69%	8,66% - 10,64%	8,09%
WACC Real antes dos Impostos	13,13% - 15,83%	12,82% - 15,76%	12,26%

Tabela 4 – WACC para Empresas de Energia Elétrica

Em relação a tabela acima os seguintes comentários são pertinentes:

- a. O WACC antes e depois dos impostos indicados pela Quarta Revisão Tarifária Periódica estão próximos do limite inferior das duas abordagens. Entretanto, testes estatísticos deverão ser realizados para verificar a irrelevância da diferença;
- b. O Retorno sobre o Investimento (ROI) é um indicador que mede o retorno total do capital investido por acionistas e credores da empresa. Observa-se que o ROI médio das empresas que compõem o Índice do Setor Elétrico (IEE) da BM&FBOVESPA apresentou o valor de 9,04% a.a. nos últimos 12 meses e 13,60% a.a. no período estudado. Tais resultados são superiores ao WACC após os impostos indicado pela Aneel. No estudo em tela, o ROI médio se situa entre ou superior as duas abordagens;
- c. O Retorno sobre o Patrimônio Líquido (ROE) calcula a rentabilidade dos recursos aplicados pelos acionistas. O ROE médio das empresas do IEE resultou em 19,56% a.a. nos últimos 12 meses e de 17,86% a.a. no período estudado. Estes superam o custo de capital próprio tanto das abordagens quanto da Aneel. Tal diferença representa um spread econômico. Este nada mais é que a efetiva remuneração paga aos acionistas.

#### 4 | CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo destacar a importância do tema para a IEEB, bem como contribuir para a discussão sobre a determinação do WACC para as concessionárias de energia elétrica. Assim, sem entrar de forma mais aprofundada nos aspectos metodológicos, assumiu-se o GCAPM como o melhor estimador para o custo de capital próprio em vez da técnica *bottom-up* beta setorial utilizada pela Aneel. Mesmo assim, verifica-se que os limites inferiores de WACC Real após Impostos, para os dois cenários estudados, se aproximam daquele constante da Quarta Revisão Tarifária Periódica. Cabe destacar a importância de novos estudos tanto em relação aos custos específicos de capital próprio e de terceiros quanto da melhor forma de apresentar a estrutura de capital (*Pecking Order*, *Trade-off* ou *Market Timing*). Por fim, espera-se que a aprovação das reformas econômicas, junto com as boas práticas de governança corporativa e contínuo desenvolvimento metodológico, possam contribuir para uma remuneração de capital que se coadune com o binômio risco-retorno presente na IEEB.

#### REFERÊNCIAS

ANDRADE, P.H.A. & Vieira, S.F.A. - **Remuneração de Capital das Distribuidoras de Energia Elétrica: uma Análise do Setor Sul do Brasil**. 2007.

BECKER, J. & MAURER, L. - O Plano 2010 e o Custo de capital. **São Paulo Energia**, Ano VI, no 48, jan./1989.

- BLACK, F. *Beta and return*. **Journal of Portfolio Management**, v.20, p. 8-18, 1993.
- BRITO, N. & KANTZ, L. C. - Custo de capital e subsídios: o setor de energia elétrica no período 1972-1976. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, p. 133-161, abr./jun. 1980.
- BRUNETI, L. C- Custo de Capital Próprio no Setor Elétrico. **São Paulo Energia**, São Paulo, p. 9-13, mar. 1990.
- CALOU, S. M. - Metodologia para Determinar a Taxa de Desconto. **São Paulo Energia**, São Paulo, p. 33-36, Ano VII, no 60, fev./1990.
- CAMACHO, P.T. & LEMME, C.F. - **Determinação do Custo de Capital Próprio para Avaliação de Projetos de Empresas Brasileiras no Exterior**. 2002.
- COSTA, L.G.T.A., COSTA, L.R.T.A. & ALVIM, M.A. - **Valuation: manual de avaliação e reestruturação econômica de empresas**. 2a Edição, Editora Atlas: São Paulo, 2011.
- DAMODARAN, A. - **A Face Oculta da Avaliação**. Editora Makron Books: São Paulo, 2002.
- DAMODARAN, A. - **Avaliação de Empresas**. 2a Edição, Editora Pearson: São Paulo, 2007.
- DAMODARAN, A. – **Gestão Estratégica do Risco: uma referência para a tomada de riscos empresariais** . Editora Bookman: Porto Alegre, 2009.
- DAMODARAN, A. - <http://www.stern.nyu.edu/~adamodar/pc/datasets>. Acesso em 10/03/2017.
- DRESDNER KLEINWORT BENSON – **Taxa de Desconto: Apresentação Final ao Comitê Executivo (COEX) MAE**. 2000.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE) – **Taxa de desconto aplicada na avaliação das alternativas de expansão**. Rio de Janeiro. Dez. 2013.
- ESTRADA, J. – **Mean and semivariance behavior (II): the D-CAPM**. Barcelona: IESE Business School. 2002.
- FAMA, E.F. & FRENCH, K. – **The cross-section expected stock returns**. *Journal of Finance*. v. 47, p. 427 – 465, June, 1992.
- FAN, S. C. - **General Capital Asset Pricing Model (GCAPM): A Microeconomic Theory of Investments**. Fan Asset Management LLC, 2003.
- GITMAN, J.G. - **Princípios de Administração Financeira**. 7a Edição, Editora Harbra: São Paulo, 2002.
- PINHEL, Antônio Carlos Costa. - **Estudo da Taxa de Desconto para o Setor Elétrico Brasileiro. Eletrobrás**. Área de Estudos Econômicos e Planejamento Econômico-Financeiro. Informação Técnica no 002/96, Fev. 1996.
- PÓVOA, A. - **Valuation: como precificar ações**. Editora Elsevier: Rio de Janeiro, 2012.
- ROCHA, K.; DE BRAGANÇA, G.F. & CAMACHO, F. – Custo de Capital de Distribuição de Energia Elétrica – Revisão Tarifária 2007-2009. **Revista do BNDES**. Rio de Janeiro. V. 13. N 25. Jun. 2006.
- ROSS, A.R., WESTERFIELD, R.W. & JAFFE, J.F. - **Administração Financeira**. Editora Atlas: São Paulo, 1995.
- SECRETARIA DE ENERGIA/ELETROBRÁS – **Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro** – Sumário Executivo – Estágio VII – dez.1997.

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**Jaqueline Oliveira Rezende** Possui graduação em Engenharia Elétrica, com certificado de estudos em Engenharia de Sistemas de Energia Elétrica e mestrado em Engenharia Elétrica, ambos pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Atualmente é aluna de doutorado em Engenharia Elétrica, no Núcleo de Dinâmica de Sistemas Elétricos, pela Universidade Federal de Uberlândia. Atuou como professora nos cursos de Engenharia Elétrica e Engenharia de Controle e Automação. Tem realizado pesquisas em Sistemas de Energia Elétrica, dedicando-se principalmente às seguintes áreas: Energia Solar Fotovoltaica; Curvas Características de Painéis Fotovoltaicos; Dinâmica de Sistemas Elétricos; Geração Distribuída; Simulação Computacional; Algoritmo Genético.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-85107-45-1

