

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA  
DO RIO DE JANEIRO



**Alexandre Sandre Martins**

**Project Finance Aplicado ao Setor de Geração de  
Energia Elétrica Brasileiro – Fontes Alternativas:  
Análise dos Riscos e Mitigadores em Projetos de  
Energia Eólica**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Administração de Empresas da PUC-Rio como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Administração de Empresas.

Orientador: Professor Leonardo Lima Gomes

Rio de Janeiro

Abril de 2013



**Alexandre Sandre Martins**

**Project Finance Aplicado ao Setor de Geração de  
Energia Elétrica Brasileiro – Fontes Alternativas:  
Análise dos Riscos e Mitigadores em Projetos de  
Energia Eólica**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Administração de Empresas da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. Leonardo Lima Gomes**

Orientador  
Departamento de Administração – PUC-Rio

**Prof. Luiz Eduardo Teixeira Brandão**

Departamento de Administração - PUC-Rio

**Prof<sup>a</sup>. Marta Corrêa Dalbem**

Universidade do Grande Rio

**Prof<sup>a</sup>. Mônica Herz**

Vice-Decana de Pós-Graduação do CCS – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 02 de abril de 2013

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem a autorização da universidade, do autor e do orientador.

### **Alexandre Sandre Martins**

Graduado em Ciências Contábeis pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ em 1994. Pós-Graduação em Controladoria e Finanças pela Universidade Federal Fluminense em 2002. Pós-Graduação em Contabilidade Internacional pela Universidade de São Paulo em 2008. Pós-Graduação em Gestão – MBA Management pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro em 2010. Trabalha no BNDES desde 2007 e atualmente trabalha na Área de Infraestrutura.

#### Ficha Catalográfica

Martins, Alexandre Sandre

Project Finance Aplicado ao Setor de Geração de Energia Elétrica Brasileiro – Fontes Alternativas: Análise dos Riscos e Mitigadores em Projetos de Energia Eólica / Alexandre Sandre Martins; orientador: Leonardo Lima Gomes. 2013.

161 f. : il. (color.) ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Administração, 2013.

Inclui bibliografia

1. Administração – Teses. 2. Financiamento de Projetos. 3. Geração de Energia. 4. Eólica. 5. Riscos. I. Gomes, Leonardo Lima. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Administração. III. Título.

CDD:658

Para meus pais, esposa e filhos que mesmo não permitindo me dedicar mais,  
é a motivação deste trabalho

## Agradecimentos

Ao orientador Professor Leonardo Lima Gomes.

À minha esposa Isabela, pelo incentivo e paciência.

Aos meus pais e minha avó materna pelo sacrifício e dedicação, por serem os responsáveis por eu estar aqui.

Aos meus amigos e colegas Alexis Kneip, Cristiane Horewicz, Edson Dalto, Eduardo Barros, Leonardo Alonso, Marcelo Melo, Marcus Cardoso e Thiago Pereira, pelas importantes contribuições neste trabalho. Ao colega e professor Martim Francisco, pela sua prestimosa ajuda nessa fase final de trabalho.

## Resumo

Martins, Alexandre Sandre; Gomes, Leonardo Lima. **Project Finance Aplicado ao Setor de Geração de Energia Elétrica Brasileiro – Fontes Alternativas: Análise dos Riscos e Mitigadores em Projetos de Energia Eólica.** Rio de Janeiro, 2013. 161p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O uso do *Project Finance*, como instrumento de viabilização na estruturação de empreendimentos intensivos de capital, é uma alternativa eficiente em relação ao financiamento corporativo no setor de infraestrutura. O presente trabalho tem o propósito de analisar a aplicabilidade dessa ferramenta de estruturação financeira no setor elétrico brasileiro por meio da análise dos riscos envolvidos em projetos de implantação de usinas de geração eólica. Com a finalidade de aferir quais riscos são mais relevantes em projetos dessa natureza e como estes podem ser mitigados, simulou-se diversas variáveis tendo-se como base o modelo de leilões de venda de energia nova utilizada no Brasil. A pesquisa envolveu o levantamento e ranqueamento dos riscos envolvidos na implantação de projetos eólicos, e a mensuração dos seus impactos sobre o valor presente líquido (VPL) de tais empreendimentos. Para tal, realizou-se um estudo de caso a partir de um exemplo numérico demonstrando-se a relevância dos diversos riscos apresentados. Os resultados obtidos demonstram que o fator de capacidade de geração de energia de uma usina eólica é a variável com maior potencial de redução do VPL do projeto, sendo, portanto, o risco mais relevante. A incerteza em relação à quantidade de energia efetivamente gerada, considerando um horizonte de 20 anos de contratação de energia, representa um fator de risco preponderante a qualquer parque eólico, conforme apresentado em gráficos no presente estudo. A pesquisa também conclui que o preço de comercialização da energia gerada, os custos de construção e as despesas de operação e manutenção dos parques eólicos têm um peso considerável na viabilização financeira dos projetos. Portanto, após a avaliação dos impactos das variáveis investimento, financiamento e atraso sobre as projeções financeiras, demonstrados por meio de análises de sensibilidade ao longo das seções 6.2, 6.3 e 6.4, conclui-se que a

falta de planejamento e de uma análise criteriosa dos riscos e de seus respectivos mitigadores podem deteriorar a rentabilidade e até comprometer a viabilidade financeira de um empreendimento eólico.

## **Palavras-chave**

Financiamento de Projetos; Geração de Energia; Eólica; Riscos.

## Abstract

Martins, Alexandre Sandre; Gomes, Leonardo Lima (Advisor). **Project Finance in the Power Generation Sector – Alternative Source: Analyzing the risks and mitigation of wind power projects.** Rio de Janeiro, 2013. 161p. MSc. *Dissertation* - Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The use of project finance as a tool for structuring capital intensive projects, is an efficient alternative in relation to corporate financing in the infrastructure sector. This study aims to analyze the applicability of this tool in the Brazilian power sector through risk and mitigation analysis involved in the implementation of wind power plants. In order to verify which risks are most relevant in such projects and how these can be mitigated, was simulated with the most common variables based on the model of auctions of new energy used in Brazil. The research involved a survey and ranking of risks involved in the implementation of wind power projects, and measuring their impact on the net present value (NPV) of such enterprises. For this purpose, was performed a case study from a numerical example demonstrating the relevance of the various risks presented. The results demonstrate that the capacity factor of power generation from a wind power plant is the variable with the greatest potential for reducing the NPV of the project, therefore, the most significant risk. The uncertainty regarding the amount of energy actually generated, considering a 20-year energy contract, represents a relevant risk factor to any wind power projects, as shown in graphs in this study. The research also concludes that the trading price of energy generated, construction costs and the costs of operation and maintenance of these enterprises have considerable weight in the financial viability of the projects. Therefore, after assessing the impacts of the variables investment, financing and delay on the financial projections, demonstrated through sensitivity analyzes along sections 6.2, 6.3 and 6.4, it is concluded that the lack of planning and a thorough analysis of the risks and their mitigation can deteriorate the profitability and even jeopardize the financial viability of a wind power project.

## **Keywords**

*Project Finance; Energy; Power; Wind; Risks.*

## Sumário

1. Introdução	17
1.1. Descrição do problema	17
1.2. Formulação do Problema	17
1.3. Objetivo final	18
1.4. Objetivos intermediários	18
1.5. Relevância do estudo	19
1.6. Delimitação do estudo	20
1.7. Estrutura da dissertação	20
2. Referencial teórico	22
2.1. Project Finance - Definição	22
2.2. Características das Operações de <i>Project Finance</i>	26
2.3. Estrutura Básica	28
2.4. Principais Participantes	29
2.5. Fontes de Recursos	34
2.5.1. Fontes de Recursos – Capital Próprio	35
2.5.2. Fontes de Recursos – Dívida Subordinada	36
2.5.3. Fontes de Recursos – Dívida Sênior	37
2.6. Análise dos Riscos e Respectivas Medidas Mitigatórias	38
2.6.1. Risco de Suprimento	43
2.6.2. Risco de Mercado	44
2.6.3. Risco Cambial	48
2.6.4. Risco Operacional	49
2.6.5. Risco Ambiental	51
2.6.6. Risco Infraestrutura	52
2.6.7. Risco Engenharia	53
2.6.8. Risco Força Maior	53
2.6.9. Risco de Conclusão	54
2.6.10. Risco Político	57
2.6.11. Risco de Participantes	59
2.6.12. Risco de Taxa de Juros	60
2.6.13. Risco de Sindicalização	61

2.6.14. Risco Legal	62
3. Setor Elétrico Brasileiro/ Panorama da Energia Eólica	64
3.1. Panorama do Setor Elétrico Brasileiro	64
3.2. Histórico do Setor Elétrico Brasileiro	68
3.2.1. Histórico do Setor Elétrico Brasileiro – Marco Regulatório - 2004	69
3.3. Panorama da Energia Eólica no Brasil e no Mundo	72
3.3.1. Panorama da Energia Eólica no Mundo – Histórico da Capacidade	72
3.3.2. Mundo – Conjuntura Atual	76
3.3.3. Mundo – Perspectivas de Curto Prazo (2012-2016)	79
3.3.4. Mundo – Perspectivas de Longo Prazo	80
3.3.5. O Papel dos Bancos de Desenvolvimento no Fomento a Energia Eólica	83
3.3.6. Incentivos as Fontes Renováveis - Energia Eólica	87
3.4. Panorama da Energia Eólica no Brasil	88
3.4.1. Potencial Eólico Brasileiro/ Complementaridade Hídrico - Eólica	90
3.4.2. Evolução da Energia Eólica nos Leilões - Fator de Capacidade, Potência e Preços	94
3.4.3. Perspectiva e Projeção da Capacidade Instalada Brasileira	95
3.4.4. Perspectivas de Longo Prazo – Plano Decenal	97
3.4.5. Evolução do Mercado Eólico Brasileiro e sua Cadeia Produtiva	97
3.4.6. Principais Incentivos à Energia Eólica no Brasil	99
4. Especificidades do Segmento Eólico Brasileiro	101
4.1. Requisitos para Estabelecimento de Central Eólica no Brasil	101
4.2. Sistema Integrado Nacional – SIN e a Restrição de Conexão	104
4.2.1. Modelos de Conexão – Redes de Transmissão, Distribuição e ICG	105
4.2.2. ICG e os Leilões	108
4.3. O BNDES e o seu papel no Fomento à Atividade Econômica	110
4.3.1. BNDES e o Histórico de Apoio a Atividade Produtiva	111
4.3.2. BNDES e o Financiamento dos Projetos Eólicos no Brasil	112
4.4. Leilões de Energia	118
4.4.1. Sistemática dos Leilões	118

4.4.2. Leilão de Energia de Reserva 2009	120
5. Metodologia	127
5.1. Tipo de pesquisa	127
5.2. Universo e Amostra	128
5.2.1. Leilão – LER 2009	128
5.3. Coleta de dados	129
5.4. Tratamento dos Dados	130
5.5. Métodos de Análise de Sensibilidade	130
5.5.1. Valor Presente Líquido (VPL)	131
5.5.2. Taxa Interna de Retorno (TIR)	132
5.5.3. Índice de Cobertura do Serviço da Dívida (ICSD)	132
5.5.4. Índice de Capitalização (ICP)	134
5.6. Limitação da Pesquisa	134
6. Análise de Risco a Partir de Exemplos Numéricos de Avaliação Econômico-Financeira	136
6.1. Análise de Sensibilidade	136
6.2. Análise de Sensibilidade – Variáveis de Investimento	140
6.3. Análise de Sensibilidade – Variáveis de Financiamento	147
6.4. Análise de Sensibilidade – Variável Atraso na Entrada em Operação Comercial (Penalidades por Geração Efetiva abaixo do Esperado).	149
6.5. Análise de Sensibilidade – Matriz de Risco e Mitigadores	151
7. Conclusões e sugestões para pesquisas posteriores	154
7.1. Conclusões	154
7.2. Sugestões para Pesquisas Posteriores	157
8. Referências Bibliográficas	159

## Lista de figuras

Figura 1: Estrutura Básica das operações de Project Finance	29
Figura 2: Participantes das operações de Project Finance	34
Figura 3: Exposição de Crédito ao Longo das Fases do Projeto	41
Figura 4: Segmentos do Setor Elétrico Brasileiro	64
Figura 5: Modelo Institucional do Setor Elétrico Brasileiro	66
Figura 6: Funcionamento do Mercado de Comercialização de Energia	68
Figura 7: Atlas do Potencial Eólico Brasileiro - 2001	91
Figura 8: Atlas do Potencial Eólico Brasileiro - 2001	92
Figura 9: Mapeamento da Cadeia Produtiva Eólica Brasileira	98
Figura 10: Mapeamento das Linhas de Transmissão do SIN	105
Figura 11: Esquema Técnico das Opções de Transmissão e Conexão do SIN	107
Figura 12: Esquema Técnico de uma ICG	108
Figura 13: Configuração das Operações do Produto FINEM	113
Figura 14: Sistemática dos Leilões de Energia	118
Figura 15: Esquema de Comercialização dos Leilões de Energia de Reserva	126

## Lista de tabelas

Tabela 1: Relação da Classificações de Risco por Autor	42
Tabela 2: Tipos de Contratos para Estruturação do Risco de Mercado	47
Tabela 3: Dez maiores mercados de Energia Eólica em Capacidade Instalada	77
Tabela 4: Dez maiores Fabricantes de Turbinas Eólica por Participação de Mercado	78
Tabela 5: Principais Incentivos Praticados para Fomento de Fontes Renováveis	88
Tabela 6: Evolução da Geração Eólica no Brasil no Mercado Regulado - ACR	94
Tabela 7: Redução dos Preços dos Leilões de Energia - Fonte Eólica	95
Tabela 8: Principais Empreendedores Segundo suas Capacidades Contratadas no Brasil	99
Tabela 9: Incentivo às Fontes Alternativas de Energia – Condições de Financiamento	113
Tabela 10: Evolução da Condições do Financiamento às Fontes Alternativas de Energia	117
Tabela 11: Principais Vencedores do Leilão de Energia de Reserva – LER 2009	121
Tabela 12: Total de Projetos Vencedores do LER 2009 e Respectiva Potência por Estado	129
Tabela 13: Detalhamento do Calculo do ICSD para Projetos de Geração Eólica	133
Tabela 14: Quadro de Usos e Fontes do Exemplo Numérico Real	137
Tabela 15: Dados Econômico- Financeiros do Exemplo Numérico Real	138
Tabela 16: Matriz dos Principais Riscos na Implantação de Parques Eólicos no Brasil	151

## Lista de gráficos

Gráfico 1: Matriz Elétrica Brasileira por fonte/ tipo de empreendimento	65
Gráfico 2: Evolução da Capacidade Global Instalada entre 1996 e 2011	73
Gráfico 3: Evolução da Capacidade Global Instalada Cumulativa 1996-2011	73
Gráfico 4: Evolução da Capacidade Global Instalada Cumulativa - Continente	74
Gráfico 5: Evolução da Capacidade Global Instalada Cumulativa – UE	74
Gráfico 6: Evolução da Capacidade Global Instalada Cumulativa – EUA	75
Gráfico 7: Evolução da Capacidade Global Instalada Cumulativa – Canadá	75
Gráfico 8: Evolução da Capacidade Global Instalada Cumulativa-China	76
Gráfico 9: Evolução da Capacidade Global Instalada Cumulativa – 2010 - 2012	77
Gráfico 10: Projeção da Capacidade Global Instalada – 2012 – 2016	79
Gráfico 11: Projeção da Capacidade Global Instalada – 2012/2016 por região	80
Gráfico 12: Projeção da Capacidade Global Instalada - Base - 2020/2030 por região	81
Gráfico 13: Projeção da Capacidade Instalada – Moderado e Avançado – 2020 e 2030	82
Gráfico 14: Projeção do Custo por Kilowatt – Base, Moderado e Avançado	83
Gráfico 15: Investimentos Globais em Energia Limpa	84
Gráfico 16: Desembolsos dos Principais Bancos de Desenvolvimento por Fonte Renovável	86
Gráfico 17: Investimentos Globais em Energia Renovável 2004 – 2011	86
Gráfico 18: Evolução percentual da Geração do PROINFA	90
Gráfico 19: Complementaridade Hídrico-Eólica - Nordeste	93

Gráfico 20: Complementaridade Hídrico-Eólica - Nordeste	93
Gráfico 21: Evolução da Capacidade Instalada e Crescimento até 2016	96
Gráfico 22: Evolução Capacidades Instaladas por Fonte-Plano Decenal 2010	97
Gráfico 23: Capacidade Anuais-Produção dos Fabricantes instalados no Brasil	98
Gráfico 24: Histórico e Evolução dos Desembolsos do BNDES	111
Gráfico 25: Histórico e Evolução - Desembolsos do BNDES - Infraestrutura	112
Gráfico 26: Comportamento da TJLP e IPCA	114
Gráfico 27 – Projeção ICSD	139
Gráfico 28 – Projeção ICP	140
Gráfico 29 – Variáveis Investimento – 3%	141
Gráfico 30 - Variáveis Investimento – 5%	141
Gráfico 31 – Variáveis Investimento – 7%	142
Gráfico 32 - Variáveis Investimento – 10%	142
Gráfico 33 - Variáveis Investimento – Consolidado	143
Gráfico 34 – Variação do Preço da Energia	145
Gráfico 35 - Variação no Fator de Capacidade	145
Gráfico 36 – Variação do EPC	146
Gráfico 37- Variação no O&M	146
Gráfico 38 – Variação do Spread	147
Gráfico 39 - Variação da Alavancagem	148
Gráfico 40 – Variação do Prazo de Amortização	148
Gráfico 41 - Variação da Carência	149
Gráfico 42 – Variação do Atraso na Entrada em Operação Comercial	150