

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**PRIORIZAÇÃO DOS FATORES DE RISCO DE UM
EMPREENHIMENTO DE GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA
ATRAVÉS DA TEORIA DOS CONJUNTOS FUZZY.**

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UFPE
PARA OBTENÇÃO DE GRAU DE MESTRE
POR

ANTONIO FLORENTINO DE MEDEIROS FILHO
Orientador: Prof^a. Caroline Miranda Mota, D.Sc.

RECIFE, JUNHO/ 2012

Catálogo na fonte
Bibliotecária: Rosineide Mesquita Gonçalves Luz / CRB4-1361 (BCTG)

M488p Medeiros Filho, Antonio Florentino de.
Priorização dos fatores de risco de um empreendimento de geração de energia eólica através da Teoria dos Conjuntos Fuzzy. / Antonio Florentino de Medeiros Filho. – Recife: O Autor, 2012.
x, 65f., il., figs., gráfs., tabs.

Orientador: Profa. Dra. Caroline Miranda Mota.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco.
CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2012.
Inclui Referências Bibliográficas.

1. Engenharia de Produção. 2. Gestão de Projetos. 3. Gestão de Riscos. . 4. Teoria dos Conjuntos Fuzzy. 5. Energia Eólica. I. Mota, Caroline Miranda (Orientadora). II. Título.

658.5 CDD (22.ed) UFPE/BCTG-2012/225



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA
DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
MESTRADO ACADÊMICO DE

ANTONIO FLORENTINO DE MEDEIROS FILHO

***“PRIORIZAÇÃO DOS FATORES E RISCO DE UM EMPREENDIMENTO DE GERAÇÃO
DE ENERGIA EÓLICA ATRAVÉS DA TEORIA DOS CONJUNTOS FUZZY”***

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GERÊNCIA DA PRODUÇÃO

A comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, sob a presidência do(a) primeiro(a), considera o candidato **ANTONIO FLORENTINO DE MEDEIROS FILHO** **APROVADO**.

Recife, 21 de junho de 2012.

Prof.a. CAROLINE MARIA DE MIRANDA MOTA, Doutor (UFPE)

Prof.a. LUCIANA HAZIN ALENCAR, Doutor (UFPE)

Prof. ANTÔNIO ACÁCIO DE MELO NETO, Doutor (UFPE)

Dedico este trabalho àqueles que acreditaram em mim e na possibilidade desta
conquista...

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais pela oportunidade de estudar e adquirir estes conhecimentos;

Ao PPGEP e UFPE, por me propiciar a oportunidade de cursar um mestrado de excelente qualidade;

A minha orientadora, Caroline Miranda, por toda a orientação e paciência;

Aos colegas de trabalho Túlio Trajano e Alcides Codeceira, pela ajuda e compartilhamento de conhecimentos técnicos e específicos sobre energia eólica;

A minha namorada, Eveline Costa, pela ajuda, companheirismo e força e

A Deus, pela oportunidade e iluminação no caminho trilhado.

Resumo

Em um cenário extremamente competitivo, a gestão dos riscos pode ser uma ferramenta muito útil para auxiliar as organizações a alcançar os objetivos dos projetos geridos. Considerando que os fatores de risco podem ser de diversas naturezas e origens, a utilização de uma ferramenta capaz de indicar quais fatores de risco serão priorizados e o desenvolvimento de um plano de ações para gerir os mesmos auxilia aos investidores e gestores de projetos na tomada de decisão diante de dificuldades. Neste contexto, o presente trabalho vem sugerir uma forma de priorizar os diversos fatores de risco utilizando a teoria dos conjuntos fuzzy, frequentemente utilizada para trabalhar com informações de caráter impreciso ou vago. Propõe-se utilizar uma avaliação linguística, por ser uma ferramenta facilitadora para obtenção de diversos tipos de avaliações, em que o decisor não precisa definir números precisos. A presente metodologia foi aplicada em um estudo de caso sobre a construção de um parque eólico, demonstrando-se útil para apoiar a elaboração de um plano de ações consistente.

Palavras-chave: Gestão de projetos, gestão de riscos, teoria dos conjuntos fuzzy, energia eólica.

Abstract

In a highly competitive scenario, risk management can be a very useful tool to help organizations achieve the objectives of the projects managed. Considering that risk factors may be of different natures and origins, the use of a tool to indicate which risk factors will be prioritized and the development of an action plan to manage them helps investors and project managers in making decision when faced with difficulties. In this context, the present work suggests a way to prioritize the various risk factors using fuzzy set theory, frequently used to work with inaccurate or vague information. It is proposed to use a language assessment, as a facilitating tool for obtaining various types of assessments, in which the decision maker does not need to set precise numbers. This methodology was applied in a case study on the construction of a wind farm, demonstrating to be useful for developing a consistent action plan.

Keywords: Project management, risk management, fuzzy set theory, wind power.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Justificativa	1
1.2	Objetivos	2
1.2.1	Objetivo Geral	2
1.2.2	Objetivos Específicos	2
1.3	Metodologia	2
1.4	Estruturação do trabalho	4
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA	5
2.1	Gestão de projetos	5
2.2	Gestão de riscos em Projetos	6
2.2.1	Sobre riscos	6
2.2.2	Gestão de riscos	7
2.3	Metodologias de Gestão de Risco em Projetos	7
2.3.1	Metodologia do PMI	8
2.3.2	ISO 31000	11
2.3.3	Abordagem SHAMPU	14
2.4	Teoria dos conjuntos <i>Fuzzy</i>	17
2.4.1	Números triangulares fuzzy	18
2.4.2	Função de pertinência triangular	18
2.4.3	Operações entre números <i>Fuzzy</i>	19
2.4.4	Etapas do raciocínio fuzzy	20
2.5	AHP (Analytic Hierarchy Process)	20
2.6	REVISÃO DA LITERATURA	23
2.6.1	A importância da utilização de metodologias de gestão de risco	23
2.6.2	Metodologias para gestão de fatores de risco	24
2.6.3	Análise de riscos em Energia Eólica	29
2.7	Modelo proposto por Nieto & Ruz	30
2.8	Modelos encontrados na revisão bibliográfica	31
3	GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA	32

3.1	Cenário Eólico no Brasil e no mundo	32
3.2	Impactos Socioambientais na geração de energia eólica	35
3.3	O empreendimento localizado próximo ao município Casa Nova	36
3.4	Principais elementos constituintes de um parque Eólico.....	38
4	METODOLOGIA PARA PRIORIZAÇÃO DE FATORES DE RISCO EM UM EMPREENHIMENTO DE GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA	40
4.1	Metodologia proposta para priorização dos Fatores de Risco (FR) em projetos.	40
4.2	Aplicação da metodologia.....	43
4.2.1	Criação do comitê para gestão dos riscos.	43
4.2.2	Identificação dos riscos e definição das funções de pertinência.	44
4.2.3	Comparação entre os fatores de riscos e elaboração do fator discriminante (FD).....	47
4.2.4	Priorização <i>fuzzy</i> dos fatores riscos.....	49
4.2.5	Plano de ações para a gestão dos fatores de riscos.....	52
5	CONCLUSÕES	55
5.1	Limitações do trabalho.....	56
5.2	Sugestões para trabalhos futuros.....	56
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

Lista de Figuras

Figura 1.1 - Passos da metodologia de pesquisa operacional	3
Figura 2.1 - Matriz de Probabilidade e Impacto	9
Figura 2.2 - Cinco atividades da gestão de riscos da ISO 31000.....	13
Figura 2.3 - Fases do processo de elaboração da estrutura do processo genérico.	16
Figura 2.4 - Função Pertinência Triangular	19
Figura 3.1 - Potencial eólico da região nordeste do Brasil.	34
Figura 3.2 - Visão Geral da Área do Lago da UHE Sobradinho.....	37
Figura 3.3 - Localização da CGE.....	37
Figura 3.4 - Estrutura de um parque eólico genérico.....	38
Figura 4.1 - Diagrama de influência dos riscos técnicos.	45
Figura 4.2 - Diagrama de influência dos riscos financeiros.....	45
Figura 4.3 - Diagrama de influência dos riscos econômicos.	46
Figura 4.4 - Gráficos das funções pertinência referentes ao impacto causado e à possibilidade de ocorrência dos fatores de risco.....	46
Figura 4.5 - Fatores de riscos antes e após ajuste do impacto.....	48

Lista de tabelas

Tabela 2.1 - Técnicas para lidar com oportunidades e ameaças.	10
Tabela 2.2 - Fases da metodologia SHAMPU	15
Tabela 2.3 - Comparações do AHP.....	21
Tabela 2.4 - Exemplo de matriz de comparação par a par	22
Tabela 2.5 - Índice Randômico Médio do AHP.....	23
Tabela 3.1- Potência instalada no mundo entre 1997 e 2007(MW).....	33
Tabela 3.2 - Ranking de Potencia Eólica Instalada em 2007.....	34
Tabela 4.1 - Exemplo de comparação par a par	47
Tabela 4.2 - Pesos obtidos através do AHP e Fatores Discriminantes	48
Tabela 4.3 - Descrições do Impacto do risco e da Possibilidade de ocorrência do fator de risco	49
Tabela 4.4 - Números triangulares fuzzy determinados para os parâmetros do fator de risco.	49
Tabela 4.5 - Priorização dos fatores de risco	51

1 INTRODUÇÃO

A gestão de riscos há muito tempo não pode ser considerada como uma novidade no ambiente empresarial. O assunto tem sido bastante discutido, tanto no aspecto de suas vantagens como nas possíveis implicações no não uso de uma política eficiente de gestão de riscos. A disseminação do uso de sistemas de gestão de riscos não ocorreu de forma homogênea, segundo Drzik & Wyman (2005), o setor bancário já investia de forma pesada em sistemas de gestão de riscos desde os anos 90, como forma de minimizar os riscos operacionais, enquanto outros setores do mercado ainda começavam seus estudos nesta área.

Neste contexto, a maneira como as organizações gerenciam seus projetos passou a incidir diretamente nas decisões dos investidores e no potencial de geração de valor aos acionistas. No meio acadêmico, muito tem sido discutido sobre o tema, desde as importâncias da utilização de metodologias de gestão de riscos e suas vantagens, a diversas metodologias para se realizar este estudo. Observa-se, porém, que existe grande distancia entre o discutido por estudiosos e o utilizado no ambiente organizacional, o qual se resume a utilizar metodologias mais simples, não abrangentes e de eficiência bastante limitada. Surge então, a necessidade de mais estudos para aumentar a percepção por parte do mercado, da importância da utilização de metodologias de gestão de riscos com maior abrangência e eficácia.

1.1 Justificativa

Segundo Chapman & Ward (2004), pode ser argumentado que o uso da gestão de riscos em projetos “formais” pode não ser apropriado para todos os projetos, mas fazer a escolha de não aplicar processos “formais” requer o claro entendimento do que a melhor forma de gestão de riscos “formais” poderia trazer e o que isto iria custar, incluindo o risco e a incerteza associada.

Quando um projeto é tido como de baixa probabilidade de sucesso, com vários fatores podendo afetar seus objetivos, tanto os gerentes como os acionistas tendem a não depositar muita confiança e investimentos nesse projeto. Assim, a utilização de um processo de gestão de riscos irá minimizar a possibilidade de acontecimento de eventos adversos ao objetivo do projeto, trazendo por parte dos acionistas e outras partes interessadas, maior aceitação e interesse em patrociná-lo.

Segundo Cooper (2005), o propósito da gestão de risco nos projetos é minimizar os riscos de não alcançar os objetivos do projeto e das partes interessadas. Em particular, a

gestão de risco auxilia os gerentes de projeto na definição de prioridades, alocação de recursos e implementação de ações e processos que reduzem o risco do mesmo não atingir os seus objetivos.

Desta forma, os melhores resultados a partir da captura de oportunidades e da redução da exposição ao risco são as principais justificativas para a realização da gestão de riscos. Os benefícios da gestão de riscos não se limitam aos projetos grandes ou arriscados, podendo esta ser aplicada em todas as fases do ciclo do projeto, desde as primeiras avaliações de estratégia para abastecimento, operação, manutenção e eliminação de itens individuais, instalações ou ativos. A gestão de riscos tem muitas aplicações, dentre elas a avaliação de atividades alternativas para os orçamentos e planos de negócios para a gestão de custos excessivos e atrasos em projetos e programas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

- Propor uma metodologia para apoiar a priorização dos fatores de riscos em um empreendimento de geração de energia eólica.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Levantar os principais modelos de gestão de risco em projetos;
- Levantar os impactos socioambientais em projetos de geração de energia eólica;
- Propor uma metodologia para apoiar a priorização dos fatores de riscos em um empreendimento de geração de energia eólica;
- Aplicar a metodologia proposta em um empreendimento teórico de geração de energia eólica, baseado em dados reais.

1.3 Metodologia

Segundo Andrade (2001), pesquisa é o conjunto de procedimentos sistemáticos, baseado no raciocínio lógico, que tem como objetivo encontrar soluções para problemas propostos, mediante a utilização de métodos científicos. O autor afirma também que, embora existam muitas conceituações propostas na literatura, a maioria destas mantém a idéia de procedimento racional que utiliza processos científicos, diferindo apenas nos detalhes especificadores.

Segundo Andrade (2001), uma pesquisa possui finalidade aplicada quando buscar soluções para problemas concretos. Em relação à forma de abordagem ao problema, Silvia & Menezes (2001) afirmam que a pesquisa será quantitativa quando busca traduzir em números as opiniões e informações obtidas para posteriormente classificá-las. Em relação aos procedimentos técnicos, Andrade (2001) cita que a pesquisa pode ser de fontes de papel, como a pesquisa bibliográfica e a documental.

O presente trabalho é, inicialmente, uma pesquisa com finalidade aplicada e de abordagem quantitativa do problema em estudo, utilizando como fonte de dados uma pesquisa bibliográfica.

Na aplicação da metodologia de gestão de fatores de risco em projetos, foi utilizada a metodologia de Pesquisa Operacional, de acordo com o descrito por Hillier (2010), composta de sete partes, conforme apresentado na figura 1.1.

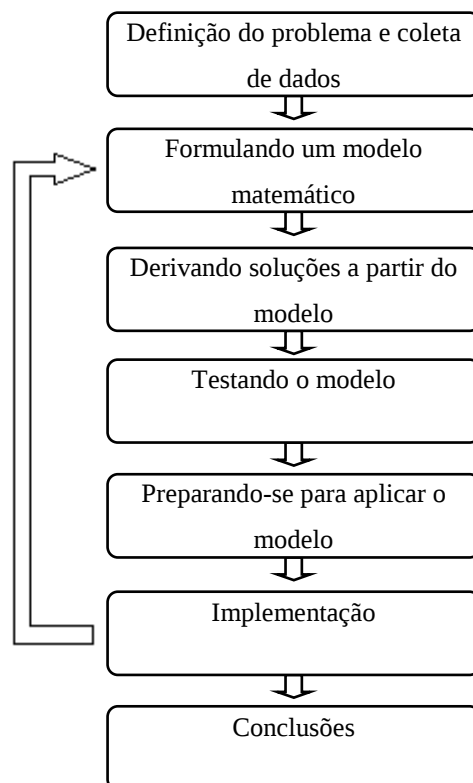


Figura 1.1 – Passos da metodologia de pesquisa operacional - Fonte: Hillier (2010)

O primeiro passo, segundo Hillier (2010), consiste em desenvolver um enunciado bem definido do problema a ser considerado, determinar os objetivos apropriados e coletar todos os dados necessários sobre o caso de estudo. Após esta fase, deve-se reformular o problema em uma forma que seja conveniente para análise através da construção de um modelo matemático. Depois de formulado o modelo matemático, deve-se desenvolver um

procedimento para derivar soluções para o problema desse modelo e testá-lo, para assim poder-se verificar o perfeito funcionamento ou corrigir falhas existentes (validar o modelo). Após estes passos, ocorre a preparação para aplicação e subsequente aplicação do modelo ao estudo de caso.

1.4 Estruturação do trabalho

O presente trabalho é composto das seguintes seções:

- Fundamentação teórica e revisão da literatura – Nesse capítulo são abordadas as metodologias mais abrangentes e divulgadas, e aplicações de outras metodologias desenvolvidas por diversos autores.
- Geração de energia eólica – Nesse capítulo são abordados os cenários mundial e brasileiro; impactos socioambientais da geração eólica e o empreendimento utilizado no estudo de caso teórico.
- Metodologia para priorização de fatores de riscos em um empreendimento de geração de energia eólica – Nesse capítulo é apresentada a metodologia para auxiliar a gestão de fatores de risco e sua utilização.
- Conclusões – Nesse capítulo são apresentados os resultados obtidos, limitações e sugestões para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo serão discutidos conceitos sobre projetos e gestão de projetos, abrangendo as definições de riscos e gestão de riscos. Em seguida são apresentadas as metodologias mais abrangentes e divulgadas para gestão de riscos em projetos e, posteriormente, uma revisão de literatura sobre modelos de gestão de riscos em projetos e aplicações em determinadas áreas.

2.1 Gestão de projetos

Segundo o Project Management Institute - PMI (2008), um projeto é um esforço temporário realizado para criar um produto ou serviço único. Temporário por ter tempo de início e fim definidos, não sendo necessariamente de curta duração, podendo durar vários anos. O termo temporário, geralmente, não se aplica ao produto ou serviço desenvolvido pelo projeto, podendo este ser bem mais duradouro.

Um projeto pode resultar em um produto ou objeto, um produto final ou componente de outro item; uma capacidade de realizar um serviço ou um resultado, como resultados finais ou documentos. A singularidade é uma característica fundamental do resultado do projeto, ou seja, cada resultado é único, não sendo esta singularidade alterada pela presença de elementos repetitivos. Todo projeto tem sua elaboração de forma progressiva, ou seja, desenvolvida por etapas e continuada por incrementos. Um exemplo seria o escopo de um projeto, que será descrito de forma geral no início do mesmo, se tornando mais explícito e detalhado conforme o projeto vai se desenvolvendo.

Segundo Dinsmore (2004), o gerenciamento de projetos se refere à aplicação de conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de satisfazer seus requisitos, e é realizado com o uso de processos tais como iniciar, planejar, executar, controlar e encerrar.

De acordo com o PMI, o gerenciamento também inclui a identificação das necessidades, estabelecimento de objetivos claros e alcançáveis, balanceamento das demandas conflitantes de qualidade, escopo, tempo e custo e a adaptação das especificações, dos planos e da abordagem às diferentes preocupações e expectativas das diversas partes interessadas.

A equipe de gerenciamento de projetos possui uma responsabilidade profissional com suas partes interessadas, inclusive clientes, a organização executora e o público.

É importante observar que muitos processos dentro do gerenciamento de projetos são iterativos devido à existência e necessidade de uma elaboração progressiva em um projeto durante todo o ciclo de vida do mesmo. Isto é, conforme uma equipe de gerenciamento de projetos aprende mais sobre um projeto, mais esta equipe poderá gerenciar com um nível maior de detalhes.

2.2 Gestão de riscos em Projetos

2.2.1 Sobre riscos

Segundo a Association for Project Management - APM (2000), os fatores de risco estão presentes em todos os projetos, não importando seu tamanho, complexidade, setor comercial ou industrial. Desta forma, os fatores de risco são uma consequência da incerteza e podem causar o insucesso quando os objetivos do projeto não são alcançados.

De acordo com Kendrick (2003), em projetos, um fator de risco pode ser qualquer evento indesejável associado com o trabalho e é o produto de dois fatores: os impactos esperados de um evento e a probabilidade de que o evento possa ocorrer.

O fator de risco é definido pelo PMI (2008) como um evento ou condição incerta que, se acontecer, terá efeito em pelo menos um objetivo do projeto (Escopo, tempo, custos e qualidade). O fator de risco pode ter uma ou mais causas e, se acontecer, deve ter um ou mais impactos.

Loosemore (2006) conceitua fatores de risco como um fenômeno complexo que tem dimensões físicas, monetárias, culturais e sociais. Suas consequências vão além do dano direto a ativos físicos ou financeiros, pessoas ou ecossistemas, para afetar o modo como a sociedade age ou as pessoas pensam.

Desta forma, pode-se entender o fator de risco como um evento que pode acontecer e trazer prejuízos ou benefícios ao projeto, podendo ser encarado como uma oportunidade ou uma ameaça. É importante lembrar que risco e incerteza não devem ser confundidos, pois a incerteza não é quantificável e tem probabilidade subjetiva, enquanto o risco é quantificável e é baseado em dados verídicos.

Loosemore (2006) explica que o fator de risco pode ser entendido como uma relação de probabilidade e consequência, onde um evento pouco provável receberá uma probabilidade próxima a zero, e um evento fortemente provável receberá probabilidade próxima de um.

A APM (2000) cita que a definição comum de risco em Gestão de Projetos é que o risco é a probabilidade de um evento ocorrer multiplicado pelo impacto que ele possa causar.

2.2.2 Gestão de riscos

De acordo com o PMI (2008), o processo de Gestão de Riscos abrange o processo de identificação, avaliação, alocação e gestão de todos os fatores de risco do projeto. Os gerentes de projetos os gerenciam em resposta a incertezas. O objetivo da gestão de riscos é aumentar a probabilidade e impacto de eventos positivos e diminuir a probabilidade e impacto de eventos negativos.

Assim, quando os fatores de risco são devidamente identificados e avaliados, é possível para a equipe de projetos elaborar um plano com as respostas e modo de agir para cada fator de risco conhecido.

De acordo com a APM (2000), o processo de gerir riscos pode ser dividido em dois estágios, Análise de riscos e Gestão de Riscos. Na análise dos fatores de risco, é realizada uma análise qualitativa, focando na identificação e avaliação subjetiva dos fatores de risco e uma análise quantitativa, focando em uma avaliação objetiva dos fatores de risco. No estágio de gestão dos riscos, são formuladas respostas para a gestão dos principais fatores de risco. A gestão dos riscos pode envolver:

- Identificação de medidas preventivas para evitar os fatores de risco ou para reduzir seus efeitos;
- Estabelecimento de planos de contingência para lidar com os fatores de risco, caso eles aconteçam;
- Iniciar novas investigações para reduzir a incerteza através de uma melhor informação;
- Considerar a transferência de risco para as seguradoras;
- Considerar a alocação de risco nos contratos;
- Definir contingências em estimativas de custo.

2.3 Metodologias de Gestão de Risco em Projetos

Na literatura podemos encontrar várias metodologias e guias sobre o gerenciamento de riscos que demonstram formas de lidar com as ameaças e oportunidades que surgem durante o desenvolvimento do projeto. Descrever-se-á, nesse trabalho, as três mais abrangentes e

divulgadas, sendo o PMBoK (2008), a Norma ISO 31000 (2009) e a metodologia SHAMPU (Chapman & Ward, 2003).

2.3.1 Metodologia do PMI

O PMI (2008) divide o gerenciamento de riscos em seis processos, que são:

- Planejamento do gerenciamento de riscos;
- Identificação dos fatores de riscos;
- Análise qualitativa de fatores de riscos;
- Análise quantitativa de fatores de riscos;
- Planejamento de respostas a fatores de riscos e;
- Monitoramento e controle dos fatores de riscos.

O planejamento do gerenciamento de riscos é o processo de definição de como serão conduzidas as atividades de gestão de riscos. Toda a base do gerenciamento será definida nesta etapa, devendo iniciar quando o projeto é concebido e deve ser completada ainda durante o planejamento do projeto.

A identificação dos fatores de risco é o processo de determinação dos fatores de risco que podem afetar o projeto e documentar suas características. É um processo iterativo, pois novos fatores de risco podem evoluir ou se tornar conhecidos durante o progresso do processo em seu ciclo de vida.

A Análise Qualitativa é o processo de priorização dos fatores de riscos para mais análises ou ações através da avaliação e combinação de suas probabilidades de ocorrência e impacto. Esta análise avalia a prioridade dos fatores de risco identificados usando suas probabilidades relativas ou de ocorrência, os correspondentes impactos nos objetivos do projeto caso o fator de risco ocorra, como outros fatores como o tempo de resposta e a tolerância da organização a fatores de risco associados a restrições de custos, prazos, escopo e qualidade.

O PMI (2008) cita diversas técnicas de análise, entre elas:

- Avaliação da probabilidade e impacto dos fatores de risco: Em uma reunião com participantes selecionados, por sua familiaridade com os fatores de risco, estes fatores são avaliados de acordo com sua probabilidade de ocorrência e impacto aos objetivos do projeto. As probabilidades e impactos de cada fator de risco são classificados de acordo com as

definições do plano de gerenciamento e aqueles que receberem alta qualificação são incluídos em uma lista para futuro monitoramento.

- **Matriz de probabilidade e Impacto:** Os fatores de risco são priorizados para mais análises quantitativas de acordo com sua classificação, através da utilização de uma matriz. Esta matriz especifica combinações de probabilidade e impacto, classificando os fatores de risco como de baixa, moderada ou alta prioridade. Um exemplo de probabilidade é demonstrado na figura 2.1.

Matriz de probabilidade e impacto										
Probabilidade	Ameaças					Oportunidades				
0,90	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72	0,72	0,36	0,18	0,09	0,05
0,70	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56	0,56	0,28	0,14	0,07	0,04
0,50	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40	0,40	0,20	0,10	0,05	0,03
0,30	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24	0,24	0,12	0,06	0,03	0,02
0,10	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01
	0,05	0,10	0,20	0,40	0,80	0,80	0,40	0,20	0,10	0,05

Impacto (razão) em um objetivo (por exemplo, custo, tempo, escopo ou qualidade)

Cada risco é classificado de acordo com sua probabilidade de ocorrência e com seu impacto em um objetivo, caso realmente ocorra. Os limites da organização para riscos baixos, moderados ou altos são mostrados na matriz e determinam a classificação do risco como baixo, moderado ou alto em relação a esse objetivo.

Figura 2.1 - Matriz de Probabilidade e Impacto - Fonte PMI (2008)

Segundo Loosemore (2006), a Análise Qualitativa tem a vantagem de ser fácil e rápida de aprender, apresentar logros reais com pouco treinamento e ser ideal para fatores de risco que não podem ser quantificados. Possui também desvantagens como dificuldade ao comparar eventos/riscos com valor monetário similar e associar previsões qualitativas de risco com opções apropriadas para gerenciamento do risco. Os valores atribuídos a diferentes categorias de probabilidade e consequências refletem uma magnitude relativa e não valores absolutos, por isso, os números são inúteis quando não se entende seu significado.

A Análise Quantitativa de fatores de risco é o processo de analisar numericamente o efeito dos fatores de risco que foram priorizados pela Análise Qualitativa como

potencialmente impactantes nos objetivos do projeto. Algumas vezes, não é necessária para desenvolver uma resposta efetiva aos fatores de risco. Como técnicas de análise de informações, o PMI (2008) cita:

- Análise de Sensibilidade;
- Análise da árvore de decisão;
- Análise do valor monetário esperado;
- Modelagem e simulação;
- Julgamento dos Experts.

O planejamento de respostas a fatores de risco é a etapa onde acontece o desenvolvimento de opções para aumentar oportunidades e reduzir ameaças aos objetivos do projeto. Pessoas são escolhidas e a estas é delegada a responsabilidade de lidar com certos tipos de fatores de risco.

O PMI (2008) cita técnicas para lidar com oportunidades e ameaças, demonstradas na tabela 2.1:

Tabela 2.1 - Técnicas para lidar com oportunidades e ameaças.

Tipos de fatores de riscos	Estratégias	Descrição
Riscos negativos e ameaças	Prevenir	Tem como objetivo eliminar totalmente os fatores de risco do projeto. Tal eliminação ocorreria através de mudanças no projeto.
	Transferir	Tem como objetivo deslocar alguns ou todos os impactos negativos, delegando a propriedade de resposta a terceiros.
	Mitigar	Tem como objetivo causar uma redução na probabilidade e/ou impacto do fator de risco de um evento adverso até um limite aceitável.
	Aceitar	Esta estratégia é escolhida quando o gerente do projeto decide lidar com o fator de risco ou não consegue identificar nenhuma outra resposta aceitável.
Riscos positivos e oportunidades:	Explorar	Tem como objetivo eliminar a incerteza de certo risco positivo garantindo que o mesmo realmente ocorra.
	Compartilhar	Tem como objetivo atribuir alguma ou toda a propriedade para um terceiro que seja mais apto a garantir a oportunidade para o projeto.
	Melhorar	Tem como objetivo modificar o “tamanho” de uma oportunidade através do aumento da probabilidade e/ou dos impactos positivos e pela identificação e maximização dos principais acionadores desses fatores de risco de impacto positivo.

O Monitoramento e Controle de fatores de risco é a etapa onde, de acordo com o PMI (2008) acontece a implementação do plano de resposta aos fatores de risco, rastreamento dos fatores de risco já identificados, monitoramento dos fatores de risco residuais, identificação de

novos fatores de risco e avaliação da eficácia do processo de gestão de riscos durante o projeto. As ferramentas e técnicas utilizadas para monitoramento e controle dos fatores de risco são (PMI, 2008):

- Reavaliação de fatores de risco;
- Auditorias de fatores de risco;
- Análise das tendências e da variação;
- Medição do desempenho técnico;
- Análise das reservas;
- Reuniões de andamento.

2.3.2 ISO 31000

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2009), a utilização da gestão de riscos, quando implementada e mantida de acordo com a International Organization for Standardization - ISO 31000, pode possibilitar a uma organização, por exemplo:

- Aumentar a probabilidade de atingir os objetivos;
- Estar atento para a necessidade de identificar e tratar os fatores de risco através de toda a organização;
- Melhorar a identificação de oportunidades e ameaças;
- Atender às normas internacionais e requisitos legais e regulatórios pertinentes;
- Melhorar a confiança das partes interessadas,
- Estabelecer uma base de confiável para a tomada de decisão e o planejamento;
- Alocar e utilizar eficazmente os recursos para o tratamento de fatores de risco;
- Melhorar a prevenção de perdas e gestão de incidentes;
- Minimizar as perdas;
- Melhorar a aprendizagem organizacional;
- Aumentar a resiliência da organização.

Segundo a ISO 31000 (2009), para uma gestão de riscos eficaz, as organizações devem atender aos seguintes princípios:

- a. A gestão de riscos cria e protege valor

- b. A gestão de riscos é parte integrante de todos os processos organizacionais.
- c. A gestão de riscos é parte da tomada de decisões.
- d. A gestão de riscos aborda explicitamente a incerteza.
- e. A gestão de riscos é sistemática, estruturada e oportuna.
- f. A gestão de riscos baseia-se nas melhores informações disponíveis
- g. A gestão de riscos é feita sob medida.
- h. A gestão de riscos considera fatores humanos e culturais.
- i. A gestão de riscos é transparente e inclusiva.
- j. A gestão de riscos é dinâmica, iterativa e capaz de reagir a mudanças.
- k. A gestão de riscos facilita a melhoria da organização.

A Norma ISO 31000 (2009) enfatiza a importância da estrutura de gestão que fornece os fundamentos e os arranjos que irão incorporá-la através de toda a organização para uma gestão de riscos eficaz.

A primeira etapa desta estrutura é o Mandato e comprometimento, onde especifica a importância de um comprometimento forte e sustentado pela administração da organização, assim como um planejamento rigoroso e estratégico.

A segunda etapa é a Concepção da estrutura para gerenciar riscos, onde define o que é preciso para a organização e seu contexto, como uma política de gerenciamento de risco que esclareça os objetivos organizacionais, integração entre os processos organizacionais, ter responsabilidade e autoridade para gerenciar os riscos, recursos que sejam alocados apropriadamente, estabelecimento de comunicação e mecanismos para que as pessoas possam se reportar em ambiente interno e externo.

A terceira etapa é onde ocorre a implementação da gestão de riscos, de acordo com a implementação da estrutura para gerenciar riscos, definindo tempo, estratégia, política e processo de gestão, sessões de informação e treinamentos, e contínua comunicação com as partes interessadas para garantir que a gestão de riscos continue sendo feita de forma correta.

Na quarta etapa, acontece o Monitoramento e análise crítica da estrutura, onde se deve:

- Medir a gestão de desempenhos utilizando indicadores;
- Medir periodicamente o progresso obtido;

- Analisar periodicamente se a política, o plano e a estrutura da gestão de riscos ainda estão apropriados;
- Reportar sobre os fatores de risco;
- Analisar criticamente a eficácia da estrutura da gestão de riscos.

Na quinta etapa, acontece a Melhoria contínua da estrutura, as decisões devem ser tomadas levando em conta como a política, o plano e a estrutura da gestão de riscos podem ser melhorados.

Para o processo de gestão de riscos, a norma ISO 31000 (2009) cita cinco atividades: Comunicação e consulta, Estabelecimento do contexto, Avaliação de riscos, Tratamento dos riscos e Monitoramento e Análise crítica. Estas fases são representadas na figura 2.2.

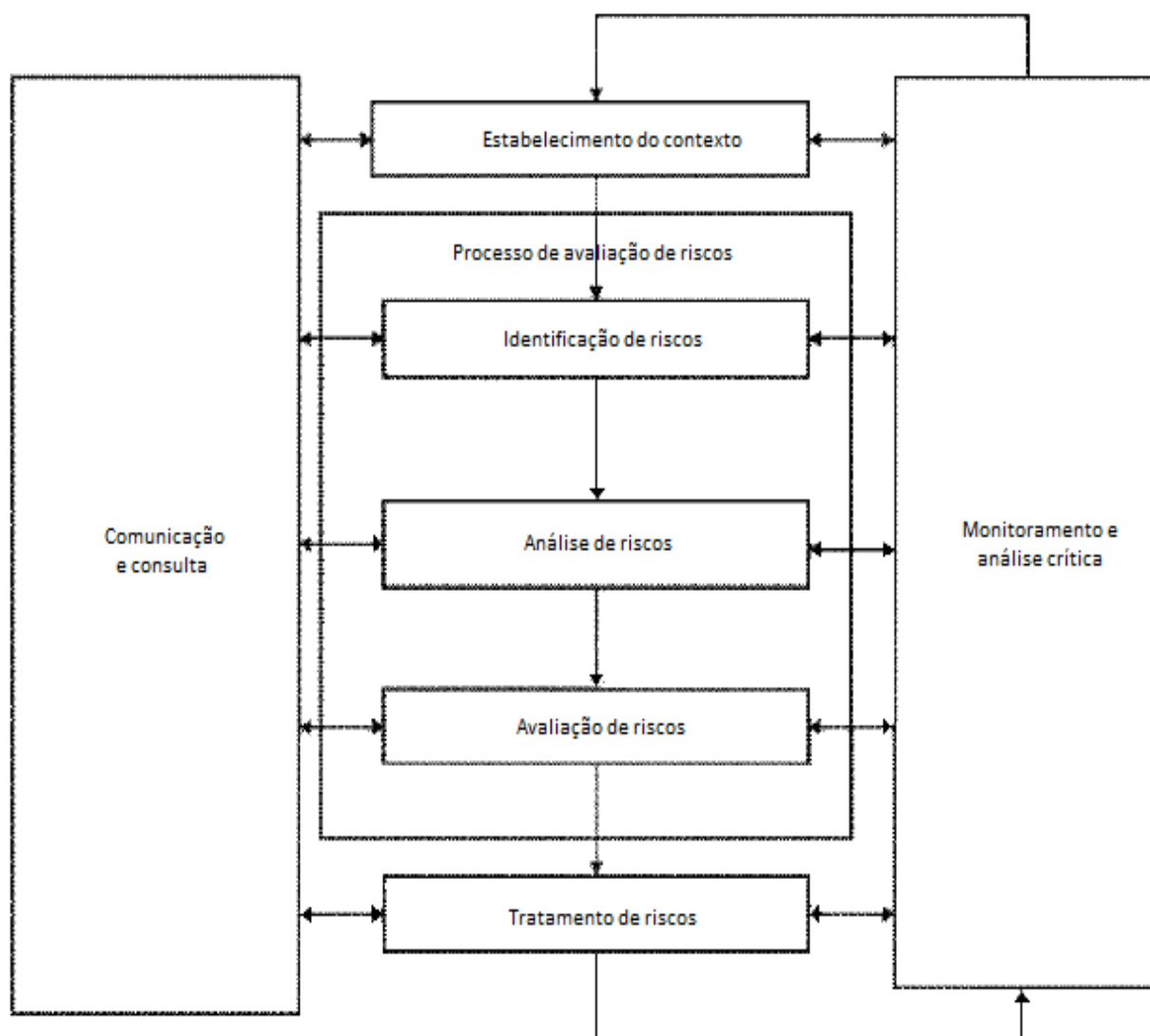


Figura 2.2 - Cinco atividades da gestão de riscos da ISO 31000. Fonte: ISO 31000 (2009).

A primeira atividade, Comunicação e consulta, tem como objetivo fazer com que a comunicação e consulta às partes interessadas, internas e externas, sejam constantes durante o projeto.

Na segunda atividade, Estabelecimento do contexto, a organização define os seus contextos externo e interno a serem levados em conta ao gerenciar os riscos e estabelece o escopo e os critérios dos fatores de risco para o restante do projeto.

A terceira atividade, Processo Avaliação de fatores de risco, refere-se à identificação; análise; e avaliação dos fatores de risco. Nesta, a organização deve:

- Identificar as fontes de fatores de risco, áreas de impactos, eventos e suas possíveis causas e consequências, fornecendo dados de entrada para a análise dos fatores de risco;
- Analisar as decisões a serem tomadas sobre os fatores de risco, formas de tratamento, métodos e estratégias mais adequadas;
- Auxiliar a tomada de decisões com base nos resultados da análise de fatores de risco, priorizando os que precisam de tratamento.

A quarta atividade, Tratamento dos fatores de risco, envolve a seleção de uma ou mais opções para modificar os fatores de risco e a implementação dessas opções. Envolve a seleção das opções de tratamento dos fatores de risco, preparação e implementação dos planos para o tratamento desses fatores.

A última atividade, Monitoramento e Análise crítica, especifica que o monitoramento e a análise crítica sejam planejados como parte do processo de gestão de riscos e envolvam a checagem ou vigilância regulares. Os resultados do monitoramento e da análise crítica devem ser registrados e reportados, externa e internamente, e devem ser usados como entrada para a análise crítica da gestão de riscos.

2.3.3 Abordagem SHAMPU

A abordagem para a gestão de riscos conhecida como SHAMPU (*Shape, Harness and Manage Project Uncertainty*), disseminada por Chris Chapman (2003), está dividida em três partes, segundo a tabela 2.2:

Tabela 2.2 – Fases da metodologia SHAMPU

Definindo o cenário	Elaborando a estrutura de processo genérico	Fechando o ciclo
Incerteza	Definir o projeto	Gestão de risco iniciado em diferentes fases do ciclo de vida do projeto
Risco e seu gerenciamento	Foco	Gestão de risco eficaz e eficiente
Ciclo de vida do projeto	Identificar	Questões de propriedade: Uma perspectiva do contratante
Motivos para o sucesso formal de gerenciamento de risco	Estruturar	Organizar para Gestão de riscos.
Revisão dos processos genéricos do gerenciamento de risco	Propriedade	
	Estimar	
	Avaliar	
	Planejar e Gerenciar.	

Chapman (2003) especifica que o Ciclo de Vida do Projeto tem importância por fornecer uma visão do projeto ao longo do tempo, facilitando a compreensão de como a gestão de riscos deve mudar à medida que o ciclo caminha. Este ciclo de vida é descrito em quatro fases: Conceituação; Planejamento; Execução e Finalização.

A segunda parte da abordagem é dividida em nove fases, sendo estas:

1. Definir o projeto: Consolidar informações relevantes existentes sobre o projeto, em um nível estratégico, em uma estrutura holística e integrada apropriada para a gestão de riscos. Preencher as lacunas descobertas na consolidação do processo e resolver as inconsistências.
2. Foco: Apresentar um plano estratégico e um escopo para a gestão de riscos. Planejar a gestão em um nível operacional.
3. Identificar: Identificar as fontes de incerteza, no nível estratégico, em termos de oportunidades e ameaças. Identificar o que poderia ser feito sobre isso em razão das respostas pró-ativa e reativa. Identificar fontes secundárias de incerteza associadas às respostas.
4. Estrutura: Completar a estruturação das fases anteriores. Testar suposições simplificadas. Proporcionar estruturas mais complexas ou alternativas, quando apropriado.
5. Propriedade: Alocar tanto a responsabilidade gerencial como a financeira para as questões.
6. Estimar: Estimar o tamanho da incerteza que é quantificada de forma útil em um primeiro momento. Em um segundo período, refinar as estimativas de certeza anteriores onde for eficaz e eficiente.

7. Avaliar: Avaliar a dependência estatística (dependência não modelada em uma estrutura causal). Sintetizar os resultados da fase de estimativa utilizando os pressupostos da dependência que são próprios para este propósito. Interpretar os resultados no contexto de todas as fases anteriores. Tomar decisões sobre respostas pró-ativas e reativas, e sobre refinar e redefinir análises anteriores, gerindo a natureza iterativa do processo como um aspecto fundamental dessas tarefas.

8. Planejar: Obter aprovação para planos estratégicos elaborados em fases anteriores, preparar planos de ação detalhados e comprometer-se com planos de projeto que estão prontos para a execução.

9. Gerenciar: Gerenciar os trabalhos planejados. Elaborar planos de ação para a implementação, numa base contínua. Monitorar e controlar. Lidar com as crises e estar preparado para lidar adequadamente com as catástrofes. A figura 2.3 ilustra o relacionamento destas fases.

A parte final desta abordagem, Fechando o Ciclo, aborda casos especiais dos pressupostos apresentados anteriormente, continuando com a preocupação com o projeto e a operação de um processo de gestão de riscos eficaz e eficiente.

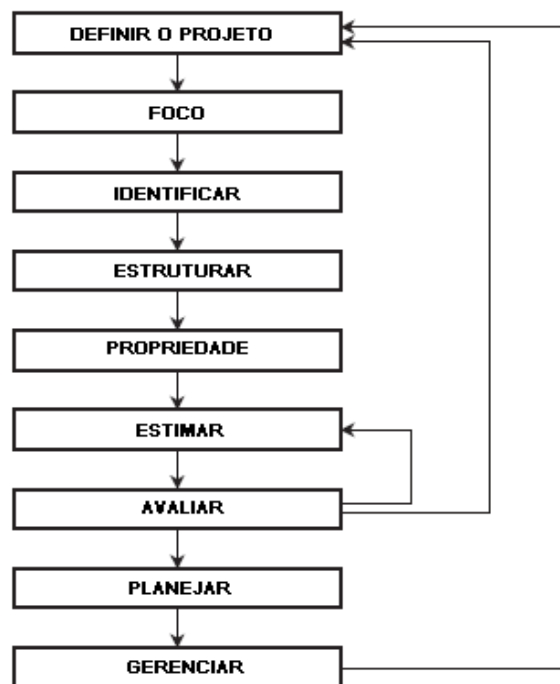


Figura 2.3- Fases do processo de elaboração da estrutura do processo genérico. Adaptado de Chapman (2003)

Na metodologia a ser proposta para auxiliar a priorização dos fatores de risco, será utilizada a Teoria dos conjuntos *Fuzzy* como forma de quantificar julgamentos subjetivos dos

decisores em variáveis que possibilitem a ordenação dos fatores de riscos. Esta teoria será abordada a seguir.

2.4 Teoria dos conjuntos *Fuzzy*

Segundo Zadeh (1965), a lógica *Fuzzy* tem como objetivo modelar de forma aproximada o raciocínio humano, imitando a habilidade de tomar decisões racionais em um ambiente de incerteza. A teoria dos conjuntos *Fuzzy* foi desenvolvida por Lotfi A. Zadeh, em 1965, com o objetivo de fornecer um ferramental matemático para o tratamento de informações de caráter impreciso ou vago. Sua utilização tem se expandido muito, inclusive na área de gestão de riscos. Sua principal característica é dar um tratamento matemático a certos termos lingüísticos subjetivos, como: “aproximadamente”, “em torno de”, “pouco baixo” dentre outros, diferente da lógica clássica, onde os predicados são termos exatos como: “igual a”, “maior que”, “ímpar” dentre outros.

Segundo Gungor & Arikan (2000), uma das principais razões para a existência de incertezas é a ausência de dados. A análise *fuzzy* não exige dados quantitativos dos decisores, podendo as performances ser definidas em termos lingüísticos como “ruim”, “bom” e “muito bom”. Desta forma, a avaliação lingüística pode ser uma ferramenta facilitadora para obtenção de diversos tipos de avaliações, pois será mais simples para o decisor utilizá-la em vez de definir números precisos.

De acordo com a teoria *fuzzy*, o comportamento *fuzzy* tem a ver como fato de o elemento poder apresentar certo grau de pertinência a uma classe, considerando este grau de pertinência como sendo uma pertinência intermediária entre a não pertinência e a pertinência total. Ou seja, esta pertinência transita entre o estado de pertinência e não pertinência de um elemento a um determinado conjunto (Bellman e Zadeh, 1970).

Um conjunto *fuzzy* A definido no universo de discurso X é caracterizado por uma função de pertinência μ_A (2.1), a qual mapeia os elementos de X para o intervalo $[0,1]$.

$$\mu_{A:X} \rightarrow [0,1] \quad (2.1)$$

Onde:

$$\mu_{A(X)} : x \rightarrow [0,1]$$

$$\mu_{A(X)} = 0$$

$$0 < \mu_{A(X)} < 1$$

$$\mu_{A(X)} = 1$$

2.4.1 Números triangulares fuzzy

Os números *fuzzy* triangulares podem ser parametrizados pela tripla (a, b, c) e sua função de pertinência particular pode ser visualizada por meio da Equação 2.2 . A função é triangular e as variáveis a, b e c são parâmetros da função.

$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & \text{se } x \in [a, b) \\ \frac{c-x}{c-b} & \text{se } x \in [b, c] \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (2.2)$$

O valor $\mu_{A(x)}$ representa o grau de pertinência de um elemento x em um subconjunto *fuzzy* A para cada x em X, ou seja, o elemento x pode assumir três estados: x é dito pertencente a A se $\mu_{A(x)} = 1$, x não pertence a A se $\mu_{A(x)} = 0$ e x está em A com grau de pertinência $\mu_{A(x)}$ se $0 < \mu_{A(x)} < 1$.

2.4.2 Função de pertinência triangular

Segundo Simões (2007), uma função de pertinência *fuzzy* representa os aspectos fundamentais de todas as ações teóricas e práticas de um sistema *fuzzy*. Uma função *fuzzy* é uma função numérica gráfica, ou tabulada, que atribui valores de pertinência *fuzzy* para valores discretos de uma variável.

Existem diversos tipos de função de pertinência, sendo a utilizada neste estudo a função de pertinência triangular. O uso deste tipo de função deve-se à maior facilidade para compreensão subjetiva por parte dos decisores e por simplificar os cálculos realizados. Shaw & Simões (2007) afirma que um fator que afeta a precisão é o grau de superposição entre as funções de pertinência *fuzzy*, podendo ser no mínimo de 25% e no máximo de 75%, sendo 50% um valor razoável. Neste estudo de caso utilizaremos um grau de superposição de 50% entre as funções de pertinência triangular. Cujo exemplo triangular é demonstrado na figura 2.4.

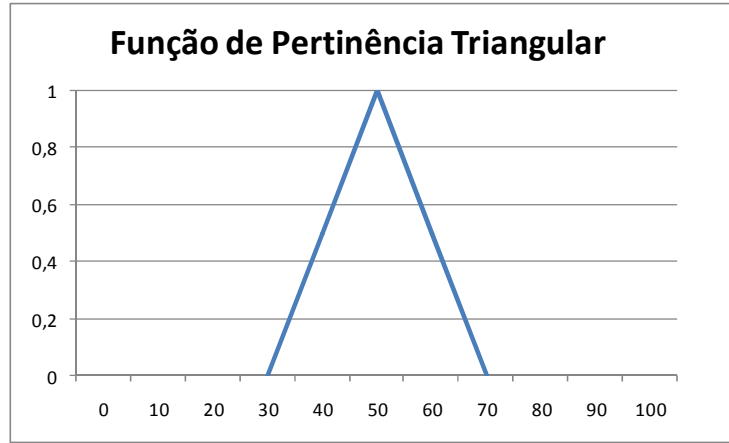


Figura 2.4 - Função Pertinência Triangular

2.4.3 Operações entre números *Fuzzy*

Sendo a definição comum de fator de risco em Gestão de Projetos a probabilidade de um evento ocorrer multiplicado pelo impacto que ele possa causar (APM BOK, 2000), torna-se necessário a utilização de um procedimento para realizar a multiplicação entre os números triangulares *fuzzy*.

Segundo Nieto & Ruz (2011), pelo princípio da extensão de Zadeh, o produto de dois números *fuzzy* trapezoidais pode ser calculado pela fórmula operacional 2.3.

$$A_1 \otimes A_2 \approx (a_1 \times a_2, b_1 \times b_2, c_1 \times c_2, d_1 \times d_2) \quad (2.3)$$

A_1 = Número triangular *fuzzy* 1

A_2 = Número triangular *fuzzy* 1

Ainda segundo Nieto & Ruz (2011), um número trapezoidal *fuzzy* onde $b = c$ é um número triangular *fuzzy*. Desta forma, podemos utilizar a fórmula operacional 2.4 para calcular o produto aproximado entre números triangulares *fuzzy* (TFN).

$$A_1 \otimes A_2 \approx (a_1 \times a_2, b_1 \times b_2, c_1 \times c_2) \quad (2.4)$$

Para realizar a divisão entre os números triangulares fuzzy, Mahanta (2010) indica o uso da equação 2.5.

$$A_1 \div A_2 \approx (a_1/c_2, b_1/b_2, c_1/a_2) \quad (2.5)$$

2.4.4 Etapas do raciocínio fuzzy

O projeto da função de pertinência pode ser dividido em dois métodos de transformação, a fuzzificação e a defuzzificação.

Segundo Simões (2007), o processo de fuzzificação é uma espécie de pré-processamento de categorias ou classes de sinais de entrada, reduzindo significativamente o número de valores a serem processados. Através do processo de fuzzificação, um único valor discreto de uma variável pode ser convertido em um conjunto *fuzzy*, consistindo de um número de elementos igual à quantidade de funções de pertinência usadas. Este conjunto de valores *fuzzy* é conhecido como vetores de possibilidades.

Na defuzzificação, o valor da variável linguística de saída inferida pelas regras *fuzzy* será traduzido num valor discreto. Simões (2007) afirma que o objetivo é obter um único valor numérico discreto que melhor represente aos valores inferidos da variável linguística de saída, ou seja, a distribuição de possibilidades.

O método fuzzy Mean and Spread (Lee & Li, 1988) foi adotado para defuzzificar e indicar a prioridade dos números fuzzy. Este método classifica os números fuzzy pela média das probabilidades dos eventos fuzzy, assumindo que U_i é um TFN (l, m, u) com uma distribuição uniforme. A sua média $x(U_i)$ é definida segundo a fórmula 2.6.

$$x(U_i) = (l + m + u)/3 \quad (2.6).$$

2.5 AHP (Analytic Hierarchy Process)

A metodologia AHP (Analytic Hierarchy Process), utilizada na metodologia proposta no presente trabalho, é utilizada como forma de obter uma avaliação global dos diversos fatores de risco, embora a sua vasta utilização tenha sido no âmbito de problemas de decisão multicritério. Desta forma, o uso do AHP neste estudo é importante para apoiar o gestor a

realizar uma comparação global entre os fatores de risco identificados em um projeto de geração de energia eólica. Esta priorização é realizada com base na importância relativa entre os fatores de risco.

O fundamento do método de análise hierárquica, o AHP, é a decomposição e síntese das relações entre os critérios até que se chegue a uma priorização dos seus indicadores, aproximando-se de uma melhor resposta de medição única de desempenho (Saaty, 1991). Desta forma, pode-se afirmar que a principal ideia da teoria da análise hierárquica introduzida é a redução do estudo de sistemas a uma sequência de comparações aos pares.

Segundo Saaty (1991), a determinação das prioridades dos fatores mais baixos com relação ao objetivo reduz-se a uma sequência de comparação por pares, com relações de feedback, ou não, entre os níveis. Essa foi a forma racional encontrada para lidar com os julgamentos. Através dessas comparações por pares, as prioridades calculadas pelo AHP capturam medidas subjetivas e objetivas e demonstram a intensidade de domínio de um critério sobre o outro ou de uma alternativa sobre a outra.

O método AHP divide o problema geral em avaliações de menor importância, enquanto mantém, ao mesmo tempo, a participação desses problemas menores na decisão global. Para calcular a importância relativa entre as alternativas, o AHP utiliza a escala demonstrada na tabela 2.3.

O julgamento reflete as respostas de duas perguntas: qual dos dois elementos é mais importante com respeito a um critério de nível superior, e com que intensidade, usando a escala de 1-9, da Tabela 2.3.

Tabela 2.3 - Comparações do AHP. Fonte: Saaty (1991)

Importância	Definição	Significado
1	Mesma importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra; sua dominação de importância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de relação à outra com o mais alto grau de certeza.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre os valores	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

A seguir é demonstrado o exemplo do preenchimento da matriz de julgamentos de acordo com o método AHP, na tabela 2.4.

Tabela 2.4 - Exemplo de matriz de comparação par a par

Alternativas	A	B	C	D
A	1	5	6	7
B	1/5	1	4	6
C	1/6	1/4	1	4
D	1/7	1/6	1/4	1

Podem-se definir os seguintes passos para a aplicação do AHP:

- 1- Definir qual problema a ser estudado.
- 2- Decompor o problema desestruturado em hierarquias sistemáticas, do topo (objetivo geral) para o último nível (fatores mais específicos, usualmente as alternativas).
- 3- Construir uma matriz de comparação paritária entre os elementos do nível inferior e os do nível imediatamente acima.
- 4- Fazer os julgamentos para completar as matrizes. Para isso, são necessários $n(n-1)/2$ julgamentos para uma matriz $n \times n$, sendo n o número de linhas e colunas.
- 5- Calcular o índice de consistência (IC), segundo a fórmula 2.7. Se não for satisfatório, refazer julgamentos.

$$\text{I.C.} = \text{Índice de Consistência} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2.7)$$

$$\lambda_{\max} = \text{média do vetor } \frac{A_w}{w} \quad (2.8)$$

Caso o índice de consistência seja menor do que 0.1 há consistência para prosseguir com os cálculos do AHP. Sendo maior do que 0.1 recomenda-se que os julgamentos sejam refeitos.

Segundo Saaty (1991), deve-se calcular a Razão de Consistência, que considera o IC e o Índice Randômico (IR), variando com o tamanho n da amostra e propõe uma tabela com os índices randômicos (IR) de matrizes de ordem 1 a 15 calculados em laboratório, conforme exibido na tabela 2.5.

$$\text{Razão de Consistência} = \frac{IC}{\text{Índice Randômico IR para } n} \quad (2.9)$$

Tabela 2.5 Índice Randômico Médio do AHP. Fonte: Saaty (1991)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

- 6- Analisar as matrizes para estabelecer as prioridades locais e globais, comparar as alternativas e selecionar opção que obtiver a maior pontuação.

2.6 REVISÃO DA LITERATURA

O tema gestão de riscos em projetos é bastante debatido por diversos autores em diferentes contextos. Nesta seção do presente trabalho é realizada uma revisão da literatura onde serão apresentados diversos trabalhos sobre gestão de riscos em projetos abordando a importância da gestão de riscos, os diversos métodos existentes e comparações entre os mesmos, assim como as formas de uso da gestão de riscos e seus benefícios. Vários modelos foram propostos para lidar com a gestão do risco em setores como tecnologia da informação, construção e outras diversas áreas.

2.6.1 A importância da utilização de metodologias de gestão de risco

Ahmed (2007) aborda a norma AN/NZS 4360:2004 e diversas técnicas de gestão de riscos utilizadas no processo, como técnicas de identificação de fatores de risco e de análise de fatores de risco. Segundo ele, o gerenciamento de riscos em projetos tem se esforçado para complementar as práticas de gerenciamento de projeto através da investigação em detalhes da estrutura do projeto, do ambiente organizacional, do ambiente externo, de produtos, processos e procedimentos. Além disso, a gestão de riscos complementa o conhecimento existente com as lições aprendidas, melhores práticas de negócios e estudos de casos, de tal forma que quando eventos de riscos acontecem, planos de mitigação de fatores de risco já estão em vigor.

Souza (2010) faz uma análise dos diversos softwares utilizados para o processo de gestão de riscos, e conclui que a metodologia do PMI é mais recomendada para este tipo de utilização que outras estudadas, tendo apenas que explicitar a atividade de comunicação de riscos, a qual pode se basear na norma AN/NZS 4360:2004.

Zwikael & Ahn (2011) realizaram uma pesquisa em três países (Nova Zelândia, Israel e Japão) com 701 profissionais de projetos e concluíram que até mesmo as mais simplificadas formas de gestão de risco são suficientes para contribuir na redução dos efeitos negativos dos fatores de risco no sucesso dos projetos.

Raz (2001) fez uma pesquisa entre gerentes de projeto para listar os processos mais utilizados e de maior eficiência. Utilizando uma metodologia de benchmarking, ele analisou as diversas ferramentas que estão associadas com gerenciamento de projetos bem sucedidos em geral e com a gestão de projetos de risco eficaz em particular.

Kayis (2007) faz um estudo sobre mitigação de fatores de risco e apresenta um modelo desenvolvido para quantificar potenciais fatores de risco em todos os estágios da vida do projeto. Sua metodologia, chamada de IRMAS (Intelligent Risk Mapping and Assessment System), mapeia e armazena todos os fatores de risco relacionados à organização, projeto, produto e processo durante todo o ciclo de vida do projeto, abrangendo toda a empresa.

Olsson (2007) discute a importância do desenvolvimento de metodologias para gestão de riscos em portfólios e projetos. Ele identifica as diferenças entre gestão de riscos em um único projeto e em um conjunto destes e propõe uma metodologia para a gestão dos riscos em um ambiente de mais de um projeto.

Papadaki (2010) enfatiza a importância de que a gestão de riscos não seja apenas vista como uma ferramenta importante pela alta gerência, mas que esta saiba utilizar as informações geradas pelo processo de gestão de risco. Enfatiza também que os níveis mais baixos da organização tenham a percepção de que a gestão de risco deve ser utilizada e que traz grandes benefícios.

É importante a percepção para os profissionais envolvidos em gestão de projetos de que utilizar uma metodologia de gestão de riscos auxilia no alcance de todos os objetivos traçados, podendo a mesma mitigar muitos fatores de risco antes mesmo que estes venham a acontecer.

2.6.2 Metodologias para gestão de fatores de risco

Diversas metodologias são abordadas, com diversas críticas aos seus preceitos e processos. Chapman & Ward (2000) analisam a gestão de riscos e enfatizam que sistemas que são baseados em matrizes de P-I (probabilidade-impacto) devem ser utilizados com cuidado, por fornecerem poucas informações e o processo de apenas classificar os fatores de risco por valores obtidos nestas matrizes é substancialmente limitado. O processo de estimação dos fatores de risco, baseado na matriz de P-I gera uma incerteza desnecessária, devido ao excesso

de simplificações. Eles afirmam que a importância dos fatores de risco está em outros fatores além da probabilidade e do impacto. Como alternativa às abordagens baseadas na matriz probabilidade-impacto, eles propõem uma abordagem "minimalista" de seis passos para estimar a incerteza. Chapman & Ward (2003) também enfatizam a necessidade da mudança de foco de Gestão do Risco para uma visão focada na Gestão da Incerteza, isso porque o termo "risco" tornou-se associado com "eventos" em vez de fontes mais gerais de significativa incerteza.

Cornford (2003) apresenta uma integração de duas metodologias, a Defect Detection and Prevention (DDP) desenvolvida pela NASA para fases iniciais de vida dos projetos e a metodologia "Probabilistic Risk Assessment" (PRA). Utilizando ambas em um mesmo estudo de caso, apresenta uma visão de como integrar estas metodologias para fazer a gestão de riscos mais completa e eficaz em todo o tempo de vida do projeto.

Malchaire (2006) apresenta a estratégia SOBANE (Screening, Observation, Analysis and Expertise) para prevenir e gerir os fatores de risco associados à exposição de trabalhadores expostos ao efeito da vibração. Esta metodologia é dividida em quatro fases e enfatiza a importância de um profissional experiente para acompanhar todo o processo de análise e mitigação.

Hacura (2001) utiliza a metodologia Monte Carlo para fazer a análise de fatores de risco em projetos de investimentos. Esta metodologia trabalha com o processo de escolha ou rejeição de um projeto baseado no valor presente líquido e na escolha entre projetos baseada no maior valor presente líquido.

Baccarini & Archer (2001) demonstram uma metodologia utilizada pelo Departamento de Contratos e Gestão de Serviços na Austrália, que classifica os projetos com base em uma metodologia que utiliza o modelo de probabilidade – impacto, calculando pontuações para os fatores de risco em cada projeto. Esta metodologia se demonstra por demasiado simplista, visto que usa uma média das probabilidades e dos impactos de um determinado fator de risco no custo, tempo e qualidade do projeto, para em seguida realizar uma multiplicação e obter uma pontuação, sendo a maior pontuação o fator de risco que mais ameaça o projeto como um todo.

Zhang (2007) demonstra as limitações do modelo de gestão de risco baseado na matriz Probabilidade-Impacto afirmando que, uma vez que um evento de risco aconteça, ocorrerão interações entre o evento e todo o sistema do projeto, determinando desta forma as possíveis consequências.

Jannadi & Almishari (2003) tentam avaliar o fator de risco ligado a projetos de construção, modelando o Fator de risco pela probabilidade, gravidade do impacto e exposição para todos os fatores de risco atrelados aos projetos de construção e desenvolvem um software para gerar esta classificação de riscos. Da mesma forma, Cagno (2007) utiliza um modelo de matriz de P-I para quantificar o fator de risco alocado a cada parte do projeto identificando as fontes de incerteza, atividades afetadas entre outros. Eles tentam melhorar a modelagem do fator de risco através do conceito de “controlabilidade”, que é uma razão entre os impactos esperados dos fatores de risco antes e após a aplicação de ações de mitigação destes fatores de risco.

Han (2008) apresenta um modelo de fatores de risco em três dimensões: Significância, Impacto e Probabilidade. Segundo eles, a “significância do risco” é um grau onde um profissional especializado pode sentir o risco de forma intuitiva, e ter uma visão geral do mesmo e das dificuldades de obter informações e utilizar habilidades para gerir tais fatores de risco. Como resultado final da atividade de gestão de riscos, mencionam uma classificação dos fatores de risco por suas pontuações, mas não especificam um método de avaliar o nível dos fatores de risco dos projetos.

Cioffi & Khamooshi (2009) desenvolveram um método onde se combinam os impactos dos fatores de risco para estimar o impacto global, dado um determinado nível de confiança. O fator de risco é modelado através do uso da matriz de P-I e da teoria da probabilidade.

Muitos autores utilizam metodologias de decisão multicritério, como Dikmen & Birgonul (2006), que utilizaram a metodologia AHP para calcular o nível geral de risco de cada projeto multiplicando o impacto relativo à probabilidade relativa de cada fator de risco e, em seguida, somaram as pontuações, criando uma classificação relativa de fatores de risco. Hsueh (2007) utilizou AHP e Teoria da Utilidade para construir um modelo Multicritério de avaliação de fatores de risco, não construindo uma ferramenta em si, mas desenvolvendo a idéia de que os tomadores de decisão são capazes de fazer julgamentos: quanto maior o valor da utilidade esperada, menor o risco geral do projeto.

Hastak & Shaked (2000) utilizaram o método AHP para avaliar projetos de construção com os fatores de risco modelados através de uma matriz P-I, oferecendo uma metodologia simplista para avaliação dos fatores de risco e utilizando uma escala pré-determinada de 0 a 100 para esta avaliação. Zayed (2008) utilizou o AHP para atribuir pesos aos fatores de risco antes de calcular o nível de risco do projeto, sendo este definido com a soma dos efeitos balanceados dos fatores de risco. Esta metodologia tem como problema o fato de ignorar a

interdependência entre os fatores de risco. Dey (2002) utiliza a metodologia AHP para analisar as probabilidades de ocorrência dos fatores de risco e desenvolve uma árvore de decisão para através de análises estatísticas definir as melhores formas de lidar com os fatores de risco de um projeto de um oleoduto na Índia.

Figueiredo e Oliveira (2009) propõem a utilização do método de decisão multicritério Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation (MACBETH) para os projetos de usinas em construção e/ou comissionamento da empresa multinacional ALSTOM Power. A ALSTOM utilizava a metodologia Probability Impact Diagram (PID) e após o estudo de caso, os autores argumentam que a utilização do MACBETH gerou uma ordenação mais próxima das preferências dos tomadores de decisão.

Tuysuz & Kahraman (2006) afirmam que a avaliação dos fatores de risco em um projeto deve ser feita através do uso de um dos métodos de avaliação multicritério devido à natureza multidimensional dos fatores de risco, permitindo aos tomadores de decisão efetuar comparações e julgamentos entre os fatores de risco.

Tah & Car (2001) utilizam a Teoria dos conjuntos *Fuzzy* (FST) para desenvolver um modelo de avaliação qualitativa dos fatores de risco, no qual incorpora variáveis linguísticas para avaliar a probabilidade e impacto dos fatores de risco e a interdependência entre fatores de risco diversos.

Zeng (2007) tentou utilizar FST com o AHP para avaliar fatores de risco. O AHP foi utilizado para estruturar e avaliar diversos fatores de risco e o FST utilizado para lidar com as avaliações subjetivas. Zou & Zhang & Wang (2007) criaram uma abordagem chamada “*Fuzzy-AHP*” utilizando uma combinação destas duas metodologias, porém, o resultado final não conseguiu ultrapassar as limitações destas metodologias quando utilizadas em separado. Choi (2004) também desenvolveu um modelo para avaliar incerteza baseado na FST, que pode considerar incerteza como probabilidades objetivas e julgamentos subjetivos, probabilidades ou variáveis linguísticas, tudo dependendo das informações disponíveis.

Poh & Tah (2006) utilizaram uma rede de influências para conhecer as interdependências entre os fatores que afetam a duração e o custo de atividades de construção. Thomas (2006) utilizou uma Fault Tree para modelar diferentes cenários de risco, utilizando variáveis linguísticas para avaliar a probabilidade e o impacto do fator de risco. Foram utilizadas também as opiniões de diversos especialistas para tentar melhorar a avaliação dos fatores de risco, ficando este método conhecido como *Fuzzy-Delphi*. Lazzerini (2011) propõe o uso da metodologia Extended *Fuzzy Cognitive Maps* (E-FCMs) para analisar as relações

entre fatores de risco e riscos, e adotar uma abordagem pessimista para avaliar o risco global de um sistema ou um projeto.

Dikmen (2007) propõe uma metodologia de avaliação de fatores de risco difusa para avaliar os riscos de custos excedentes em projetos internacionais de construção. Neste estudo ele introduz o conceito de controlabilidade e gerenciamento. Dikmen & Birgonul (2006) argumentam que é importante levar em conta a capacidade das empresas de gerir os fatores de risco durante a modelagem da gestão destes fatores de risco, ou seja, quanto maior a experiência da empresa, melhor será a influencia deste fator na gestão dos riscos. Eles propõem também uma metodologia para a quantificação de fatores de risco e oportunidades associadas a projetos internacionais utilizando AHP, através do qual o tomador de decisão pode comparar o projeto com outras opções de projetos alternativos e escolher o que achar mais atrativo.

Baloi & Price (2003) utilizam uma *fuzzy decision framework* para ajudar a lidar com fatores de riscos globais que afetam os custos e desempenho de projetos de construção, no nível de projeto, e concluem que a Teoria dos Conjuntos *fuzzy* é uma tecnologia viável para a modelagem, avaliação e gestão de riscos.

Badreddine (2009) propõe a implementação de um Sistema de Gestão de qualidade, Segurança e Meio Ambiente, no qual é proposta uma abordagem multi-objetivo de gestão de risco através da utilização de diagramas de influência multi-objetivo, que são uma extensão das redes Bayesianas, capazes de fornecer as melhores soluções ao mesmo tempo em que maximizam a função utilidade dos tomadores de decisão. Nyfjord & Kajko (2007) realizaram uma comparação entre o PMBoK, o Software Risk Evaluation Method e a IEEE 1540 Standard for Software Lifecycle Processes - Risk Management com o objetivo de encontrar processos em comum entre os métodos e os modelos de Agile Process, chegando à conclusão que o fator de risco como oportunidade é melhor avaliado em modelos de Agile Process e que entre outras coisas, os modelos de gestão de riscos dão maior suporte para classificar e avaliar os riscos.

Nieto (2011) propõe uma metodologia para priorização de fatores de risco utilizando a teoria dos conjuntos fuzzy para quantificar a análise subjetiva dos decisores e desenvolve um fator para reajustar a escala do impacto dos fatores de riscos utilizando o AHP.

Figini (2010) propõe uma metodologia na qual ocorre a fusão das classificações de fator de risco operacional e fator de risco financeiro para obter uma medição integrada dos fatores de risco.

Pode-se observar que diversas metodologias têm sido desenvolvidas, algumas utilizam metodologias de decisão multicritério, enquanto outras utilizam a teoria dos conjuntos fuzzy em conjunto com outras metodologias. Todas estas, porém, procuram uma forma mais completa e eficaz de analisar e gerir os fatores de risco.

Na maioria dos modelos propostos encontrados na literatura analisada, pode-se afirmar que o foco da análise da gestão de riscos é na identificação e priorização dos fatores de riscos, havendo desta forma, uma escassez de metodologias que priorizem elaborar propostas de ação para auxiliar a gestão dos fatores de riscos.

2.6.3 Análise de riscos em Energia Eólica

A literatura sobre análise da incerteza dos ventos se divide em duas linhas, uma focando na incerteza da produção de energia eólica e outra na viabilidade econômica. Com relação à incerteza na produção de energia eólica, Kwon (2010) elaborou um procedimento numérico para avaliar a incerteza causada pela variabilidade do vento e do desempenho de energia usando modelos de probabilidade com o objetivo de avaliar o fator de risco de desvios de potência. Tindal (2007) comparou a produção de energia anual prevista com a produção de energia real. Seu conjunto de dados incluiu 510 parques eólicos em toda a Europa e nos EUA. Ele mostrou que a potência real de vento é 93,3% da produção prevista de energia eólica. Segundo o autor, um dos principais motivos para este desvio é a qualidade bastante pobre das medições de velocidade do vento que foram realizados antes da instalação de turbinas eólicas.

Diversos autores (Keyhani, 2010; Ramachandra, 2005; Rehman, 2003; Arslan, 2010) têm analisado estatisticamente os dados de velocidade do vento através da avaliação do potencial energético do vento em uma determinada região. Nestes estudos, o potencial econômico e lucratividade foram identificados através da aplicação de métodos tradicionais de análise financeira como a abordagem de Valor Presente Líquido, a Taxa Interna de Retorno ou a abordagem de Análise de Custos do Ciclo de Vida.

Morthorst (1999), por exemplo, analisou se existe uma relação entre a rentabilidade esperada de uma turbina eólica e o aumento anual da capacidade instalada na Dinamarca. Ele usou a taxa interna de retorno como uma forma para medir a rentabilidade. Kaldellis & Gavras (2000) realizaram uma análise de sensibilidade, com o objetivo de mostrar o impacto dos diferentes parâmetros sobre a viabilidade econômica e atratividade de uma usina de energia eólica.

Montes & Martin (2007) argumentam que métodos de simulação estatística devem ser usados para explicar e avaliar o risco econômico resultante da variação na velocidade do vento. Alguns autores analisaram o potencial de energia eólica de um local específico usando simulações de Monte Carlo para prever a velocidade do vento ou usando dados de medição de velocidade do vento diretamente, caso existam dados de medição suficientes e disponíveis. No entanto, as simulações Monte Carlo requerem suposições com respeito à distribuição das velocidades do vento. Consequentemente, Carta (2009) concluiu que nem todo regime de vento pode ser descrito com precisão através de distribuições de probabilidade conhecidas.

2.7 Modelo proposto por Nieto & Ruz

O modelo proposto por Nieto & Ruz (2011) recomenda uma priorização de fatores de risco utilizando variáveis linguísticas e funções trapezoidais fuzzy, junto com o uso do AHP. O fator de risco global é calculado através da possibilidade de ocorrência do risco, do impacto do risco e do fator de discriminação do risco.

Para alcançar seu objetivo, seguem os seguintes passos:

1. Estabelecer um grupo para a avaliação do risco – Neste passo é determinado um grupo de especialistas para realizar a análise dos fatores de riscos. Identificar as fontes de risco;
2. Construir a estrutura hierárquica de riscos – Através de dinâmicas de grupo, são determinadas as fontes de risco e os fatores de risco que podem dificultar o alcance dos objetivos gerais do projeto;
3. Definição da função do fator de risco e medição das variáveis - Através da análise subjetiva, o grupo escolhido para avaliar os fatores de risco determina os valores para cada fator de risco através de uma escala de variáveis linguísticas que é transformada em funções trapezoidais fuzzy. Desta forma, é calculada, para cada fator de risco a possibilidade de ocorrência e impacto. Utilizando um processo de cálculo baseado no AHP, é determinada a discriminação do risco para cada fator de risco. De posse destas três informações, o grupo calcula o número fuzzy que determina o fator de risco global para cada fator de risco;
4. Passo de inferência fuzzy – Através do processo de defuzzificação é determinada uma variável discreta utilizada para a priorização dos fatores de risco.

2.8 Modelos encontrados na revisão bibliográfica

No estudo realizado, foram encontradas diversas metodologias propostas para a gestão de riscos em projetos, além das mais utilizadas pelas empresas, como a metodologia do PMI ou a ISO 9001. Entre as metodologias encontradas, podemos citar a SOBANE, que foi utilizada para prevenir e gerir os riscos dos trabalhadores expostos à vibração e a Monte Carlo, utilizada para realizar análise de riscos em projetos de investimentos, através da análise baseada no valor presente líquido. Outros modelos utilizam a matriz de probabilidade x impacto associada com a teoria da probabilidade ou metodologias de decisão multicritério como AHP, MACBETH ou a teoria da utilidade. Foram encontrados também diversos modelos baseados na teoria dos conjuntos fuzzy em conjunto com metodologias multicritério e também com a metodologia DELPHI.

Neste contexto, a metodologia apresentada por Nieto & Ruz (2011) foi adaptada para o estudo de caso proposto. A presente metodologia tem o intuito de gerar uma priorização de fatores de riscos em um projeto de um parque de geração de energia eólica.

Cabe ressaltar que o presente trabalho não propõe um modelo de análise de riscos em projetos e sim, uma avaliação preliminar dos fatores de risco identificados em um projeto, de maneira global e levando em consideração a subjetividade do processo de avaliação.

Desta forma, após a revisão da literatura realizada pode-se concluir que a maioria dos modelos e estudos baseia-se em aspectos técnicos, seja na análise da velocidade do vento e consequentemente na incerteza da produção de energia eólica ou na viabilidade econômica do empreendimento. Existe uma carência de trabalhos com foco gerencial dos empreendimentos, listando os possíveis fatores de risco de acordo com sua prioridade de ação e até indicando possíveis ações para os fatores listados.

3 GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

Este capítulo apresenta dados sobre o cenário eólico no Brasil e no mundo, os impactos da geração de energia eólica no meio ambiente (socioambientais), as características da área onde a Central Geradora de Energia Eólica (CGE) será construída e aspectos gerais sobre um parque eólico.

3.1 Cenário Eólico no Brasil e no mundo

Segundo Soccol (2010), um dos fatores que mais estimularam o desenvolvimento da energia eólica, entre outras fontes de energia alternativas ao petróleo e seus derivados, foi a crise mundial de óleo do anos 1970. A energia eólica, por ser renovável, limpa e disponível, se tornou uma opção para a produção de energia elétrica. Sua utilização é baseada na transformação de energia cinética proveniente do vento, em energia mecânica através do uso de um rotor aerodinâmico, para posteriormente, esta energia mecânica ser transformada em potencial elétrico através do uso de um gerador elétrico. Segundo Garcia (2004), a energia cinética pode ser dimensionada de acordo com a velocidade e quantidade de vento. Em condições atmosféricas normais, a massa de vento não varia significativamente, sendo então a força do vento proporcional essencialmente ao cubo de sua velocidade. Contudo, nem todos os lugares apresentam o mesmo potencial para geração de energia eólica.

Segundo Gass (2011), a energia eólica foi a fonte de energia renovável de crescimento mais rápido e a mais promissora em termos de rentabilidade da última década em toda a União Europeia. A capacidade instalada deste tipo de energia cresceu de 814 MW em 1996 para 10.163 MW em 2009, tendo neste ano, cerca de 13 bilhões de Euros investidos em geração de Energia Eólica. O percentual do consumo Europeu de energia oriundo da geração eólica é de aproximadamente 5,4%, tendo como meta para 2012 o aumento da contribuição da energia eólica no consumo Europeu para aproximadamente 15,5%. Ainda segundo Gass (2011), uma das maiores desvantagens da geração de energia eólica é a incerteza da energia gerada devido à natureza estocástica do comportamento do vento.

A primeira turbina eólica comercial ligada à rede elétrica pública foi instalada em 1976, na Dinamarca. Atualmente, existem mais de 30 mil turbinas eólicas em operação no mundo. Em 1991, a Associação Europeia de Energia Eólica estabeleceu como meta a instalação de 4.000 MW de energia eólica na Europa até o ano 2000 e 11.500 MW até o ano 2005. Essas e outras metas estão sendo cumpridas muito antes do esperado (4.000 MW em 1996, 11.500

MW em 2001). Estima-se que em 2020 o mundo terá 12% da energia gerada pelo vento, com uma capacidade instalada de mais de 1.200GW (ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, 2002).

Segundo um estudo realizado pela World Wind Energy Association (WWEA) em 2007, a capacidade instalada mundial da energia eólica aumentou 1.155% entre 1997 e 2007, passando de 7,5 mil para 93,8 mil MW, de acordo com a tabela 3.1.

Tabela 3.1- Potência instalada no mundo entre 1997 e 2007(MW) Fonte: WWEA, 2008.

Potência instalada nos últimos dez anos (MW)		
Ano	Potência (MW)	Crescimento (%)
1997	7.475	-
1998	9.663	29,3
1999	13.696	41,7
2000	18.039	31,7
2001	24.320	34,8
2002	31.164	28,1
2003	39.290	26,1
2004	47.693	21,4
2005	59.033	23,8
2006	74.153	25,6
2007	93.849	26,6
Crescimento total		1.155,5

De acordo com o estudo da WWEA, em 2007 houve a instalação de aproximadamente 20 mil MW de geração eólica em todo o mundo. Nesse ano, os maiores produtores foram Alemanha, Estados Unidos e Espanha que, juntos, concentravam, em 2007, quase 60% da capacidade instalada total. O maior parque estava na Alemanha que, com capacidade total de 22 mil MW, correspondia a 23,7% do total mundial. O segundo lugar ficou com Estados Unidos (18% de participação), graças ao salto de 45% verificado entre 2006 e 2007 na capacidade instalada local, que atingiu um total de 16,8 mil MW. Na sequência veio Espanha com 16,1% de participação, como mostra a Tabela 3.2.

No Brasil, grande atenção tem sido dirigida para o estado do Ceará, por ter sido um dos primeiros locais a realizar um programa de levantamento do potencial eólico através de medidas de vento com modernos anemógrafos computadorizados.

Tabela 3.2 – Ranking de Potencia Eólica Instalada em 2007 Fonte: WWEA, 2008.

País	Potência (MW)	% em relação ao total
1º Alemanha	22.247,40	23,7
2º Estados Unidos	16.818,80	17,9
3º Espanha	15.145,10	16,1
4º Índia	7.850,00	8,4
5º China	5.912,00	6,3
6º Dinamarca	3.125,00	3,3
7º Itália	2.726,10	2,9
8º França	2.455,00	2,6
9º Reino Unido	2.389,00	2,5
10º Portugal	2.130,00	2,3
25º Brasil	247,10	0,3
Total	93.849,10	100

Entretanto, não foi apenas na costa do nordeste que áreas de grande potencial eólico foram identificadas; Minas Gerais e Paraná, por exemplo, têm centrais eólicas em funcionamento que são afastadas da costa e possuem excelentes condições de vento (Camargo, 2005). A figura 3.1 apresenta o potencial eólico da região nordeste do Brasil.

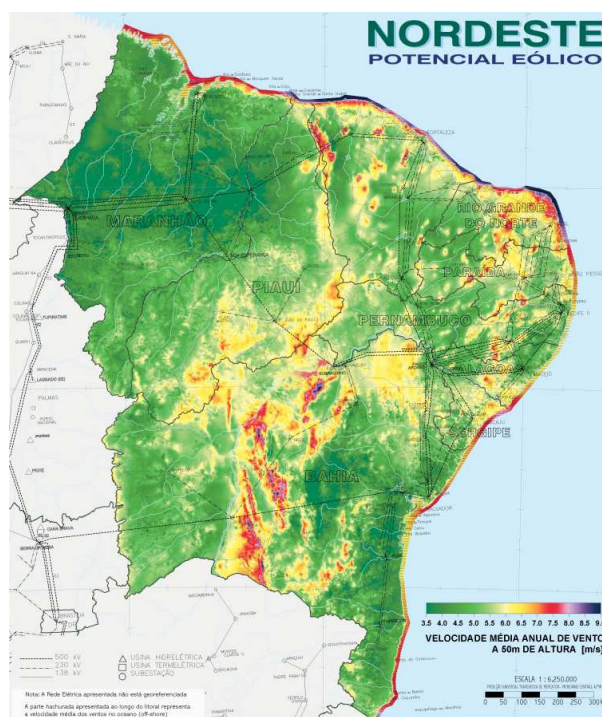


Figura 3.1 – Potencial eólico da região nordeste do Brasil. Fonte: Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, 2002

3.2 Impactos Socioambientais na geração de energia eólica

A ANEEL cita, no Atlas de energia elétrica do Brasil (2002), os principais impactos socioambientais negativos das usinas eólicas como os de natureza sonora e visual. Os impactos sonoros devem-se aos ruídos dos rotores e variam de acordo como equipamento utilizado enquanto os impactos visuais são decorrentes do agrupamento de torres e aerogeradores, principalmente no caso de centrais eólicas com um número considerável de turbinas. Os impactos variam muito de acordo com o local das instalações, o arranjo das torres e as especificações das turbinas.

Segundo Custódio (2009), o efeito das sombras geradas pelo aerogerador é menos acentuado no Brasil, país tropical com azimuth favorável, produzindo sombras a distâncias pequenas, se comparadas a outras regiões do planeta. Este efeito pode ser totalmente evitado, através do planejamento correto e distribuição adequada das turbinas no parque eólico.

São citados também possíveis impactos oriundos de natureza eletromagnética, que podem causar perturbações nos sistemas de comunicação e transmissão de dados e a possível interferência nas rotas de aves. Custódio (2009) afirma que as máquinas modernas possuem baixas rotações do seu rotor, possibilitando que as aves visualizem as pás e desviem das mesmas.

Camargo (2005) cita como impactos ambientais permanentes durante a operação de um Parque Eólico a alteração na morfologia, destruição ou alteração da cobertura vegetal do terreno, afetação da estrutura biofísica da paisagem pela introdução dos parques geradores, subestação e estradas e o desmatamento de locais de repouso, alimentação e reprodução de espécies que utilizam a área do parque. Cita também como impactos ambientais eventuais a colisão de aves e morcegos nos aerogeradores, eletrificações destes nas linhas elétricas e a possibilidade de acidentes com pequenos animais devido à movimentação de pessoas e veículos.

Como impactos ambientais devido ao ruído durante a operação de um parque eólico, Camargo (2005) cita como eventual o tráfego de veículos e máquinas de escavação e como permanente o ruído emitido pelos aerogeradores.

Segundo Dutra (2001), a emissão de ruídos provocados pelas turbinas eólicas tem origem mecânica (causado pela caixa de engrenagens que multiplica a rotação das pás para o gerador e até mesmo pela própria torre, através dos contatos desta com a nacelle) e aerodinâmica (influenciada pela velocidade do vento incidente sobre a turbina eólica). Custódio (2009) afirma que os ruídos emitidos pelos aerogeradores decrescem, normalmente,

de 50 dB, junto ao aerogerador, a 35 dB, a uma distância de 450 m. Apenas ruídos a partir de 65 dB podem provocar efeitos fisiológicos, danos ao sistema auditivo e prejuízos a diferentes funções orgânicas.

Silva (2006) afirma que diversas inovações tecnológicas buscam integrar os parques eólicos à paisagem, os novos empreendimentos eólicos possuem turbinas sobre uma torre de aço tubular afilada, produzindo um efeito estético mais leve, minimizando desta forma os impactos visuais dos aerogeradores no meio ambiente.

Custódio (2009) afirma que a energia eólica apresenta baixos impactos socioambientais. O seu uso não implica em emissão de gases ou particulados, não há resíduos, não existe deslocamento de populações, animais ou plantas, não há alagamento de áreas, cidades, sítios arqueológicos, florestas entre outros e não inviabiliza a área utilizada. O espaço do solo realmente utilizado chega a $5 \times 10^{-6}\%$ da área total da usina, referente ao espaço ocupado pela torre do aerogerador, na sua base. É possível também que o terreno utilizado possa ser ocupado para outros fins, como pecuária e agricultura.

3.3 O empreendimento localizado próximo ao município Casa Nova

Segundo o Atlas Eólico Brasileiro (2002), a região Nordeste é uma região rica em ventos, o que se traduz em um potencial para produção de energia eólica estimado em cerca de 75.000MW.

A região do lago da UHE Sobradinho, Bahia, possui excelente qualidade dos ventos e proximidade da área com a subestação elevadora da UHE Sobradinho, o que reduz os custos de transmissão, fazendo com que esta área apresente condições atrativas para a exploração comercial do potencial eólico para geração de energia elétrica.

No município de Casa Nova, no Estado da Bahia, foi identificada uma área com um potencial eólico promissor para implantação de centrais eólicas. A Figura 3.2, a seguir, apresenta uma visão geral da área em estudo.

O empreendimento em estudo contará com uma potência nominal de 180,0 MW, será constituída por 120 máquinas distribuídas, numa área total de 3.916.014 ha.

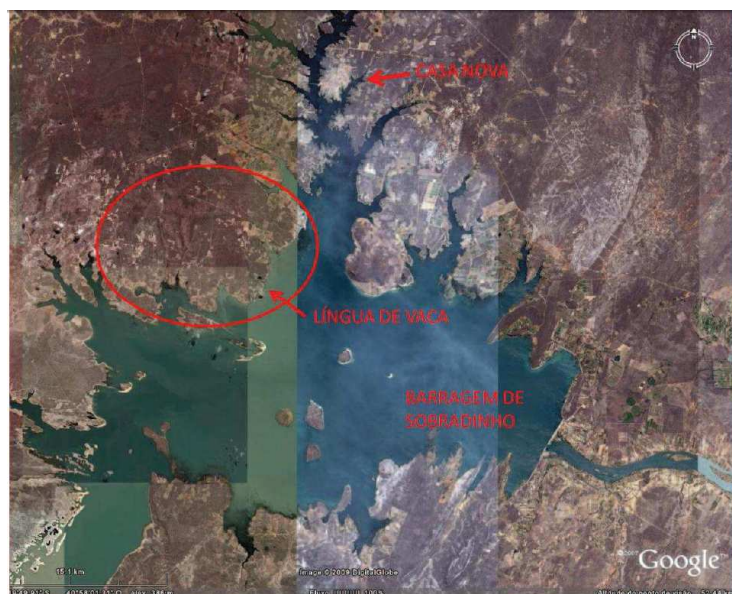


Figura 3.2 – Visão Geral da Área do Lago da UHE Sobradinho. Fonte: Google Earth.

A Figura 3.3 apresenta a localização do empreendimento no mapa geográfico, com destaque para o lago da UHE Sobradinho.

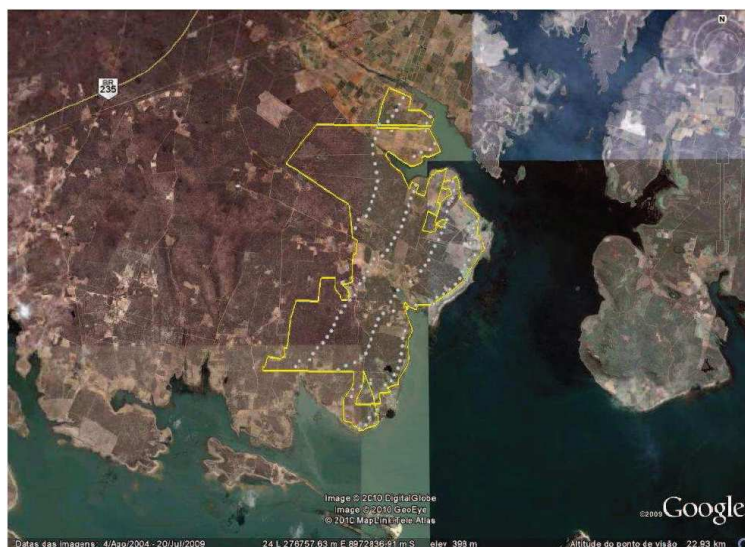


Figura 3.3 – Localização da CGE. Fonte: Google Earth.

A área para desenvolvimento do projeto é carente de infraestrutura básica como energia elétrica, saneamento básico e estradas de acesso. O município é servido pelas rodovias BA-235 (de Casa Nova a Juazeiro), BR-407 (de Juazeiro a Capim Grosso) e BR-324 (de Capim Grosso a Salvador), que ligam Casa Nova à Salvador. O território baiano do Vale do São Francisco é uma das regiões mais carentes de rodovias coletoras e vicinais.

Por influência do lago de Sobradinho, o principal meio de transporte utilizado pela maioria dos pescadores da região é a canoa e o barco a motor.

O projeto será gerido e de propriedade de uma empresa de economia mista, ou seja, de capital público e privado. Tal empresa conta com condições diferenciadas para financiamento junto a bancos de investimentos e linhas de crédito por seu renome no mercado e vasta experiência no setor de geração de energia elétrica. Esta grande empresa possui um vasto corpo técnico, abrangendo diversas áreas, entre elas a área de consultoria jurídica, profissionais de especialização técnica, profissionais da área financeira e também profissionais experientes nas áreas de gestão de projetos, de gestão de riscos e também de comercialização de energia.

3.4 Principais elementos constituintes de um parque Eólico

Segundo Custódio (2009), um parque ou fazendas eólicas, são usinas desenhadas para a produção de energia elétrica e injeção no sistema elétrico de potência. Vários aerogeradores são associados em paralelo para integração à rede. A figura 3.4 ilustra um exemplo de parque eólico.

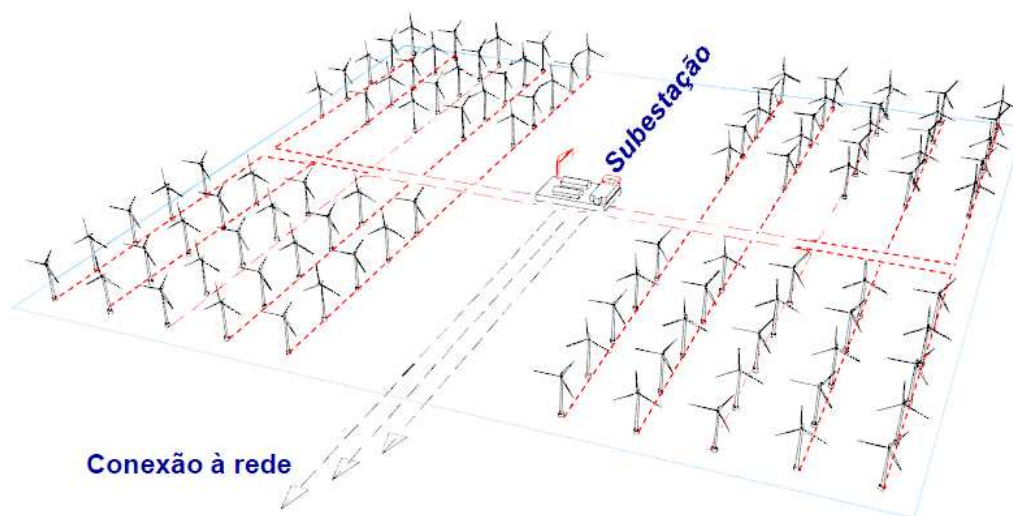


Figura 3.4 – Estrutura de um parque eólico genérico. Fonte: DEWI (2011).

Os aerogeradores, segundo Custódio (2009), são equipamentos para produção de energia elétrica a partir da energia cinética do vento. Seus principais componentes são a turbina eólica e o gerador, mas também se incluem outros equipamentos, dispositivos e sistemas. A turbina eólica acionada pelo vento produz energia mecânica no eixo que, por sua

vez, movimenta o gerador. O gerador elétrico, acionado pela turbina, converte a energia mecânica em energia eletromagnética.

A interligação do parque eólico com o sistema elétrico pode ser feita em diversos níveis de tensão, de acordo com a potência instalada. Pequenas fazendas eólicas, com poucos megawatts de capacidade, podem ser conectadas em redes de distribuição. Grandes parques podem exigir a construção de subestações e linhas de transmissão para sua conexão ao sistema elétrico de potência (Custódio, 2009).

4 METODOLOGIA PARA PRIORIZAÇÃO DE FATORES DE RISCO EM UM EMPREENDIMENTO DE GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

Para atingir os objetivos propostos, o presente trabalho realizou uma pesquisa exploratória sobre os modelos de gestão de riscos em projetos e analisou a adequação dos modelos para utilizar em um estudo de caso teórico de um empreendimento de gestão de energia eólica.

Após a análise da literatura, foi verificado que há uma dificuldade na obtenção de informações para realizar uma avaliação dos fatores de risco de um projeto. Neste contexto, a metodologia de avaliação dos fatores de riscos apresentada por Nieto & Ruz (2011) proporciona, através do uso da teoria dos conjuntos *fuzzy*, uma forma simplificada e de fácil utilização para gestores e profissionais de gestão de projetos expressarem as possibilidades de ocorrência e impactos atrelados a cada fator de risco. Através do uso da teoria dos conjuntos *fuzzy* é possível trabalhar com a imprecisão e escassez de informações sobre as possibilidades de ocorrência e impactos dos fatores de risco ligados à atividade de geração de energia eólica.

A metodologia apresentada a seguir é uma adaptação da metodologia apresentada por Nieto & Ruz (2011) e aplicada em um estudo de caso teórico de um empreendimento de geração de energia eólica.

4.1 Metodologia proposta para priorização dos Fatores de Risco (FR) em projetos.

A Metodologia proposta e utilizada no presente estudo de caso está dividida nos seguintes passos:

1. Estabelecer um grupo de decisão formado por experts, nomeado Comitê de Gestão de Riscos, que será o responsável por identificar os fatores de riscos e modelar os mesmos através de diagramas de influência;
2. Definir as funções de pertinência relativas ao impacto e possibilidade de ocorrência dos fatores de risco com base no conhecimento dos experts. Nestas funções são utilizados termos linguísticos como baixo, baixo a médio, médio, médio a alto e alto para analisar os números triangulares em uma escala intervalar [0-1]. Esta análise será realizada para definir as possibilidades e impactos dos fatores de riscos.

3. Determinar a importância relativa dos fatores de risco em relação ao seu impacto junto ao objetivo geral do projeto e utilizar esta importância para realizar um reajuste nos valores determinados para o impacto de cada fator de risco.
4. Calcular o produto possibilidade x impacto de cada fator de risco (FR) e realizar a defuzzificação para obter uma única variável discreta que determine a importância (perigo ou ameaça) do fator frente aos objetivos do projeto. De posse destas variáveis, realizar uma priorização dos fatores de risco de acordo com sua importância.
5. Indicar possíveis ações para minimizar, mitigar, transferir ou eliminar os fatores de risco por ordem da priorização obtida pela análise *fuzzy*.

Para cada membro do Comitê de Gestão de Riscos são definidos números triangulares fuzzy, um para representar a possibilidade e outro para representar o impacto de cada fator de riscos. Após esta análise, serão calculados números triangulares fuzzy para todo o Comitê de gestão de riscos através das equações (4.1 e 4.2).

$$\text{Impacto do risco} = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n IR_i^n \quad (4.1)$$

$$\text{Possibilidade do risco} = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n PR_i^n \quad (4.2)$$

n = Número de decisores

IR = Impacto do risco

PR = Possibilidade de ocorrência do risco

Desta forma, para obter o número fuzzy que determina a possibilidade de ocorrência do fator de risco ou impacto do mesmo, são consideradas as diversas opiniões dos decisores, sendo assim, muito importante levar em conta as diversas opiniões dos que formam o comitê de gestão de riscos.

Como forma de realizar um reajuste no fator de risco, propõe-se o uso de um fator discriminante (FD). Este fator determina a importância relativa de cada fator em comparação com os outros fatores de risco, considerando seu impacto no objetivo geral do projeto. O fator de risco corrigido (FR) será então calculado pela equação 4.3:

$$FR = (IR \times FD) \times PR \quad (4.3)$$

Na metodologia utilizada por Nieto & Ruz (2011), o fator utilizado para realizar o ajuste da escala de impacto altera substancialmente os valores inicialmente determinados. O tomador de decisão, ao se deparar com valores completamente diferentes e fora da escala inicialmente estipulada, perde a compreensão do processo. Desta forma, a ideia subjetiva inicialmente agregada aos valores obtidos para determinar os fatores de risco não se mantém clara para quem acompanha o processo. O fator de risco, para Nieto & Ruz, é calculado pela equação 4.4.

$$FR_{(Nieto)} = \frac{(IR \times PR)}{FD} \quad (4.4)$$

Para calcular o fator de reajuste da escala de impacto, propõe-se utilizar uma metodologia alternativa onde o impacto ajustado será o produto do impacto inicial pelo fator discriminante (FD) obtido através de uma transformação linear de escala dos pesos obtidos através uso da metodologia AHP.

Na comparação par a par, será utilizada a escala proposta por Saaty (1991), conforme apresentada na tabela 2.1. Para obtenção da importância relativa de cada fator será realizado um processo simplificado de comparação par a par baseado na metodologia AHP, posposta por Saaty (1991). De forma semelhante ao processo utilizado para obter as possibilidades de ocorrências e impactos de cada fator de risco, será solicitado ao Comitê de Gestão de Riscos que determine o valor da importância de cada fator em relação ao outro. A média do grupo será utilizada para conseguir a importância relativa de cada fator de risco. A comparação dos fatores de riscos utiliza uma estrutura hierárquica de apenas um nível, segundo equação 4.5.

$$\text{Fator Discriminante (FD)} = \begin{bmatrix} 1 & a & b \\ 1/a & 1 & c \\ 1/b & 1/c & 1 \end{bmatrix} \quad (4.5)$$

É importante enfatizar que o fator de discriminação, obtido através de um processo simplificado da metodologia AHP, tem como objetivo representar a importância relativa entre os possíveis fatores de risco. Desta forma, não tem como objetivo realizar uma análise multicritério sobre os fatores de risco em estudo.

Após obter a importância de cada fator, deve-se observar se os índices causarão uma discrepância muito grande entre os valores ajustados e os impactos pré-estabelecidos para os fatores de risco. Para evitar esta distorção no valor agregado de forma subjetiva inicialmente pelo grupo decisor, os pesos devem ser submetidos a uma transformação linear da escala obtida para uma escala de [0,75-1,25]. Desta forma, será possível controlar o reajuste entre uma redução de 25% até um incremento de 25% do valor inicial. A transformação escalar terá como objetivo corrigir a escala obtida através do uso do AHP para realizar uma melhor discriminação dos fatores de risco estudados.

O fator de risco (FR) será então calculado pelo produto dos números triangulares *fuzzy* da possibilidade de ocorrência do risco corrigido pelo impacto do risco de todo o Comitê, utilizando a equação 4.3.

Para o processo de defuzzificação, é utilizado o método Mean and Spread (Lee & Li, 1988). Através deste, é possível obter um valor discreto, chamado de Fator de Priorização (FP), que possa representar a importância do fator de risco e realizar a priorização destes fatores.

4.2 Aplicação da metodologia

4.2.1 Criação do comitê para gestão dos riscos.

Nesta aplicação foi utilizado um empreendimento eólico, descrito no início deste capítulo. Para este empreendimento, foi desenvolvida uma ordem de prioridade com os fatores de risco identificados na fase de construção do parque eólico e que poderiam de alguma forma impedir o sucesso da construção do parque para futura geração de energia elétrica.

Para o estudo de caso apresentado, um comitê de profissionais tomadores de decisão e com experiência em gestão de risco foi designado para realizar a gestão de riscos referente à operação do empreendimento em estudo.

O comitê foi formado por 04 integrantes, sendo um gerente de projetos, um engenheiro com conhecimento técnico e experiência em geração de energia eólica, um gerente comercial e um consultor judicial. Desta forma, foi possível ao grupo abordar um vasto campo de conhecimento tendo como objetivo uma visão ampla dos possíveis riscos que podem comprometer os objetivos do empreendimento. As responsabilidades deste comitê, denominado Comitê de Gestão de Riscos, foram:

1. Realizar reuniões para identificar os principais fatores de riscos em relação aos objetivos do projeto em estudo. É importante considerar que o comitê realizou a quantidade suficiente de reuniões e sessões de brainstorming e através das mesmas chegaram a um consenso sobre os fatores de risco a serem utilizados na metodologia. Tais fatores de risco não são exaustivos, ou seja, novos fatores podem vir a ser adicionados à medida que novas necessidades surjam.
2. Definição das funções de pertinência, seu formato e variáveis linguísticas a serem utilizadas para determinar os números *fuzzy* referentes a cada variável linguística analisada.
3. Analisar os fatores em relação ao seu possível impacto e possibilidade de ocorrência através das funções de pertinência com a escala de variáveis linguísticas. Realizar o produto entre os números triangulares *fuzzy* e indicar a prioridade dos fatores de risco.
4. Avaliar a importância dos riscos que aparecem na metodologia através da priorização alcançada e indicar ações para a gestão dos riscos através da ordem de prioridade.

4.2.2 Identificação dos riscos e definição das funções de pertinência.

Os fatores de risco determinados pelo Comitê de Gestão de Riscos foram agrupados em três classes de riscos, sendo riscos técnicos, financeiros e econômicos, demonstrados nas figuras 4.1, 4.2 e 4.3. Os riscos técnicos são os riscos que podem afetar o sucesso do projeto quanto ao processo de construção do parque eólico. Em um parque gerador de energia eólica, a forma como é realizada a estimativa do potencial eólico pode definir o sucesso ou fracasso do projeto, sendo considerados inseguros os dados oriundos de um modelo teórico.

A forma como é realizada a estimativa da energia a ser produzida também pode ser danosa aos objetivos do projeto quando baseada na curva de potencia do aero gerador. Outro fator técnico levado em consideração é a qualidade da medição de sombras e ruídos que serão gerados com a construção do parque, que podem dificultar as negociações com os moradores locais e aquisição de licenças necessárias para o início da construção do parque.

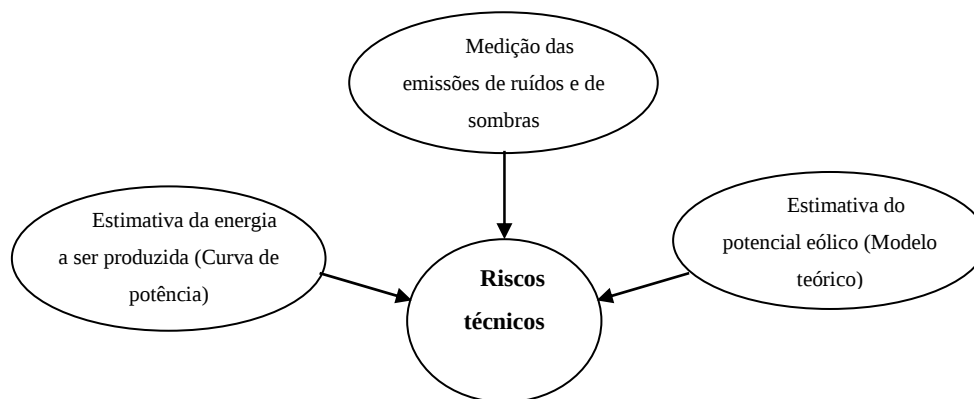


Figura 4.1 – Diagrama de influência dos riscos técnicos.

O comitê de gestão de riscos identificou como fatores de risco de âmbito financeiro os possíveis aumentos nas taxas de juros sobre o capital financiado para a construção do parque, a baixa remuneração pela energia fornecida, o aumento nas tarifas de transporte de energia (tarifas estas cobradas no processo de transmissão e distribuição), um possível aumento das tarifas de seguro até o início da construção, o aumento do custo de manutenção do parque, o aumento de possíveis taxas, tributos e contribuições incidentes sobre a energia gerada e a flutuação da remuneração devido ao vento (anual).

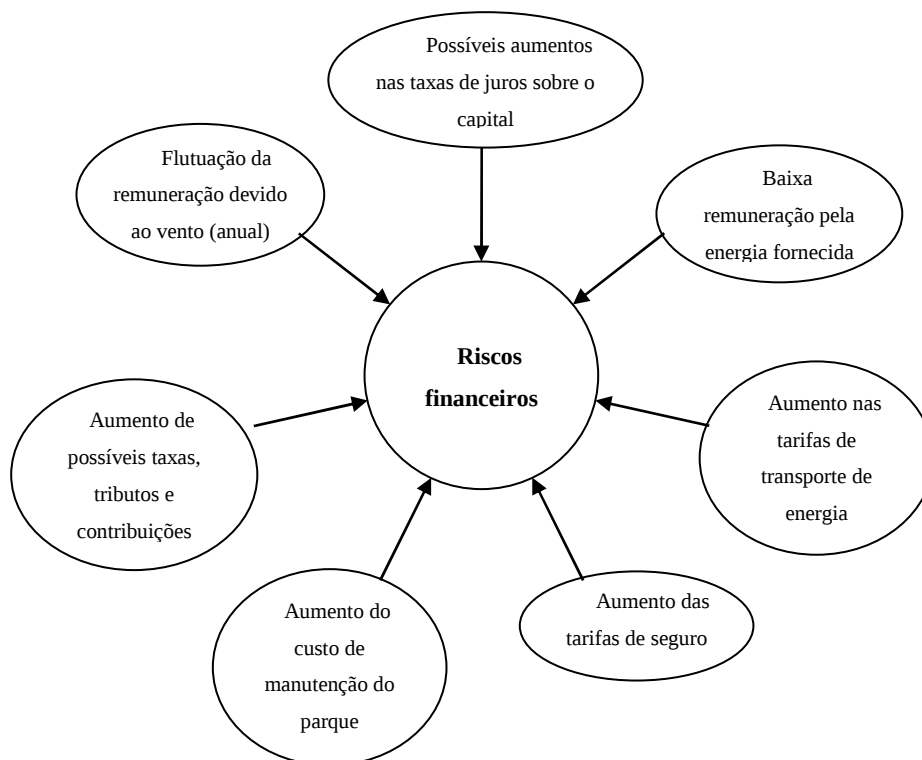


Figura 4.2 – Diagrama de influência dos riscos financeiros.

Os fatores apontados como riscos econômicos foram a quebra dos acordos de remuneração realizados e a perda das garantias adquiridas.

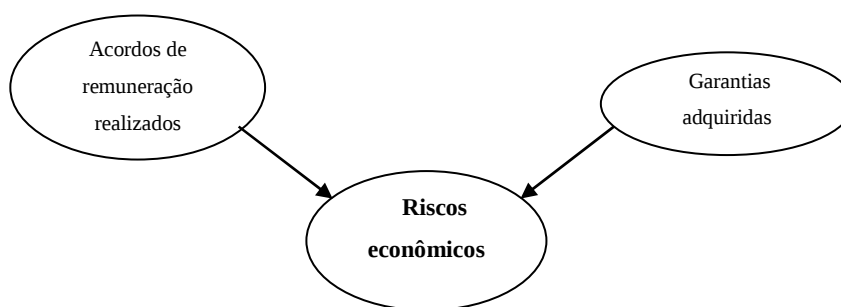


Figura 4.3 – Diagrama de influência dos riscos econômicos.

Depois de identificados os fatores riscos, foram realizadas reuniões para definir:

- As funções de pertinência dos números triangulares *fuzzy* que irão representar a possibilidade e o impacto de cada fator de risco e seus formatos, conforme a figura 4.4,
- As variáveis linguísticas e os números triangulares *fuzzy* que foram utilizados para representar estas variáveis. Para a análise do impacto dos riscos foram utilizadas cinco funções triangulares, utilizando as variáveis linguísticas “baixo”, “médio para baixo”, “médio”, “médio para alto” e “alto”. Para a análise da possibilidade de ocorrência foram utilizadas três variáveis linguísticas, sendo estas “baixa”, “média” e “alta” (tabela 4.3).

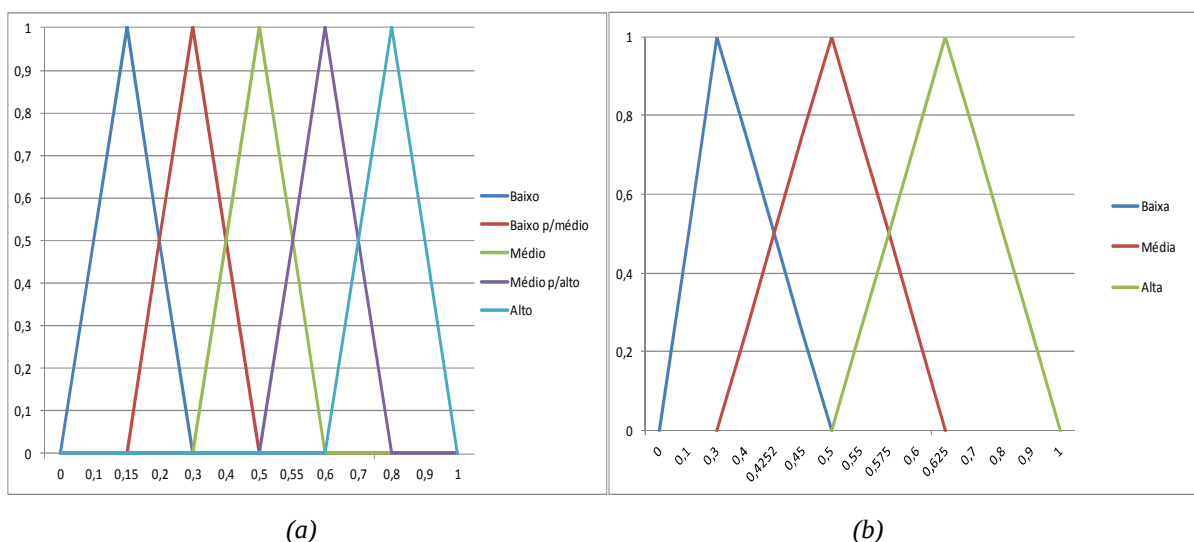


Figura 4.4 – Gráficos das funções pertinência referentes ao impacto causado e à possibilidade de ocorrência dos fatores de risco.

Através das variáveis linguísticas definidas e dos números triangulares *fuzzy*, foi possível ao Comitê de Gestão de Riscos realizarem reuniões e definir qual número triangular *fuzzy* melhor determina a possibilidade de ocorrência e o impacto causado por determinado fator de risco.

4.2.3 Comparação entre os fatores de riscos e elaboração do fator discriminante (FD)

Como forma de realizar um reajuste na escala de impacto de cada fator de risco, foi calculado o fator discriminante (FD). Este fator determina a importância relativa de cada fator em comparação com os outros fatores de risco, considerando seu impacto no objetivo geral do projeto. A tabela 4.1 ilustra, por meio de alguns fatores de risco, como foi elaborada a matriz de comparação.

Tabela 4.1 - Exemplo de comparação par a par

Tipo de riscos	Riscos	Decisores	1 Estimativa do potencial eólico (modelo teórico)	2 Estimativa da energia a ser produzida (curva de potencia)	3 Alta da taxa de juros	4 Flutuação da remuneração por causa do vento (anual)
1	Estimativa do potencial eólico (modelo teórico)	D1	1,000	1,000	1,000	1,000
		D2	1,000	1,000	3,000	3,000
		D3	1,000	1,000	1,000	1,000
		D4	1,000	3,000	3,000	5,000
		Média	1,000	1,500	2,000	2,500
2	Estimativa da energia a ser produzida (curva de potencia)	D1	1,000	1,000	1,000	1,000
		D2	1,000	1,000	1,000	3,000
		D3	1,000	1,000	1,000	1,000
		D4	0,333	1,000	3,000	3,000
		Média	0,833	1,000	1,500	2,000
3	Alta da taxa de juros	D1	1,000	1,000	1,000	1,000
		D2	0,333	1,000	1,000	1,000
		D3	1,000	1,000	1,000	1,000
		D4	0,333	0,333	1,000	3,000
		Média	0,667	0,833	1,000	1,500
4	Flutuação da remuneração por causa do vento (anual)	D1	1,000	1,000	1,000	1,000
		D2	0,333	0,333	1,000	1,000
		D3	1,000	1,000	1,000	1,000
		D4	0,200	0,333	0,333	1,000
		Média	0,633	0,667	0,833	1,000

Na tabela 4.1, os fatores de riscos listados na lateral, ou seja, nas linhas, são comparados com os fatores de riscos listados nas colunas. Neste processo, é possível obter valores que determinem a importância relativa de cada fator em relação aos demais.

Após a transformação linear da escala dos pesos foram obtidos os valores utilizados como fatores discriminantes para realizar o ajuste nos valores de impacto determinados pelo Comitê de Riscos, demonstrados na tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Pesos obtidos através do AHP e Fatores Discriminantes

Tipo de riscos	Fatores de Risco	Ordem (AHP)	FD
Técnicos	Estimativa do potencial eólico (modelo teórico)	2,506	1,250
Técnicos	Estimativa da energia a ser produzida (curva de potencia)	2,052	1,151
Financeiros	Alta da taxa de juros	1,673	1,068
Financeiros	Flutuação da remuneração por causa do vento (anual)	1,380	1,005
Financeiros	Redução na remuneração da energia fornecida	1,118	0,948
Econômicos	Quebra de acordos de remuneração realizados	0,874	0,894
Econômicos	Perda de garantias adquiridas	0,671	0,850
Financeiros	Aumento de tarifas de seguros	0,520	0,817
Financeiros	Aumento de taxas, tributos e contribuições obrigatórias	0,410	0,793
Técnicos	Medição das emissões de ruídos e de sombras	0,326	0,775
Financeiros	Aumento do custo para manutenção e conserto	0,260	0,761
Financeiros	Aumento da tarifa de transporte de energia	0,211	0,750

A figura 4.5 demonstra a variação em dois números triangulares *fuzzy*. Estes números representam o valor dos fatores de risco após o ajuste realizado nos valores determinados previamente pelo comitê de gestão de riscos para os impactos destes fatores de risco.

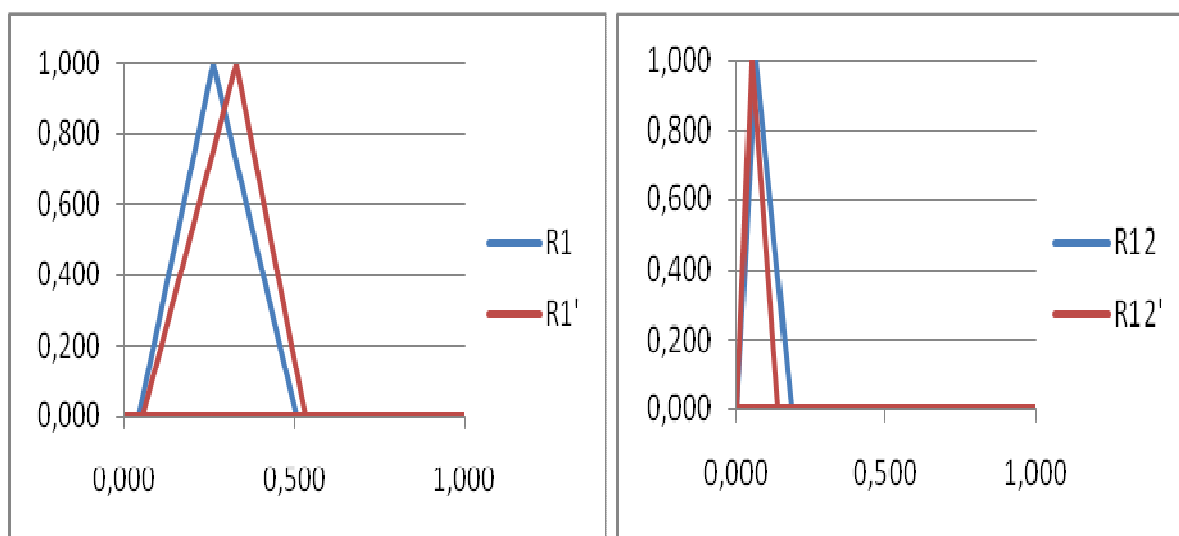


Figura 4.5 - Fatores de riscos antes e após ajuste do impacto.

4.2.4 Priorização fuzzy dos fatores riscos

O comitê de riscos realizou a avaliação dos fatores de risco sobre sua possibilidade de acontecimento e impacto de cada fator de risco do projeto, de acordo com a tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Descrições do Impacto do risco e da Possibilidade de ocorrência do fator de risco

Descrição do Impacto do risco	Interpretação dos decisores	Número Fuzzy	Incremento no Custo (%)
Baixo	Impacto não significativo	(0; 0,15; 0,3)	0,2%
Baixo para médio	Impacto muito pequeno	(0,15; 0,3; 0,5)	0,5%
Médio	Impacto moderado	(0,3; 0,5; 0,6)	0,8%
Médio para alto	Impacto considerável	(0,5; 0,6; 0,8)	1,5%
Alto	Impacto muito alto	(0,6; 0,8; 1)	2%
Descrição da Possibilidade do risco			
Baixo	Improvável de acontecer	(0; 0,3; 0,5)	0,2%
Médio	Provável de acontecer	(0,3; 0,5; 0,625)	0,5%
Alto	Muito provável de acontecer	(0,5; 0,625; 1)	1,2%

Definidos os números *fuzzy* que melhor representam a percepção de cada decisor (D) em relação à possibilidade e impacto de cada fator de risco, o produto destes números *fuzzy* foi calculado utilizando as equações 2.4 e 4.3. A tabela 4.4 demonstra a priorização dos fatores antes do uso do Fator Discriminante.

Tabela 4.4 – Números triangulares fuzzy determinados para os parâmetros do fator de risco.

Tipos de riscos	Fatores de Risco	Decisores	Possibilidade			Impacto			Risco		
Técnicos	Estimativa do potencial eólico (modelo teórico)	D1	0,000	0,300	0,500	0,500	0,600	0,800	0,043	0,263	0,505
		D2	0,300	0,500	0,625	0,600	0,800	1,000			
		D3	0,000	0,300	0,500	0,600	0,800	1,000			
		D4	0,000	0,300	0,500	0,600	0,800	1,000			
		Média	0,075	0,350	0,531	0,575	0,750	0,950			
Técnicos	Estimativa da energia a ser produzida (curva de potencia)	D1	0,000	0,300	0,500	0,500	0,600	0,800	0,000	0,225	0,475
		D2	0,000	0,300	0,500	0,600	0,800	1,000			
		D3	0,000	0,300	0,500	0,600	0,800	1,000			
		D4	0,000	0,300	0,500	0,600	0,800	1,000			
		Média	0,000	0,300	0,500	0,575	0,750	0,950			
Financeiros	Alta da taxa de juros	D1	0,300	0,500	0,625	0,150	0,300	0,500	0,070	0,214	0,371
		D2	0,300	0,500	0,625	0,300	0,500	0,600			
		D3	0,000	0,300	0,500	0,500	0,600	0,800			
		D4	0,300	0,500	0,625	0,300	0,500	0,600			
		Média	0,225	0,450	0,594	0,313	0,475	0,625			

(cont.)

(cont.)

Financeiros	Flutuação da remuneração por causa do vento (anual)	D1	0,300	0,500	0,625	0,500	0,600	0,800			
		D2	0,000	0,300	0,500	0,300	0,500	0,600			
		D3	0,300	0,500	0,625	0,300	0,500	0,600	0,047	0,190	0,352
		D4	0,000	0,300	0,500	0,150	0,300	0,500			
		Média	0,150	0,400	0,563	0,313	0,475	0,625			
Financeiros	Redução na remuneração da energia fornecida	D1	0,000	0,300	0,500	0,150	0,300	0,500			
		D2	0,500	0,625	1,000	0,150	0,300	0,500			
		D3	0,300	0,500	0,625	0,150	0,300	0,500	0,041	0,144	0,344
		D4	0,300	0,500	0,625	0,150	0,300	0,500			
		Média	0,275	0,481	0,688	0,150	0,300	0,500			
Econômicos	Quebra de acordos de remuneração realizados	D1	0,000	0,300	0,500	0,300	0,500	0,600			
		D2	0,300	0,500	0,625	0,150	0,300	0,500			
		D3	0,000	0,300	0,500	0,150	0,300	0,500	0,034	0,160	0,309
		D4	0,300	0,500	0,625	0,300	0,500	0,600			
		Média	0,150	0,400	0,563	0,225	0,400	0,550			
Econômicos	Perda de garantias adquiridas	D1	0,000	0,300	0,500	0,000	0,150	0,300			
		D2	0,000	0,300	0,500	0,150	0,300	0,500			
		D3	0,300	0,500	0,625	0,300	0,500	0,600	0,014	0,127	0,266
		D4	0,000	0,300	0,500	0,300	0,500	0,600			
		Média	0,075	0,350	0,531	0,188	0,363	0,500			
Financeiros	Aumento de tarifas de seguros	D1	0,000	0,300	0,500	0,150	0,300	0,500			
		D2	0,000	0,300	0,500	0,150	0,300	0,500			
		D3	0,000	0,300	0,500	0,150	0,300	0,500	0,000	0,090	0,250
		D4	0,000	0,300	0,500	0,150	0,300	0,500			
		Média	0,000	0,300	0,500	0,150	0,300	0,500			
Financeiros	Aumento de taxas, tributos e contribuições obrigatórias	D1	0,000	0,300	0,500	0,150	0,300	0,500			
		D2	0,000	0,300	0,500	0,150	0,300	0,500			
		D3	0,000	0,300	0,500	0,000	0,150	0,300	0,006	0,079	0,213
		D4	0,300	0,500	0,625	0,000	0,150	0,300			
		Média	0,075	0,350	0,531	0,075	0,225	0,400			
Técnicos	Medição das emissões de ruídos e de sombras	D1	0,000	0,300	0,500	0,150	0,300	0,500			
		D2	0,000	0,300	0,500	0,000	0,150	0,300			
		D3	0,000	0,300	0,500	0,150	0,300	0,500	0,006	0,079	0,213
		D4	0,300	0,500	0,625	0,000	0,150	0,300			
		Média	0,075	0,350	0,531	0,075	0,225	0,400			
Financeiros	Aumento do custo para manutenção e conserto	D1	0,000	0,300	0,500	0,000	0,150	0,300			
		D2	0,000	0,300	0,500	0,150	0,300	0,500			
		D3	0,000	0,300	0,500	0,000	0,150	0,300	0,000	0,083	0,213
		D4	0,000	0,300	0,500	0,300	0,500	0,600			
		Média	0,000	0,300	0,500	0,113	0,275	0,425			

(cont.)

(cont.)

		D1	0,300	0,500	0,625	0,000	0,150	0,300			
		D2	0,000	0,300	0,500	0,000	0,150	0,300			
Financeiros	Aumento da tarifa de transporte de energia	D3	0,000	0,300	0,500	0,000	0,150	0,300	0,003	0,066	0,186
		D4	0,000	0,300	0,500	0,150	0,300	0,500			
		Média	0,075	0,350	0,531	0,038	0,188	0,350			

A tabela 4.5 demonstra a priorização final dos fatores de risco após o ajuste nos valores determinados para o impacto de cada fator utilizando o fator discriminante.

Tabela 4.5 - Priorização dos fatores de risco

Tipos de riscos	Fatores de riscos	Possibilidade			Impacto ajustado			FR		FP	
Técnicos	Estimativa do potencial eólico (modelo teórico)	0,075	0,350	0,531	0,719	0,938	1,000	0,054	0,328	0,531	0,304
Técnicos	Estimativa da energia a ser produzida (curva de potencia)	0,000	0,300	0,500	0,662	0,863	1,000	0,000	0,259	0,500	0,253
Financeiros	Alta da taxa de juros	0,225	0,450	0,594	0,334	0,508	0,668	0,075	0,228	0,397	0,233
Financeiros	Flutuação da remuneração por causa do vento (anual)	0,150	0,400	0,563	0,314	0,477	0,628	0,047	0,191	0,353	0,197
Financeiros	Redução na remuneração da energia fornecida	0,275	0,481	0,688	0,142	0,284	0,474	0,039	0,137	0,326	0,167
Econômicos	Quebra de acordos de remuneração realizados	0,150	0,400	0,563	0,201	0,358	0,492	0,030	0,143	0,277	0,150
Econômicos	Perda de garantias adquiridas	0,075	0,350	0,531	0,159	0,308	0,425	0,012	0,108	0,226	0,115
Financeiros	Aumento de tarifas de seguros	0,000	0,300	0,500	0,123	0,245	0,409	0,000	0,074	0,204	0,093
Financeiros	Aumento de taxas, tributos e contribuições obrigatórias	0,075	0,350	0,531	0,060	0,179	0,317	0,004	0,062	0,169	0,079
Técnicos	Medição das emissões de ruídos e de sombras	0,075	0,350	0,531	0,058	0,174	0,310	0,004	0,061	0,165	0,077
Financeiros	Aumento do custo para manutenção e conserto	0,000	0,300	0,500	0,086	0,209	0,323	0,000	0,063	0,162	0,075
Financeiros	Aumento da tarifa de transporte de energia	0,075	0,350	0,531	0,028	0,141	0,263	0,002	0,049	0,139	0,064

Através de um processo de defuzzificação Mean and Spread (Lee & Li, 1988) foi possível chegar a um valor discreto em uma escala intervalar de 0 – 1. Através deste valor discreto, denominado fator de priorização (FP), resultante da defuzzificação do número triangular *fuzzy* obtido através do produto da possibilidade e impacto ajustado, foi realizada a priorização dos fatores de risco analisados.

A priorização apresentada na tabela 4.5 foi aceita pelo comitê de gestão de riscos como uma representação da visão, no cenário atual, de como os fatores de risco se apresentam e seu nível de prioridade para ações de gestão.

4.2.5 Plano de ações para a gestão dos fatores de riscos

Como última atribuição, o Comitê de gestão de Riscos analisou cada fator de risco avaliado quanto a possíveis ações para gestão do fator de risco. O plano de ação foi avaliado tomando como base a experiência do comitê de gestão de riscos com parques de geração de energia elétrica. Os três primeiros fatores por ordem de prioridade foram considerados pelo Comitê como sendo os mais importantes e devendo os mesmos merecer uma atenção especial, podendo ser posteriormente realizado um estudo mais aprofundado através da utilização de metodologias de gestão de fatores risco.

O fator de risco de maior prioridade segundo a priorização desenvolvida foi “realizar a estimativa do potencial eólico através de um modelo teórico”. Esta forma de estimativa deve ser evitada por não apresentar dados de saída muito confiáveis, devendo ser utilizado em seu lugar dados referentes à medição do vento do local onde será construído o parque eólico. Para isto deve-se:

1. Instalar torres de medição de vento no local a se construir o parque eólico. Custódio (2009) afirma que a medição dos ventos deve ser feita através do uso de instrumentos adequados e específicos. A velocidade do vento é medida por meio de anemômetros, sendo o tipo concha o mais apropriado. É importante também a medição da direção do vento, utilizando para isto uma biruta ou “Wind Vane”. Os dados medidos por meio de anemômetros e birutas são salvos num armazenador de dados, aparelho digital desenvolvido para tal.
2. Analisar o comportamento do vento por um período pré-determinado. Segundo Custódio (2009), para o desenvolvimento de um parque eólico, o ideal é a disponibilidade de medições com qualidade, no local, durante um período longo, de cinco a dez anos. Porém, nos estudos para o desenvolvimento de parques eólicos as medições são realizadas por um, dois ou três anos, de forma a manter o tempo de execução do projeto dentro de limites aceitáveis.
3. As estimativas do potencial eólico e das características do vento na futura usina são feitas pela determinação das características do vento em toda a área da fazenda eólica, de forma a estimar-se a produção de energia em cada um dos aerogeradores. Esta estimativa pode ser feita na posição de cada turbina eólica em estudo ou dividindo-se a área da fazenda eólica (Custódio, 2009).

Em segundo lugar está o fator de risco “a estimativa da energia a ser produzida quando realizada através da curva de potência do aero gerador”. É importante prevenir o corpo

técnico responsável pelo empreendimento que esta estimativa deve ser realizada através de um estudo da eficiência do parque eólico, tendo desta forma dados mais confiáveis sobre o montante de energia a ser produzido. A perda da eficiência de um parque eólico, para Custódio (2009) depende do espaçamento entre as turbinas, da orientação e características das mesmas, e topografia do terreno. A distância entre as turbinas aumenta a eficiência da fazenda eólica. Porém, quanto maior a distância entre as turbinas, maior será a área necessária para construir a fazenda eólica. Na construção do projeto deve-se seguir a recomendação dos fabricantes dos aerogeradores na definição das distâncias entre as máquinas, sendo geralmente de cinco vezes o diâmetro das turbinas no sentido do vento predominante e de três vezes o diâmetro perpendicularmente ao mesmo.

O terceiro lugar em ordem de prioridade foi o fator de risco “alta da taxa de juros” sobre o capital empregado na construção do parque eólico, alta esta que deve ser evitada quando negociada junto aos agentes financiadores do empreendimento e devidamente registrado através de contratos de financiamento.

O quarto lugar em ordem de prioridade foi o fator de risco “flutuação da remuneração por causa do vento (anual)”. Este fator deve ser prevenido realizando contratos de receitas fixas mensais baseados na energia média mensal produzida pelo parque eólico.

O quinto lugar em ordem de prioridade foi o fator de risco “redução na remuneração da energia fornecida”. Este fator de risco pode ser prevenido através de contratos de fornecimento onde a energia comercializada tem seu preço pré-determinado e corrigido por um indicador financeiro, evitando assim a possível queda do preço negociado.

Em sexto lugar na priorização realizada está o fator de risco “quebra de acordos de remuneração realizados”, ou seja, contratos de fornecimento de energia. Para mitigar o fator de risco de quebra de acordos de fornecimento devem ser estipuladas multas e indenizações, ambas pré-determinadas contratualmente, de forma a inibir que tais quebras contratuais venham a ocorrer.

O fator de risco “Perda de garantias adquiridas”, que ficou em sétimo lugar na ordem de prioridade, pode ser prevenido quando tais garantias adquiridas junto aos fornecedores sejam estabelecidas contratualmente, dando maior segurança que qualquer condição especial adquirida seja mantida.

O fator de risco “Aumento de tarifas de seguros”, que ficou em oitavo lugar na ordem de prioridade, pode ser mitigado quando negociado previamente e garantido mediante de um

instrumento contratual. As tarifas de seguro sofrerão ajustes inevitáveis por ocasião de reajustes contratuais devido a uma nova negociação por novo período de seguro.

Dois fatores de risco obtiveram a mesma ordem de priorização no estudo realizado, ficando empatados em nono lugar. O fator “Aumento de taxas, tributos e contribuições obrigatórias” é algo além do controle dos investidores, dependendo de decisões políticas e cenários macroeconômicos, devendo, desta forma, ser aceito este fator de risco. O fator “Medição das emissões de ruídos e de sombras” deve ser mitigado através do cuidado ao realizar estas medições, pois as mesmas, quando realizadas de forma errada, podem dificultar as negociações com moradores próximos a áreas onde serão instalados os aerogeradores e também na aquisição de licenças ambientais para início de construção e operação do parque.

O fator de risco “Aumento do custo para manutenção e conserto”, que ficou em décimo lugar na ordem de prioridade, deve ser transferido para o fornecedor no momento das negociações da garantia dos aerogeradores e de serviços de manutenção das máquinas. É importante também que o fornecedor garanta que o parque tenha a disponibilidade acordada, ou seja, possua um número mínimo de máquinas produzindo energia.

O fator “Aumento da tarifa de transporte de energia”, que ficou em décimo primeiro lugar na ordem de prioridade, deve ser aceito pelos investidores por depender também de decisões políticas e dos investimentos realizados no setor elétrico, fatores estes além do controle dos investidores. Estas tarifas são normalmente pré-estabelecidas para um período de cinco a dez anos.

5 CONCLUSÕES

Trabalhar com gestão de fatores de riscos na área de geração de energia eólica se mostrou um desafio, visto que quando se fala em gestão de riscos nesta área, a mesma se resume a duas linhas, uma focando na incerteza da produção de energia eólica e outra na viabilidade econômica do empreendimento. Desta forma, ao procurar informações na literatura referente a possibilidades de ocorrência de eventos e fatores de risco relacionados a parques eólicos, não foi encontrada nenhuma informação útil que subsidiasse a utilização de uma metodologia de gestão de fatores de risco mais complexa.

Foi possível constatar, através da análise da literatura desenvolvida sobre a gestão de riscos em projetos que, apesar da maior utilização do modelo baseado na matriz de P-I, muitos pesquisadores têm desenvolvido estudos que demonstram a preocupação com sua superficialidade e consequente limitação na avaliação e gestão dos fatores de riscos. Diversos autores utilizaram outros métodos, entre eles, métodos de decisão multicritério e redes neurais, na tentativa de desenvolver abordagens mais completas e eficientes para lidar com a análise subjetiva e a interdependência entre os diversos fatores geradores de risco.

Neste trabalho, foi proposta uma adaptação da metodologia de priorização de fatores de riscos através da teoria dos conjuntos *fuzzy*. Chen & Lu (2001) afirmaram que a teoria dos conjuntos *fuzzy* deve ser utilizada para solucionar problemas cujas avaliações de alternativas se mostrem imprecisas. Imprecisão esta atribuída a algumas possíveis razões como informações não quantificáveis, incompletas, inacessíveis e sob ignorância geral.

A metodologia proposta pode ser dividida basicamente em duas fases, análise e priorização dos fatores de riscos, e desenvolvimento de um plano de ação para lidar com os fatores de riscos por ordem de prioridade.

A área escolhida para o estudo de caso teórico foi a de geração de energia eólica por ser esta uma forma de geração de energia considerada, por muitos, como a mais limpa e em ampla expansão por todo o mundo. Novas tecnologias estão sendo desenvolvidas; o custo da energia produzida tem diminuído consideravelmente e novos parques estão sendo construídos com uma frequência cada vez maior. Caso estes empreendimentos sejam construídos com o auxílio de ferramentas para gestão de riscos, seus objetivos serão alcançados com maior segurança e lucratividade.

O uso da teoria de conjuntos *fuzzy* possibilitou preencher a lacuna que a falta de informações necessárias criou. Através da ideia do número triangular *fuzzy* foi possível ao grupo de decisores expressar sua ideia de possibilidade de ocorrência e impacto dos fatores de risco (FR) sem recorrer a uma única variável discreta (considerada muito difícil de quantificar) e priorizá-los de acordo com o produto da possibilidade e impacto atribuídos.

Através da priorização dos fatores de risco, foi possível identificar e sugerir possíveis ações para prevenir, transferir, mitigar ou aceitar os riscos. Ações estas de acordo com a natureza dos riscos e práticas utilizadas no mercado.

Cabe ressaltar que neste trabalho não foi realizada uma análise clássica de riscos, que requer um tratamento probabilístico, e sim uma avaliação subjetiva, entretanto efetiva, dos fatores de risco (FR) identificados em um projeto de geração de energia eólica.

5.1 Limitações do trabalho

A estrutura de priorização de fatores de riscos proposta está focada em corresponder às necessidades do empreendimento teórico em estudo e baseia-se em suas condições hipotéticas. A aplicação desta estrutura de priorização de fatores de risco a outros estudos de caso precisaria de um estudo semelhante ou ainda mais aprofundado do que o realizado neste trabalho.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

Por fim, pode-se concluir que o presente trabalho mostrou-se de acordo com os objetivos que almejou alcançar e também possibilitou a oportunidade de trabalhos futuros, que podem ser citados:

- Realizar um estudo de priorização de fatores de riscos e o desenvolvimento de um plano de riscos para a fase de operação de parques de geração eólica;
- Desenvolver uma metodologia de análise de fatores de risco que agregue o conceito de decisão em grupo e análise multicritério com a teoria dos conjuntos *fuzzy*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT ISO 31000 - Gestão de riscos - Princípios e diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.
- AHMED, A.; KAYIS, B.; AMORNSAWADWATANA, S. A review of techniques for risk management in projects. *Benchmarking: An International Journal*, Sidney, 14(1): 22-36, 2007.
- AMARANTE, O. A. C.; ZACK, M. B. J.; SÁ, A. L. *Atlas do potencial eólico brasileiro*. 1.ed. Brasília, CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Eólica, 2001.
- ANDRADE; M.M. *Introdução à metodologia do trabalho científico*. 5.ed. São Paulo, Atlas, 2001.
- APM BOK, Association for Project Management, 4.ed. Buckinghamshire, 2000.
- ARSLAN, O. Technoeconomic analysis of electricity generation from wind energy in Kutahya. *Energy*. 35:120–31, apr. 2010.
- ATLAS de energia elétrica do Brasil. Brasília: ANEEL, 2002. 153p.
- BACCARINI, D.; ARCHER, R. The risk ranking of projects: a methodology. *International Journal of Project Management*, Perth, 19: 139-145, 2001.
- BADREDDINE, A.; ROMDHANE, T.B.; AMOR A New Process-Based Approach for Implementing an Integrated Management System: Quality, Security, Environment. In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL MULTICONFERENCE OF ENGINEERS AND COMPUTER SCIENTISTS, 1, 2009, Hong Kong.

- BALOI, D.; PRICE, A.D.F. Modeling global risk factors affecting construction cost performance. *International Journal of Project Management*. 21: 261–269, may. 2003.
- BELLMAN, R.E; Zadeh, L.A. (1970). Decision making in fuzzy environment, *Manage. Sci.*, 17B: 141-B164.
- CAGNO, E.; CARON, F.; MANCINI, M. A Multi-Dimensional Analysis of Major Risks in Complex Projects, *Risk Management* 9: 1–18, 2007
- CAMARGO, A. S.G. Análise da operação das Usinas Eólicas de Camelinho e Palmas e avaliação do potencial eólico de localidades no Paraná. 2005. 224p. (Mestrado – CEFET – PR, Curitiba)
- CARTA J.; RAMÍREZ, P.; VELÁZQUEZ, S. A review of wind speed probability distributions used in wind energy analysis: case studies in the Canary Islands. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13:933–55, 2009.
- CHAPMAN, C. Key points of contention in framing assumptions for risk and uncertainty management. *International Journal of Project Management*. Southampton, 24: 303–313, 2006.
- CHAPMAN, C.; STEPHEN, W.; HARWOOD, I. Minimizing the effects of dysfunctional corporate culture in estimation and evaluation processes: A constructively simple approach. *International Journal of Project Management*. Southampton, 24:106–115, 2006.
- CHAPMAN, C.; WARD, S. *Project Risk Management - Processes, Techniques and Insights*. 2.ed. Southampton, John Wiley & Sons, 2003.
- CHAPMAN, C.; WARD, S. Transforming project risk management into project uncertainty management. *International Journal of Project Management*, 21 : 97–105, 2003.
- CHAPMAN, C.; WARD, S. Why risk efficiency is a key aspect of best practice projects. *International Journal of Project Management* , Southampton, 22: 619–632, 2004.

- CHAPMAN, C; WARD, S. Estimation and evaluation of uncertainty: a minimalist first pass approach. *International Journal of Project Management*. Southampton, 18: 369-383, 2000.
- CHEN, L-H.; LU, H-W. An approximate approach for ranking fuzzy numbers based on left and right dominance. *Computers and Mathematics with Applications*, 41: 1589-1602, 2001.
- CHOI, H. H; CHO, H. N.; SEO, J.W. Risk Assessment Methodology for Underground Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 130: 258-272, 2004.
- CIOFFI, J. D.; KHAMOOSHI, H. A practical method of determining project risk contingency budgets. *Journal of the Operational Research Society*, Washington, 60: 565 –571, dez/2007.
- COOPER, D. F.; GREY, S.; RAYMOND, G.; WALKER, P. *Project Risk Management Guidelines - Managing Risk in Large Projects and Complex Procurements*. 1.ed. Chichester, John Wiley & Sons, 2005.
- CORNFORD, S. L.; PAULOS, T.; MESHKAT, L.; FEATHER, M. S. Towards More Accurate Life Cycle Risk Management Through Integration of DDP and PRA. *IEEE Aerospace Conference*, 2: 807-814, 2003.
- CUSTODIO, R. S. *Energia eólica para produção de energia elétrica*. 1. ed. Rio de Janeiro, Eletrobrás, 2009.
- DEY, P. K. Project Risk Management. A Combined Analytic Hierarchy Process and Decision Tree Approach. *Cost Engineering*, 44: 13-26, 2002.

- DIKMEN, I. ; BIRGONUL, M.T .An analytic hierarchy process based model for risk and opportunity assessment of international construction projects. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 33(1):58-68, 2006.
- DIKMEN, I.; BIRGONUL, M. T.;, HAN, S. Using fuzzy risk assessment to rate cost overrun risk in international construction projects. *International Journal of Project Management*, 25: 494–505, 2007.
- DINSMORE, P. C. Gerenciamento de Projetos: como gerenciar seu projeto com qualidade, dentro do prazo e custos previstos / Paul Campbell Dinsmore, Fernando Henrique da Silveira Neto. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004
- DRZIK, J. & WYMAN, M. O. New Directions in Risk Management. *Journal of Financial Econometrics*, Oxford, 3 (1): 26–36, 2005
- DUTRA, R. M. Viabilidade técnico-econômica da energia eólica face ao novo marco regulatório do setor elétrico brasileiro. 2001. 259p. (Mestrado – COPPE/ UFRJ)
- DUTRA, R.M. Propostas de Políticas Específicas para Energia Eólica no Brasil após a Primeira Fase do PROINFA. 2007. 415p. (Doutorado – COOPE/UFRJ)
- FIGINI, S.; KENETT, R. S.; SALINI, S. Optimal Scaling for Risk Assessment Merging of Operational and Financial Data. *Qual. Reliab. Engng.* , 26: 887—897, 2010.
- FIGUEIREDO, M. S. M.; OLIVEIRA, M. D. Prioritizing Risks Based on Multicriteria Decision Aid MethodologyDevelopment of Methods Applied to ALSTOM Power. *Proceedings of the 2009 IEEE*, 1568-1572, 2009.
- GASS, V.; STRAUSS, F.; SCHMIDT, J.; SCHMIDT. E. 2011.Assessing the effect of wind power uncertainty on profitability, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15: 2677–2683, 2011.

- GUNGOR, Z. & ARIKAN, F. A fuzzy outranking method in energy policy planning. *Fuzzy sets and Systems*, 114(1): 115-122, 2000.
- HACURA, A.; HACURA, M. J.; KOCOT, A. Risk analysis in investment appraisal based on the Monte Carlo simulation technique. *The European Physical Journal*, Katowice, 20:551-553, 2001.
- HAN, S. H.; KIM, D. Y.; KIM H.; Jang, WS. A web-based integrated system for international project risk management. *Automation in Construction*, 17: 342–356, 2008.
- HASTAK, M.; SHAKED, A. ICRAM-1 Model for International Construction Risk Assessment. *Journal of management in engineering*, 16: 59–69, 2000.
- HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G.J. *Introdução à pesquisa Operacional*. 8.ed. Porto Alegre, AMGH, 2010.
- HOOGWIJK, M. Assessment of the global and regional geographical, technical and economic potential of onshore wind energy. *Energy Economics*. 26:889–919, 2004.
- HSUEH, S.L.; PERNG, Y.H.; YAN, M.R.; LEE, J.R. On-line multi-criterion risk assessment model for construction joint ventures in China. *Automation in Construction* 16: 607–619. 2007.
- JANNADI, O. A.; ALMISHARI, S. Risk Assessment in Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 129: 492–500, 2003.
- KALDELLIS, J.K.; GAVRAS, T.J. The economic viability of commercial wind plants in Greece. A complete sensitivity analysis. *Energy Policy*, 28: 509–17, 2000.
- KAYIS, B.; ARNDT, G.; ZHOU, M.; AMORNSAWADWATANA, S. A risk mitigation approach for concurrent engineering projects. *Annals of the CIRP*, 56: 167-170 2007.

- KENDRICK, T. *Identifying and Managing Project Risk: Essential Tools for Failure-Proofing Your Project*. 1.ed. New York. Amacom. 2003.
- KEYHANI, A; GHASEM, V. M.; KHANALI, M; ABBASZADEH. R. An assessment of wind energy potential as a power generation source in the capital of Iran. *Energy*, 35:188 - 201, 2010.
- KWON S. Uncertainty analysis of wind energy potential assessment. *Applied Energy*, 87:856–65, 2010.
- LAZZERINI, B.; MKRTCHYAN, L. Analyzing Risk Impact Factors Using Extended Fuzzy Cognitive Maps. *Systems Journal, IEEE*, 5: 288 – 297, 2011.
- LEE, E.S.; LI, R.L.; Comparison of fuzzy numbers based on the probability measure of fuzzy events. *Computational Mathematics and Application*, 15: 887–896, 1988.
- LOOSEMORE, M; RAFTERY, J; REILLY, C.; HIGGON, D. Risk management in Projects. 2 ed. New York, Taylor & Francis, 2006.
- MAHANTA, S.; CHUTIA, R.; BARUAH, H.K. Fuzzy Arithmetic Without Using The Method Of – CUTS, *International Journal of Latest Trends in Computing*, s.l. 1(2), Dec. 2010
- MALCHAIRE, J.; PIETTE, A.; The SOBANE Strategy for the Management of Risk, as Applied to Whole-Body or Hand–Arm Vibration, *Ann. Occup. Hyg*, 50: 411–416, 2006.
- MONTES, G.; MARTIN, E. Profitability of wind energy: short-term risk factors and possible improvements. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11:2191–200, 2007.
- MORTHORST P. Capacity development and profitability of wind turbines. *Energy Policy* 27:779–87, 1999.

- NIETO-MOROTE, A.; RUZ-VILA, F. A fuzzy approach to construction Project risk assessment, *International Journal of Project Management*, 29: 220-231, 2011.
- NYFJORD, J.; KAJKO-MATTSSON, M. Comm onalities in Risk Management and Agile Process Models. *International Conference on Software Engineering Advances*, 2007.
- OLSSON, R. Risk management in a multi-project environment An approach to manage portfolio risks. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vasteras, 25 (1):60-71, 2008
- PAPADAKI, M.; GALE, A. W.; RIMMER, J.; KIRKHAM, R. J. Factors influencing Project Risk Management Decision Making. *Advancing Project Management for the 21st Century “Concepts, Tools & Techniques for Managing Successful Projects”*, Heraklion, 5: 536-544, 2010.
- PMBOK GUIDE, Project Management Institute, 4.ed. Pennsylvannia, 2008.
- POH Y.P.; TAH, J.H.M. Integrated duration–cost influence network for modelling risk impacts on construction tasks, *Construction Management and Economics*, 24(8), 2006
- RAMACHANDRA, T. Wind energy potential assessment in Uttara Kannada district of Karnataka. *Renewable Energy*. 10:585–611, 1997.
- RAMACHANDRA, T.; SHRUTHI, B. Wind energy potential mapping in Karnataka, India, using GIS. *Energy Conversion and Management*. 46:1561–78, 2005.
- RAZ, T.; MICHAEL. E. Use and benefits of tools for project risk management. *International Journal of Project Management*, 19: 9-17, 2001.
- REHMAN, S. Wind power cost assessment at twenty locations in the kingdom of Saudi Arabia. *Renewable Energy*. 28:573–83, 2003.

- SAATY, T.L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 148: 9–26, 1990.
- SEYEDHOSEINI, S. M.; NOORI, S.; HATEFI, M. A. An Integrated Methodology for Assessment and Selection of the Project Risk Response Actions. *Risk Analysis*, 29: 752-763, 2009.
- SHAW, I. S.; SIMÕES M. G. Controle e Modelagem Fuzzy. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2007.
- SILVA, E. D.; MENEZES, E. M. *Metodologia da Pesquisa e elaboração de dissertação*. 3. ed. Florianópolis, Laboratório de ensino a Distância da UFSC, 2001.
- SILVA, N. F. Fontes de Energia Renováveis Complementares na Expansão do Setor Elétrico Brasileiro: O Caso da Energia Eólica. 2006. 267p. (Doutorado – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ)
- SOCOL, O.J.; *et al* Wind power characterization in the Lages city - SC, Brazil *Braz. arch. biol. technol.* 53(5), Sep/Oct. 2010.
- SOUZA, Y.; VASCONCELOS, M. C. R. L.; JUDICE, V. M. M.; JAMIL, G. L. A contribuição do compartilhamento do conhecimento para o gerenciamento de riscos em projetos: Um estudo na indústria de software. *Journal of Information Systems and Technology Management*, São Paulo, 7 (1): 183-204, 2010.
- TAH, J. H. M.; CARR, V. Knowledge-Base approach to construction project risk management. *Advances in Engineering Software*, 32: 847-857, 2001.
- THOMAS, A.V.; KALIDINDI, S.; GANESH, L. S., Modelling and assessment of critical risks in BOT road projects, *Construction Management and Economics*, 24(4), 2006.
- TINDAL, A.; *et al*. Validation of GH energy and uncertainty predictions by comparison to actual production. In: AWEA Wind Resource and Project Energy Assessment Workshop, Portland; 2007.

- TUYSUZ, F.; KAHRAMAN, C. Project Risk Evaluation Using a *Fuzzy* Analytic Hierarchy Process: An Application to Information Technology Projects. *International Journal of Intelligent Systems*, Istanbul, 21: 559–584, 2006.
- VOIVONTAS, D. Evaluation of renewable energy potential using a GIS decision support system. *Renewable Energy*. 13:333–44, 1998.
- WARD, S.C. Assessing and managing important risks, *International Journal of Project Management*, 17: 331-336, 1999.
- ZADEH, L. A. *Fuzzy sets. Informal and control*, 8: 338-353, 1965.
- ZAYED, T.; AMER, M.; PAN, J. Assessing risk and uncertainty inherent in Chinese highway projects. *International Journal of Project Management*, 26 : 408–419, 2008.
- ZENG, J.; AN, M.; SMITH, N.J. Application of a fuzzy based decision making methodology to construction project risk assessment. *International Journal of Project Management* 25: 589–600, 2007.
- ZHANG, H. A redefinition of the project risk process: Using vulnerability to open up the eventconsequence link. *International Journal of Project Management*, Lancaster, 25: 694–701. 2007.
- ZOU, P. X.W.; ZHANG, G.; WANG, J. Understanding the key risks in construction projects in China , *International Journal of Project Management*, 25 (6): 601–614 Aug. 2007
- ZWIKAEEL, O.; AHN, M. The Effectiveness of Risk Management An Analysis of Project Risk Planning Across Industries and Countries. *Risk Analysis*, 31: 25-37, 2011.