



UFBA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

MESTRADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

SARA OLIVEIRA NUNES

MODELO DE AVALIAÇÃO GERENCIAL PARA TRANSIÇÃO
ENERGÉTICA APLICADO AO SETOR EÓLICO



SALVADOR
2019



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL**

SARA OLIVEIRA NUNES

**MODELO DE AVALIAÇÃO GERENCIAL PARA TRANSIÇÃO
ENERGÉTICA APLICADO AO SETOR EÓLICO**

Orientadores:

Prof. Dr. Ednildo Andrade Torres
Prof. Dr. Eduardo Oliveira Teles

Salvador

2019

SARA OLIVEIRA NUNES

**MODELO DE AVALIAÇÃO GERENCIAL PARA TRANSIÇÃO
ENERGÉTICA APLICADO AO SETOR EÓLICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, da Universidade Federal da Bahia como requisito para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Industrial.

Orientadores:

Prof. Dr. Ednildo Andrade Torres
Prof. Dr. Eduardo Oliveira Teles

Salvador

2019

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Universitário de Bibliotecas (SIBI/UFBA),
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

NUNES, SARA OLIVEIRA
MODELO DE AVALIAÇÃO GERENCIAL PARA TRANSIÇÃO
ENERGÉTICA APLICADO AO SETOR EÓLICO / SARA OLIVEIRA
NUNES. -- Salvador, 2019.
132 f. : il

Orientador: Ednildo Andrade Torres.
Coorientador: Eduardo Oliveira Teles.
Dissertação (Mestrado - Engenharia Industrial) --
Universidade Federal da Bahia, UFBA, 2019.

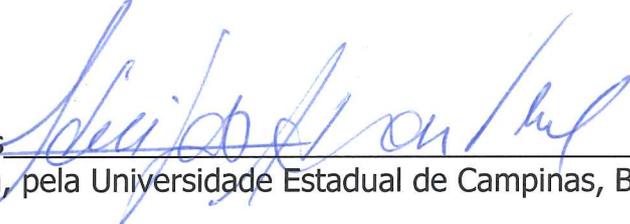
1. transição energética,. 2. energia eólica,. 3.
modelo de negócios. 4. TOPSIS. 5. tomada de decisão.
I. Torres, Ednildo Andrade. II. Teles, Eduardo
Oliveira . III. Título.

**MODELO DE AVALIAÇÃO GERENCIAL PARA TRANSIÇÃO
ENERGÉTICA APLICADO AO SETOR EÓLICO**

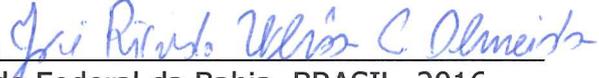
SARA OLIVEIRA NUNES

Dissertação submetida ao corpo docente do programa de pós-graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Industrial.

Examinada por:

Prof. Dr. Ednildo Andrade Torres 
Doutor em Engenharia Mecânica, pela Universidade Estadual de Campinas, BRASIL, 1999

Prof. Dr. Eduardo Oliveira Teles 
Doutor em Engenharia Industrial, pela Universidade Federal da Bahia, BRASIL, 2016

Prof. Dr. José Ricardo Uchôa Cavalcanti Almeida 
Doutor em Energia e Ambiente, pela Universidade Federal da Bahia, BRASIL, 2016

Prof. Dr. André Luis Rocha de Souza 
Doutor em Engenharia Industrial, pela Universidade Federal da Bahia, BRASIL, 2016

Salvador, BA - BRASIL
Maio/2019

AGRADECIMENTOS

À Deus, primeiramente, expresso meu agradecimento pelo dom da vida, pelas bênçãos derramadas e por permitir que venha concluir mais essa etapa.

À minha família, pelo amor e suporte nos momentos difíceis dessa caminhada.

Aos meus mestres, professor Eduardo Teles e Ednildo Torres, pela oportunidade, por suas orientações, pela paciência, dedicação e confiança.

À FAPESB pelo apoio financeiro (TOB Nº BOL2298/2017).

À ABEEólica pelo apoio no contato com as empresas do setor eólico, acreditando neste trabalho.

Às empresas que tornaram esse projeto possível com sua participação.

À todos os meu colegas do LEN que me auxiliaram com sugestões, correções e opiniões para melhora do projeto.

RESUMO

O petróleo tem sido a principal fonte de energia utilizada pela humanidade por muitos anos. Porém, as características finitas, assim como as consequências de sua utilização, acarretaram na busca pelo desenvolvimento de novas fontes de energia renováveis, ou seja, realizar a transição energética. A energia eólica vem se destacando como uma alternativa para suprir uma demanda crescente de energia. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um modelo de apoio à tomada de decisão para incentivar empresas a realizarem a transição energética ao setor eólico. O modelo foi baseado na metodologia TOPSIS de análise multicritério. Os dados para aplicação do modelo foram obtidos através da revisão da literatura e da aplicação de questionário a empresas do setor eólico e de petróleo. A forma como as empresas desses mercados relacionam a tomada de decisão com fatores internos e externos é diferente. As empresas foram enquadradas segundo perfis de investimento e, a partir daí, analisadas quanto a capacidade de transição. Inicialmente foram utilizados dados das empresas de geração de energia eólica com empreendimentos em funcionamento para calibração do modelo e identificação da solução ideal. O resultado da simulação com dados de empresas de petróleo mostrou que a empresa F, com experiência em fontes renováveis, teve uma aproximação de 57% com a solução ideal encontrada, enquanto as empresas E e G, que apenas investe em petróleo, uma aproximação de 46% e 42% respectivamente. Mesmo assim, o resultado foi considerado positivo para o investimento, pois as empresas estavam dentro da faixa de aceitação para os perfis de investimentos declarados pelas mesmas.

Palavras Chave: transição energética, energia eólica, modelo de negócios, TOPSIS, análise de risco, tomada de decisão.

ABSTRACT

Oil has been the main source of energy used by mankind for many years. However, the finite characteristics, as well as the consequences of their use, have led to the search for the development of new renewable energy sources, that is, to realize the energy transition. Wind energy has emerged as an alternative to meet growing energy demand. The objective of this work was to develop a decision support model to encourage companies to carry out the energy transition to the wind energy sector. The model was based on the TOPSIS methodology of multicriteria analysis. The data for the application of the model were obtained by reviewing the literature and applying a questionnaire to wind and oil companies. The way companies in these markets relate decision making to internal and external factors is different. The companies were classified according to investment profiles and, from there, analyzed as to the capacity of transition. Initially, we used data from wind power generation companies with projects under way to calibrate the model and identify the ideal solution. The result of the simulation with data from oil companies showed that company F, with experience in renewable sources, had an approximation of 57% with the ideal solution found, while the companies E and G, which only invests in oil, an approximation of 46% and 42% respectively. Even so, the result was considered positive for the investment, as the companies were within the range of acceptance for the investment profiles declared by them.

Key words: energy transition, wind energy, business model, TOPSIS, risk analysis, decision making.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Estrutura do trabalho..... | 16 |
| Figura 2 - Oferta de Eletricidade no Brasil em 2002 | 22 |
| Figura 3 - Oferta Interna de Energia Elétrica no Brasil em 2016..... | 23 |
| Figura 4 - Etapas dos Leilões de Energias Renováveis..... | 30 |
| Figura 5 - Rastreamento do Processo de Negócios de Energia Eólica..... | 35 |
| Figura 6 - Elaboração da Modelagem de Negócios..... | 36 |
| Figura 7 - Processos de Gerenciamento de Riscos do Projeto..... | 39 |
| Figura 8 - Tipos de Pesquisa Científica | 48 |
| Figura 9 - Alinhamento da Pesquisa..... | 50 |
| Figura 10 - Visão Geral da Metodologia do Trabalho | 51 |
| Figura 11 - Etapas do Estudo Bibliométrico..... | 52 |
| Figura 12 - Árvore de Palavras-chave para o Referencial Teórico..... | 54 |
| Figura 13 - Desenvolvimento do Modelo Proposto | 55 |
| Figura 14 - Aplicação do TOPSIS para tomada de decisão..... | 57 |
| Figura 15 - Matriz de Decisão do TOPSIS..... | 58 |
| Figura 16 - Resultado dos indicadores escolhidos pelas empresas..... | 75 |
| Figura 17 - Modelo de tomada de decisão | 80 |
| Figura 18 - Processo de determinação das faixas de aceitação..... | 88 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1 - Crescimento da capacidade instalada de energia eólica | 26 |
|--|----|

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 - Resumo da Atuação da Energia Eólica em Todos os Leilões | 32 |
|---|----|

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 1 - Plano amostral da pesquisa..... | 18 |
| Tabela 2 - Cenários de Crescimento do mercado de energia até 2030 em GW..... | 28 |
| Tabela 3 - Respostas das empresas quanto a fatores externos. | 62 |
| Tabela 4 - Respostas sobre influência dos stakeholders. | 63 |
| Tabela 5 - Respostas das empresas quanto a fatores internos. | 64 |
| Tabela 6 - Respostas quanto ao nível de concorrência entre empresas. | 65 |
| Tabela 7 - Respostas Fatores Externos - Empresas de Energia Eólica | 67 |
| Tabela 8 - Resposta Influência de Stakeholders - Empresas de Energia Eólica | 68 |
| Tabela 9 - Resposta Fatores Internos - Empresas de Energia Eólica | 69 |
| Tabela 10 - Resposta Nível de Concorrência - Empresas de Energia Eólica | 70 |
| Tabela 11 - Critérios técnicos utilizados no modelo | 73 |
| Tabela 12 - Critérios Gerenciais – Utilização de indicadores econômico/financeiro | 76 |
| Tabela 13 - Critérios Gerenciais | 77 |
| Tabela 14 - Riscos da Transição Energética | 78 |
| Tabela 15 - Pesos de critérios técnicos. | 82 |
| Tabela 16 - Determinação peso dos indicadores econômico/financeiros. | 83 |
| Tabela 17 - Escala binária para critérios qualitativos. | 85 |
| Tabela 18 - Escala dos riscos de transição para determinação de cenários | 86 |
| Tabela 19 - Cenários dos riscos da transição | 86 |
| Tabela 20 - Matriz de decisão do TOPSIS 1..... | 91 |
| Tabela 21 - Matriz de decisão normalizada. | 93 |
| Tabela 22 - Matriz de Decisão normalizada e ponderada. | 95 |
| Tabela 23 - Valores das distâncias para as soluções ideais por critério. | 97 |
| Tabela 24 - Proximidade relativa TOPSIS 1 | 98 |
| Tabela 25 - Taxa de aproximação com a solução ideal TOPSIS 1. | 98 |
| Tabela 26 - Matriz de decisão para empresas de petróleo. | 100 |
| Tabela 27 - Matriz de decisão normalizada para empresas de petróleo. | 102 |
| Tabela 28 - Matrizes de decisão normalizada e ponderada para empresas de petróleo. | 104 |
| Tabela 29 - Distâncias para as soluções ideais - TOPSIS 2 | 106 |
| Tabela 30 - Distância relativa das empresas de petróleo..... | 108 |
| Tabela 31 - Taxa de aproximação das empresas de petróleo..... | 108 |

SUMÁRIO

| | | |
|---------------|--|----|
| 1. | INTRODUÇÃO | 10 |
| 1.1. | JUSTIFICATIVA | 13 |
| 1.2. | OBJETIVOS | 15 |
| 1.3. | ESTRUTURA DO TRABALHO | 15 |
| 2. | REFERENCIAL TEÓRICO | 19 |
| 2.1. | TRANSIÇÃO ENERGÉTICA | 19 |
| 2.2. | SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL | 21 |
| 2.2.1. | Energia Eólica | 24 |
| 2.2.2. | Rodadas De Licitação – Setor Eólico | 29 |
| 2.3. | PROCESSO DE NEGÓCIOS DE ENERGIA | 34 |
| 2.4. | ANÁLISE DE RISCO | 36 |
| 2.5. | MÉTODOS DE APOIO A TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO | 41 |
| 2.5.1. | TOPSIS | 46 |
| 3. | METODOLOGIA | 48 |
| 3.1. | ROTEIRO METODOLÓGICO..... | 50 |
| 3.1.1. | Estudo bibliométrico | 52 |
| 3.1.2. | Desenvolvimento do modelo proposto | 55 |
| 4. | CARACTERIZAÇÃO DAS EMPRESAS | 61 |
| 4.1.1. | SETOR EÓLICO | 61 |
| 4.2. | SETOR DE PETRÓLEO..... | 66 |
| 4.3. | CONSIDERAÇÕES..... | 71 |
| 5. | MODELO DE AVALIAÇÃO DA TRANSIÇÃO | 73 |
| 5.1. | MODELO DE TOMADA DE DECISÃO | 79 |
| 5.1.1. | Determinação dos pesos dos critérios | 81 |
| 5.1.2. | Escalas dos critérios qualitativos | 84 |

| | | |
|---------------|---|------------|
| 5.1.3. | Determinação de Cenário | 85 |
| 5.1.4. | Determinação das faixas de aceitação | 87 |
| 6. | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 90 |
| 6.1. | APLICAÇÃO TOPSIS 1 | 90 |
| 6.2. | APLICAÇÃO TOPSIS 2..... | 99 |
| 6.3. | TOMADA DE DECISÃO | 109 |
| 7. | CONCLUSÃO | 110 |
| 7.1. | TRABALHOS FUTUROS..... | 112 |
| | REFERÊNCIAS | 113 |
| | APÊNDICE I – QUESTIONÁRIO | 125 |

1. INTRODUÇÃO

Quando países iniciam o processo de diversificação da matriz energética baseada em fontes com alto teor de carbono para fontes renováveis de energia, este movimento caracteriza-se como transição energética (GUIDOLIN e GUSEO, 2016). Esta é vista como uma mola propulsora para a reestruturação do setor energético, promoção das energias renováveis e crescimento econômico sustentável com o surgimento de novas tecnologias que ajudam a contornar os problemas climáticos gerando maior competitividade entre as empresas (JÄNICKE, 2012; KERN E SMITH, 2008; IEA, 2011).

O período que se seguiu a partir da década de 70 foi marcado por uma série de eventos ligados ao impacto do setor energético mundial, tal como a crise econômica associada ao setor petrolífero, principalmente na Europa e América do Norte. Isso retardou o crescimento do modelo tradicional baseado em combustíveis fósseis, impulsionando o desenvolvimento de energias alternativas (SILVA *et. al.*, 2013).

O processo de transição energética não é, apenas, a migração para uma matriz energética diferente, mas um conjunto de processos complexos que integra inúmeras variáveis a serem consideradas no ponto de vista técnico, socioambiental e econômico (FOUQUET, 2010; BASHMAKOV, 2007).

Por mais que a transição seja vista como parceira do meio ambiente, a sua implementação está envolta em constantes mudanças e cercadas por problemas que ainda permitem questionamentos quanto sua efetividade e benefícios (STAFFAS *et. al.*, 2013). Essa migração para fontes de energias mais limpas exige uma intervenção considerável do Estado a partir de práticas de elaboração de políticas públicas, visto toda a complexidade social envolvida neste processo, como o impacto econômico no setor de combustíveis fósseis. (LOORBACH, 2010; ROTMANS *et. al.*, 2001).

A partir da concorrência de preços, recursos razoáveis, contratos de longo prazo e incentivos fiscais, os países estão criando oportunidades de implantação de matrizes renováveis em novos mercados de energia a custos mais baixos. Com preços acessíveis, o crescimento de energias renováveis está suprimindo o avanço de outros sistemas de energia no mundo (IEA, 2015).

O processo de desenvolvimento de energias renováveis superou a ideia de que a expansão do setor energético torna inevitável o impacto socioambiental demasiado.

Dessa forma, o aproveitamento do potencial energético em suas diferentes fontes ganha incentivos e muda o significado de desenvolvimento sustentável anteriormente difundido. Além das questões ambientais, a preocupação quanto à escassez dos recursos não renováveis de energia acelerou o processo de transição energética aumentando a importância de recursos renováveis (FIGUEIREDO, 1994; FOUQUET, 2010).

Em 2018, o investimento total no setor energético se estabilizou em USD 1,8 trilhões em todo o globo após três anos de queda. Desse número, aproximadamente USD 490 bilhões foram gastos no mercado de energias renováveis (IEA, 2019).

Segundo Lund (2007):

“A crescente penetração da tecnologia de energia renovável variável está se tornando um desafio fundamental para a gestão da rede elétrica, uma vez que uma alta porcentagem de energias renováveis requer sistemas de energia flexíveis para reagir rapidamente a variabilidade da oferta e da demanda.” (LUND, 2007, p. 913)

No Brasil, dos 157 GW de capacidade instalada, 74% são gerados de energias renováveis. A energia Eólica se destacou com um acréscimo de 21,3% entre os anos de 2016 e 2016 (MME, 2018). A previsão é que o Brasil detenha 5% da capacidade mundial de energias renováveis entre 2014 e 2020 (IEA, 2015).

A matriz elétrica brasileira é predominantemente baseada em recursos renováveis, principalmente em fontes hídricas, fato que gera um contraste acentuado em relação à matriz mundial onde a predominância é de matrizes não renováveis (cerca de 73%) (IEA, 2018). O Brasil chega a atingir 82% de sua geração a partir de fontes renováveis de energia (MME, 2018).

Entretanto, a capacidade de geração de energia por hidroelétricas está mais escassa em regiões mais industrializadas. A causa disso é a dificuldade crescente no aumento do estoque de água, de forma que impossibilita que energia hidroelétrica, por si só, atenda a demanda de energia no período seco do ano (MARTINS, 2011; CASTRO, 2010).

Os grandes projetos de UHE (Usinas Hidroelétricas) em regiões remotas, como na Amazônia, tendem a possuir custos mais elevados por fatores ambientais e linhas de transmissão, além de baixa densidade energética (MARTINS, 2011). A partir disso, torna-se necessário a operação de outras fontes de energia na base do sistema

durante períodos secos. Essas fontes atuam como complementares à geração hidroelétrica (CASTRO, 2010).

A partir de 2001, com a criação do PROEÓLICA (Programa Emergencial de Energia Eólica), o governo começou a instalar programas governamentais de incentivo a geração eólica. Porém, este não foi regulamentado pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) até agora. Logo, nenhuma usina entrou em funcionamento. Em 2002, o governo lançou o PROINFRA (Programa de Incentivo às Fontes Renováveis de Energia) com o intuito de estimular a produção de energia através, principalmente, de biomassa e eólica (RICOSTI, 2011).

Segundo a Associação Brasileira de Energia Eólica – ABEEÓLICA, a produção de energia eólica é responsável por 9,0% da produção nacional de energia elétrica, um avanço considerável em apenas 7 anos. O Brasil é o país latino-americano com maior número de usinas eólicas instaladas e atualmente ocupa a oitava posição na produção mundial (ABEEÓLICA, 2019).

Apesar do notável aumento no incentivo público mundial, o mercado de energias renováveis está restrito, pois necessita de maior apoio institucional (BALACHANDRA *et. al.*, 2010; MEIJER *et. al.*, 2010). As empresas que atuam em países em desenvolvimento como o Brasil não recebem segurança regulatória para a transição energética, o que cria barreiras para a absorção de energias renováveis (JACKSON, 2011; WALSH, 2012). Porém, nesses países, existe a expectativa de aumento da aceitação de energias renováveis por essas empresas (IEA, 2013). Os riscos em torno das energias renováveis aumentam a necessidade de instrumentos que auxiliem no apoio a tomada de decisão, tornando mais claro os possíveis benefícios de investir nessas matrizes. Esses instrumentos auxiliam na realização da transição energética são escassos.

Sendo assim, a proposta deste trabalho é desenvolver um modelo a partir da metodologia de análise multicritério com o objetivo de dar suporte às empresas que desejam atuar no setor eólico. O público-alvo desse estudo são as empresas atuantes no setor de combustíveis fósseis que pretende operar no setor eólico.

Os dados utilizados no modelo foram obtidos através da análise dos editais e resultados dos leilões de energia já realizados. Outros indicadores essenciais para a

tomada de decisão foram obtidos através de estudo bibliométrico e com a aplicação de questionários, a fim de identificar os parâmetros ideais para aplicação do modelo.

Dessa forma, este trabalho visa preencher a lacuna existente na literatura sobre transição energética em empresas, desenvolvendo um modelo multicritério de apoio à tomada de decisão que as ajude a mitigar os riscos existentes nessa transição, utilizando os casos de sucesso como parâmetros para a modelagem.

1.1. JUSTIFICATIVA

O investimento total em energias renováveis não variou no período de 2011 a 2015, porém, a capacidade de geração teve um aumento de 33% no mesmo período (IEA, 2016). Isso ocorreu porque houve um aumento nos investimentos em energia eólica e redução em outras fontes renováveis, como a hidroelétrica, aumentando a capacidade produtiva sem elevação de custos.

A energia eólica ganhou mercado nos últimos anos e atraiu uma parte significativa dos investimentos em fontes de energia sustentável (IEA, 2013; ABEEÓLICA, 2012; ABEEÓLICA, 2015). O grande potencial eólico do Brasil, especialmente no Nordeste, o coloca entre os 10 países com maior produção de energia eólica do mundo (ABEEÓLICA, 2019). Porém, o investimento no setor é pequeno, considerando seu potencial energético dessa matriz. Em 2001, o primeiro Atlas do Potencial Eólico Brasileiro estimou em 143 GW o potencial nacional, considerando torres de 50 m de altura. Até 2017, alguns estados reviram seus potenciais com implantações de torres de até 120 m, estimando um potencial eólico de 350 GW no Brasil (MME, 2017).

As usinas eólicas brasileiras já somam 601, o que dá ao país uma capacidade instalada de 15 GW e redução de 28.000.000 toneladas de CO₂ por ano. Atualmente, cerca de 4,6 GW de energia estão sendo instalados no país, com um investimento médio anual de R\$ 4 bilhões nos últimos cinco anos (ABEEÓLICA, 2019).

A produção de energia eólica no Brasil teve um aumento de 77% e expandiu 56% em relação ao ano de 2014 (ANEEL, 2016a). Esse cenário ratifica o crescimento dessa fonte de energia e se mostra favorável à inserção da energia eólica com mais ênfase em sua matriz energética.

Para basear as tomadas de decisão, muitas vezes o foco decai sobre os custos

de capitais iniciais elevados de energias renováveis em comparação com as fontes de energia convencionais (JONG, 2015). Porém a energia eólica Onshore (parques eólicos com aerogeradores instalados em terra) detém, mundialmente, o menor valor por MWh (IEA, 2015).

No período de transição energética o qual o Brasil está passando, estão sendo definidas sua estrutura de fornecimento de energia e consequentes rotas tecnológicas. A participação brasileira na emissão de gases poluentes e sua posição quanto ao nível de desenvolvimento econômico será definida por sua evolução no setor energético nas próximas décadas. (LAMPREIA, 2011).

A necessidade de diretrizes regulatórias, políticas públicas e estratégias empresariais que permitam uma efetiva mudança no setor energético brasileiro é inquestionável (POSTMA *et. al.*, 2012). O estímulo às empresas individuais para o desenvolvimento de tecnologias renováveis vem de instrumentos de mercado como subsídios, licenças negociáveis e programas de informação (JAFFE, 2002).

O mercado financeiro global está em constante evolução e para se consolidar é necessário um conhecimento profundo de conceitos, ferramentas e métodos que acompanham essa mudança na gestão de investimentos. O dinamismo do mercado é uma das causas a ser atribuída ao aumento de riscos e incertezas (BARTOSOVÁ *et. al.*, 2015; STOUTENBOROUGH e VEDLITZ, 2016).

Além das incertezas econômicas, existem fatores gerenciais e técnicos que aumentam o nível de incerteza e o risco de investimento em energia eólica. A falta de ferramentas e estudos que auxiliem essas organizações a realizem a transição energética de forma consistente influencia diretamente no crescimento do setor.

Este trabalho surgiu com a análise da disparidade entre o crescimento e o potencial da matriz eólica no cenário brasileiro. Mesmo após a criação do PROINFRA, o aumento do número de empresas com investimentos nessa tecnologia foi pequeno. Na literatura, existe uma lacuna referente a pesquisas visando soluções para mudanças positivas desta realidade.

A partir dos estudos realizados e do modelo a ser desenvolvido, espera-se gerar, através de indicadores técnicos, econômicos e gerenciais, informações suficientes para identificar possíveis gargalos ou dificuldades na transição e adotar medidas nos três níveis. Dessa forma, auxiliar as empresas na tomada de decisão de investimentos no setor eólico, fomentando o crescimento da matriz eólica brasileira.

1.2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um modelo de avaliação de perfil empresarial visando a transição para energia eólica a partir de indicadores e técnicas de gerenciamento de riscos.

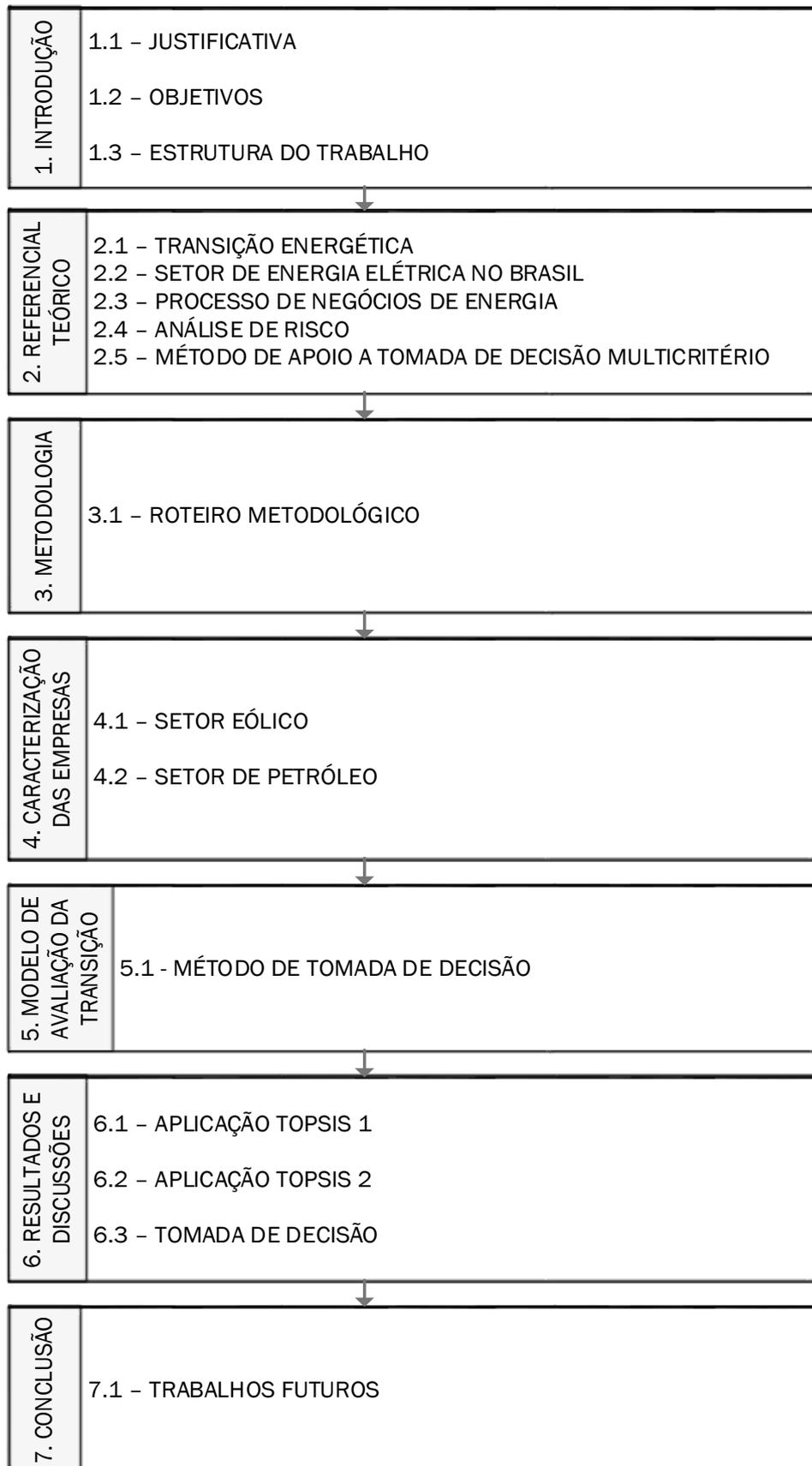
Para que fosse possível alcançar esse objetivo, foi necessário contemplar os seguintes objetivos específicos:

- Analisar os requisitos das rodadas de licitação do setor eólico;
- Identificar os principais riscos na transição;
- Identificar elementos dos perfis técnicos e gerenciais das empresas atuantes no setor eólico;
- Desenvolver um modelo de avaliação organizacional a partir dos dados coletados;

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho foi dividido entre revisão da literatura, análise das características das empresas estudadas e proposta de modelo de apoio a tomada de decisão para a transição energética. São sete capítulos, onde sua organização é mostrada na Figura 1, a seguir.

Figura 1 - Estrutura do trabalho.



O primeiro capítulo traz um panorama geral sobre o sistema energético mundial, suas tendências e onde o Brasil se encontra nessa estatística. Essas informações justificaram a pesquisa realizada, fora a definição dos objetivos do trabalho.

A seção de referencial teórico teve por finalidade identificar no estado da arte os trabalhos já desenvolvidos sobre o tema para embasar o trabalho. Logo, o capítulo apresenta informações sobre a transição energética e sua importância, assim como traz um panorama geral sobre o setor energético brasileiro, principalmente energia elétrica. Contém, também, um conjunto de informações que permitiu o mapeamento do processo de negócios de energia, estudo sobre análise de risco e metodologia de tomada de decisão multicritério.

Na terceira parte deste trabalho, está descrita a metodologia utilizada para elaboração dessa dissertação. Além disso, descreve como foi desenvolvida a metodologia de tomada de decisão para transição.

O capítulo 4 traz o resultado da aplicação do questionário às empresas do setor de energia eólica e de petróleo e como essas empresas se comportam quanto a fatores internos e externos que podem interferir na tomada de decisão de um investimento.

No quinto capítulo, há o detalhamento do modelo proposto. Foram descritos os critérios a serem utilizados, assim como a definição dos pesos desses critérios. Mais que isso, definição de fatores determinantes para a simulação de aplicação do modelo.

No capítulo seguinte, os resultados dessa aplicação estão discriminados pelas etapas no mesmo. Por fim, as conclusões e sugestões de trabalhos futuros.

1.4. LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Este trabalho se baseia na aplicação de metodologia de tomada de decisão multicritério para verificar a viabilidade de investimento para transição energética. Para tanto, foram elencados critérios quantitativos e qualitativos os quais foram aplicados no modelo.

Uma das grandes limitações da pesquisa foi o número de critérios utilizados. O setor de investimento envolve um vasto conjunto de variáveis complexas. Para este

trabalho, foi utilizado um número reduzido, uma vez que, quanto maior o número de critérios utilizados mais dados a serem coletados e mais tempo seria demandado para o estudo.

Para que pudéssemos obter resultados mais precisos, seria necessário que as empresas participantes do projeto respondessem questões com dados estratégicos para a organização: os indicadores econômico-financeiros. Logo, haveria uma resistência natural ao cedê-los à pesquisa. Sendo assim, foi decidido que esses critérios seriam trabalhados de forma qualitativa, restringindo apenas à utilização, ou não, dos mesmos.

Mesmo solicitando um número menor de informações que o ideal para tratar do tema, às empresas foram resistentes à participar do projeto. A Tabela 1 mostra o número de empresas auxiliaram a pesquisa.

Tabela 1 - Plano amostral da pesquisa.

| Empresas | Setor Eólico | Setor Petróleo |
|---------------------|---------------------|-----------------------|
| Contatadas | 20 | 23 |
| Respondentes | 4 | 3 |
| Porcentagem | 20% | 13% |

Fonte: Elaborada pela Autora (2019).

O plano amostral se tornou a maior limitação da pesquisa, pois o número de amostras é pequeno quando comparado ao universo de empresas existentes. Isso torna imprecisa quaisquer inferências sobre os resultados de aplicação da metodologia criada.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O presente capítulo é constituído pelo referencial teórico base para compreensão do modelo de avaliação proposto. Inicialmente, trazendo uma visão geral do panorama global sobre o desenvolvimento da transição energética e suas consequências. Logo após, mostra-se uma pequena introdução sobre setor elétrico brasileiro e evolução da matriz energética do país. Também foi descrita a matriz eólica do Brasil e a evolução da capacidade instalada da mesma. Em seguida, análise de risco de projetos e/ou investimentos com ênfase nos riscos específicos da transição energética. E por fim, os métodos de apoio à tomada de decisão que serão utilizados para concepção do modelo.

2.1. TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Nos últimos anos, dois eventos antagônicos vêm ocorrendo. À medida que as emissões de gases responsáveis pelas mudanças climáticas continuam, organizações globais estão tomando decisões que buscam impedir o desenvolvimento baseado em uma cultura de altas emissões de carbono na atmosfera. Porém, essas mudanças ocorrem em proporções inversas ao nível de investimento necessário para mitigar os efeitos causados (GOULDSON *et. al.*, 2015).

O crescimento econômico resultou em um aumento na demanda e no consumo de energia. Dessa forma, tem sido visto como o mais importante fator na aceleração das mudanças climáticas. Muitos estudos revelam uma relação direta entre a demanda de energia e o crescimento econômico dos países. A ascendência evidenciada sugere que na segunda metade do século XXI o consumo de energia dos países em desenvolvimento será superior ao dos países desenvolvidos devida a recuperação econômica dos mesmos (BARCA, 2011; SCHAEFFER *et. al.*, 2012).

Alguns autores estimam que os custos de investimento para amortizar os efeitos das mudanças climáticas giram em torno de 5% a 20% do PIB mundial. Porém, o investimento para evitar as mudanças climáticas estão estimados entre 1% a 2% do PIB por ano. Contudo, uma resposta mais efetiva e imediata acarreta níveis de gastos maiores (STERN, 2007). Para o IEA, "o objetivo de limitar o aquecimento a 2 ° C está

se tornando cada vez mais difícil e mais caro a cada ano que passa" em função do retardo na implementação das ações para redução da emissão de gases do efeito estufa (IEA, 2013, p. 3).

A tomada de decisão sobre mudanças climáticas não comporta alternativas de curto prazo ou intervenção direta do setor privado. A realidade é que as iniciativas para tal advêm do setor público, o qual determina diretrizes a serem seguidas por meio de políticas públicas. Esse fato leva a investimentos muito abaixo do que as estimativas dizem ser necessário para o controle da temperatura global (GOULDSON *et. al.*, 2015).

A complexidade de participação unânime dos países nos acordos globais sobre as iniciativas de baixo carbono em 2009 coincidiu com a crise financeira mundial e estabeleceu um período de instabilidade em muitos deles, mostrando que as questões financeiras e econômicas tiveram um destaque maior do que os esforços de contingência das mudanças climáticas (GOULDSON *et. al.*, 2015).

Com o passar dos anos, as restrições ao uso de combustíveis fósseis, a demanda crescente de energia, preocupações com a segurança energética, atrelados às preocupações com as alterações no clima, se tornaram fatores decisivos, responsáveis por atrair os países a aumentar seus investimentos em fontes renováveis de energia para uma rápida inclusão dessas fontes na matriz energética mundial (GALLO, 2016).

Segundo Guidolin e Guseo (2016, p. 1) "a expressão transição de energia indica uma mudança estrutural de longo prazo nos sistemas de energia", a qual implica em reorganização do poder e controle político.

O físico Cesare Marchetti foi um dos pioneiros no estudo sobre as transições de energia. Sua pesquisa foi crucial para compreensão da dinâmica evolução no uso de energia primária. Em sua obra, salienta que a transição energética ocorre paralelamente ao desenvolvimento da tecnologia, uma vez que são essenciais para a crescimento de uma nova fonte de energia (GUIDOLIN e GUSEO, 2016).

Compartilhando dos pensamentos de Cesare, Grubler (2012) relata que a transição energética se caracteriza por uma co-evolução de demanda e suprimento de energia, contudo, a demanda é protagonista nas escolhas de novas fontes de energias renováveis. Segundo Grubler (2012), estas acarretam um envolvimento maior da população com a possibilidade dos mesmos se tornarem produtores diretos.

Políticas públicas estão sendo desenvolvidas em muitos países para inserção acentuada de energias renováveis em sua matriz energética com o intuito de assegurar seus sistemas de fornecimento de energia devido a ameaças frequentes do esgotamento do modelo de combustíveis fósseis (JOHANSSON, 2013). Apesar de nenhum país ter realizado uma transição completa do setor de energia para opções renováveis, muitos deles ratificam o anseio por tal transição (CHAPMAN e ITAOKA, 2018).

Atualmente, a Alemanha vem encabeçando os países com maior nível de investimentos em energias renováveis (NORDENSVÄRD e URBAN, 2015). Nos últimos anos, o país vem implantando variadas políticas de incentivo ao setor de energia baseado em baixo carbono, o que acarretou a diversificação da matriz energética alemã com destaque para a energia eólica. O Brasil é o líder de desenvolvimento de energias renováveis nas Américas.

2.2. SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

O setor elétrico brasileiro se caracteriza pelo monopólio do governo na administração e comercialização de energia elétrica. Em 1962, o Governo Federal criou a Eletrobras, a qual detinha o monopólio do sistema de transmissão e responsabilidade pela geração de parte da eletricidade (BAJAY, 2006). Nesse período, havia o entendimento que esta era a melhor opção para o fornecimento de energia com as tecnologias disponíveis (DE OLIVEIRA, 2007).

Na década de 80, a crise do petróleo e a instabilidade econômica foram responsáveis por um endividamento do setor elétrico brasileiro. Os cargos decisórios das empresas estatais, escolhidos por afinidade política, mostraram-se ineficientes por falta capacitação. Tudo isso levou ao desgaste desse modelo de gestão centralizado do setor elétrico dando início a busca de outras alternativas (DE OLIVEIRA, 2007).

O ano de 1993 foi um marco para as mudanças de políticas públicas voltadas ao setor elétrico. Devido a políticas de privatização, o governo brasileiro restringiu seu envolvimento na produção e fornecimento de energia elétrica. O então atual governo FHC (Fernando Henrique Cardoso) buscava atrair investimentos externos para geração e fornecimento de eletricidade. No início do século XXI, aproximadamente

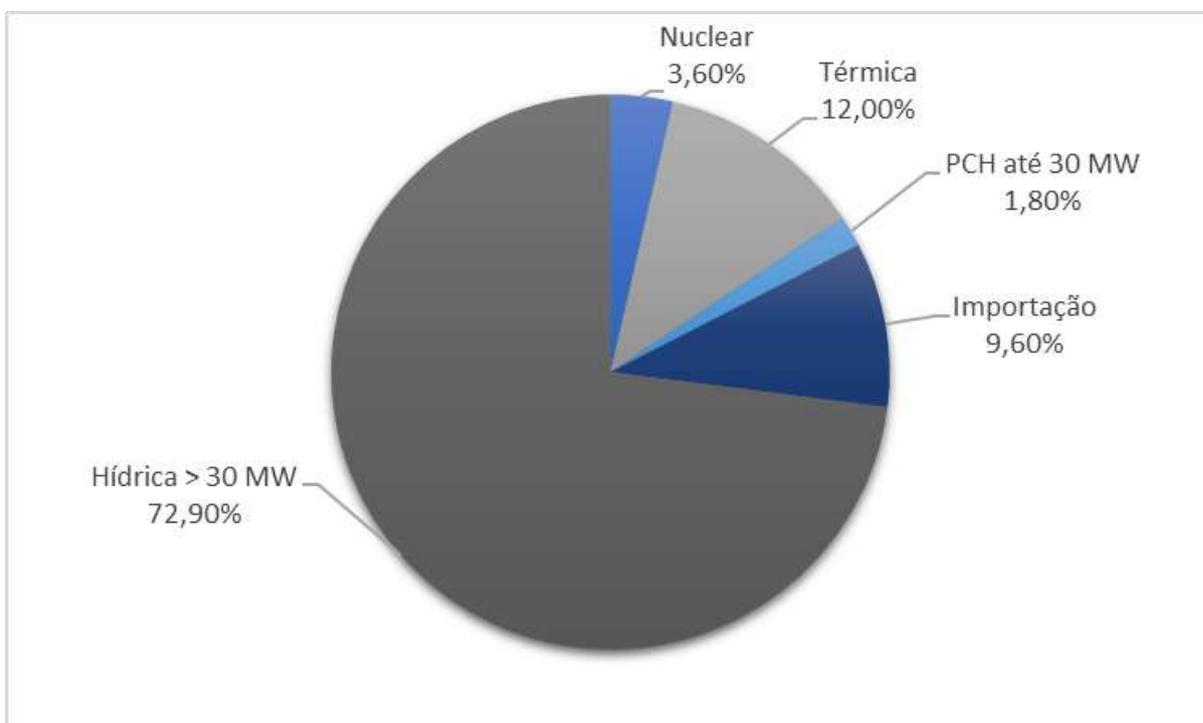
70% dos ativos de distribuição e 30% da capacidade de geração já estavam em posse da iniciativa privada, introduzindo as agências reguladoras brasileiras como forma de regulação do mercado (BRADSHAW, 2017).

Com a crise elétrica no início dos anos 2000, o governo federal despertou para a necessidade de diversificação da matriz elétrica nacional que, até então, era predominantemente composta por fonte hidráulica.

A energia oriunda de usinas hidroelétricas é considerada limpa e renovável, todavia, os impactos ambientais (consequência do grande número de áreas inundadas e do metano (CH₄) resultado da degradação do material orgânico submerso por essas inundações) restringem sua utilização (DOS SANTOS, 2006).

A Figura 2 representa da matriz energética brasileira em 2002.

Figura 2 - Oferta de Eletricidade no Brasil em 2002

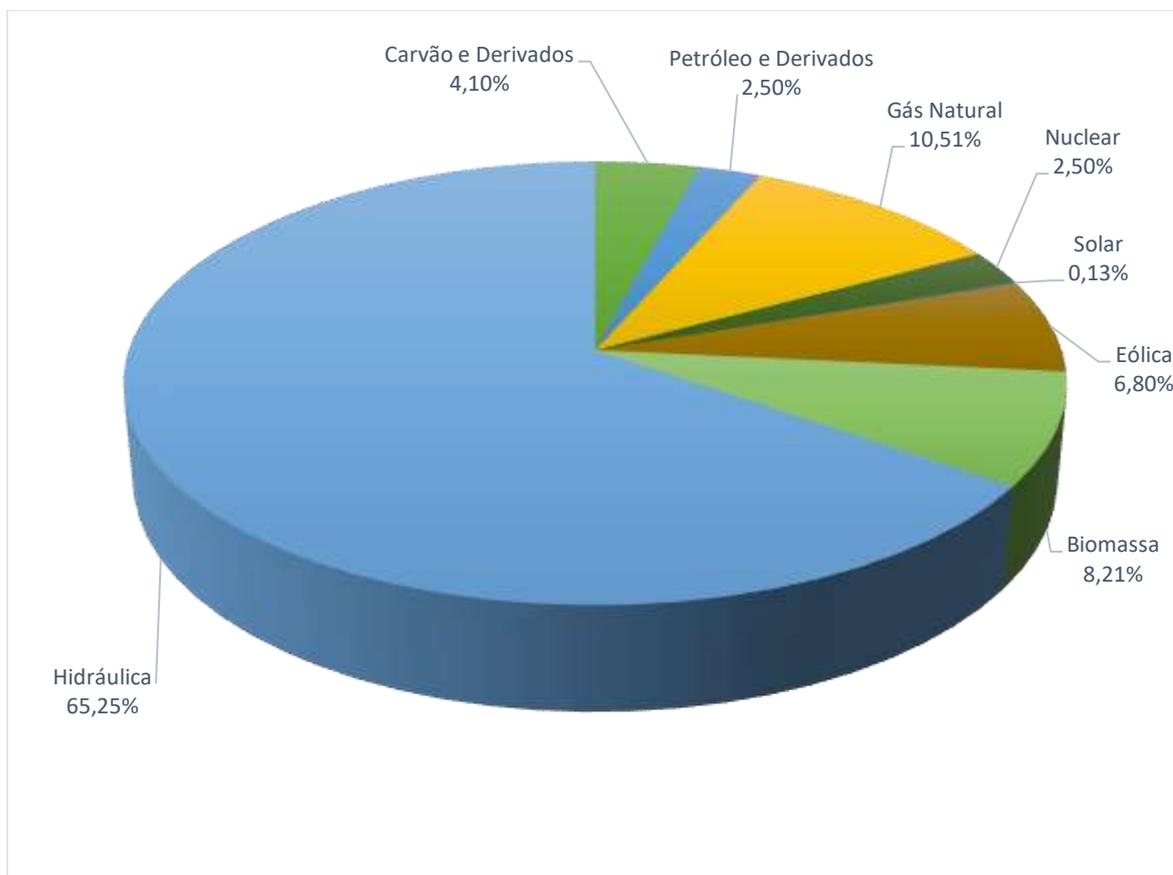


FONTE: Adaptado ANEEL, 2002.

A Figura 2 nos mostra a grande dependência energética da fonte hídrica no país no início do século. Uma parcela significativa da energia utilizada provinha de importações, ou seja, até o começo do século o Brasil não conseguia suprir sua demanda interna de energia.

Esse cenário entra em contraste quando, 14 anos depois, compara-se a imagem acima com o gráfico de oferta interna de energia do ano de 2016. A diversificação da matriz energética que pode ser evidenciada pela Figura 3.

Figura 3 - Oferta Interna de Energia Elétrica no Brasil em 2017



FONTE: Adaptado ANEEL, 2018.

Atualmente, o Brasil é a 7ª maior economia do mundo e o 8º maior consumidor de energia total, além de possuir uma das matrizes de energia mais renováveis do mundo (ANEEL, 2017).

De acordo com dados do Balanço Energético Nacional de 2018:

“O Brasil dispõe de uma matriz elétrica de origem predominantemente renovável, com destaque para a geração hidráulica que responde por 65,2% da oferta interna. As fontes renováveis representam 80,4% da oferta interna de eletricidade no Brasil, que é a resultante da soma dos montantes referentes à produção nacional mais as importações, que são essencialmente de origem renovável”. (BEN, 2018, p. 16)

O setor elétrico brasileiro passou por grandes crises até perceber a necessidade de diversificar sua matriz. O país demorou quase três décadas para

iniciar esse processo. Apesar do atraso, finalmente o Brasil está buscando solução para suprir sua demanda interna de forma mais distribuída entre as variadas fontes existentes no mesmo.

2.2.1. Energia Eólica

Um dos grandes marcos no setor eólico ocorreu após a crise do petróleo de 1973 quando o governo dos EUA começou a investir na pesquisa e desenvolvimento de energia eólica (CARMOY, 1978; GIPE, 1991). A reação do governo brasileiro à crise foi intensificar a construção de hidroelétricas como medida para minimizar a dependência que tinham as indústrias brasileiras do petróleo (HAGE, 2008; SHEZAN *et. al.*, 2016; WESSEH JR. e LIN, 2016).

No período que se seguiu, entre os anos de 1973 e 1986, o mercado eólico americano migrou de aplicações domésticas e agrícolas para parques eólicos interligados chegando a uma capacidade de geração de 50 a 600 kW. A partir 1981 até 1990, o governo dos EUA concedeu incentivos através de investimentos e créditos de energia. Como resultado, iniciou-se o primeiro vislumbre de produção de energia eólica em larga escala com a instalação de 1,7 GW no estado da Califórnia (RIGHTER, 1996). Somente em 1999, quase uma década depois, surgiram no Brasil as primeiras adições eólicas à matriz energética do país (GWEC, 2016).

Com a iniciativa do governo militar em explorar o grande potencial hídrico do país, o Brasil passou a investir cada vez mais em usinas hidroelétricas que, no início do século XX, já era responsável por cerca de 42% da matriz energética e 90% da energia elétrica produzida (ANEEL, 2002).

No ano 2000, iniciava-se debates extensos quanto ao chamado “bloqueio do carbono” ou diminuição da dependência global de combustíveis fósseis. O debate girava em torno de três abordagens (BELLABY, 2010):

- Controle de Emissões: limitações quanto ao volume máximo de gases lançados na atmosfera;
- Continuidade: combinação entre combustíveis fósseis e fontes alternativas como nucleares e energias renováveis;

- Descontinuidade: substituição completa dos combustíveis fósseis por energias renováveis.

Os debates se estenderam por um bom tempo com dúvidas quanto a alternativa mais eficaz e como solucionar a crise energética. Não é uma solução simples de adotar, pois não se trata apenas de soluções meramente técnicas, mas de sistemas complexos de interesses econômico e sociais. A transição energética trata-se de modificar as relações sociais, instituições e toda uma cultura que se estabeleceu ao redor dos combustíveis fósseis. A dependência do mercado tem sido um grande agravante para a transição, porém o próprio mercado tem acelerado o processo nos últimos anos (BELLABY, 2010).

Essa dependência das fontes hídricas gerou a crise energética em 2001 e 2002, quando houve grande seca no Brasil e esta causou a redução significativa no nível dos reservatórios das usinas hidroelétricas instaladas. Por esse motivo, várias discussões foram levantadas sobre a necessidade de maior diversidade na matriz energética brasileira (JUAREZ *et. al.*, 2014).

Em 26 de abril de 2002 foi sancionada a Lei 10.438/02 com a seguinte proposta:

“Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica, dá nova redação às Leis nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, nº 9.648, de 27 de maio de 1998, nº 3.890-A, de 25 de abril de 1961, nº 5.655, de 20 de maio de 1971, nº 5.899, de 5 de julho de 1973, nº 9.991, de 24 de julho de 2000, e dá outras providências” (BRASIL, 1988).

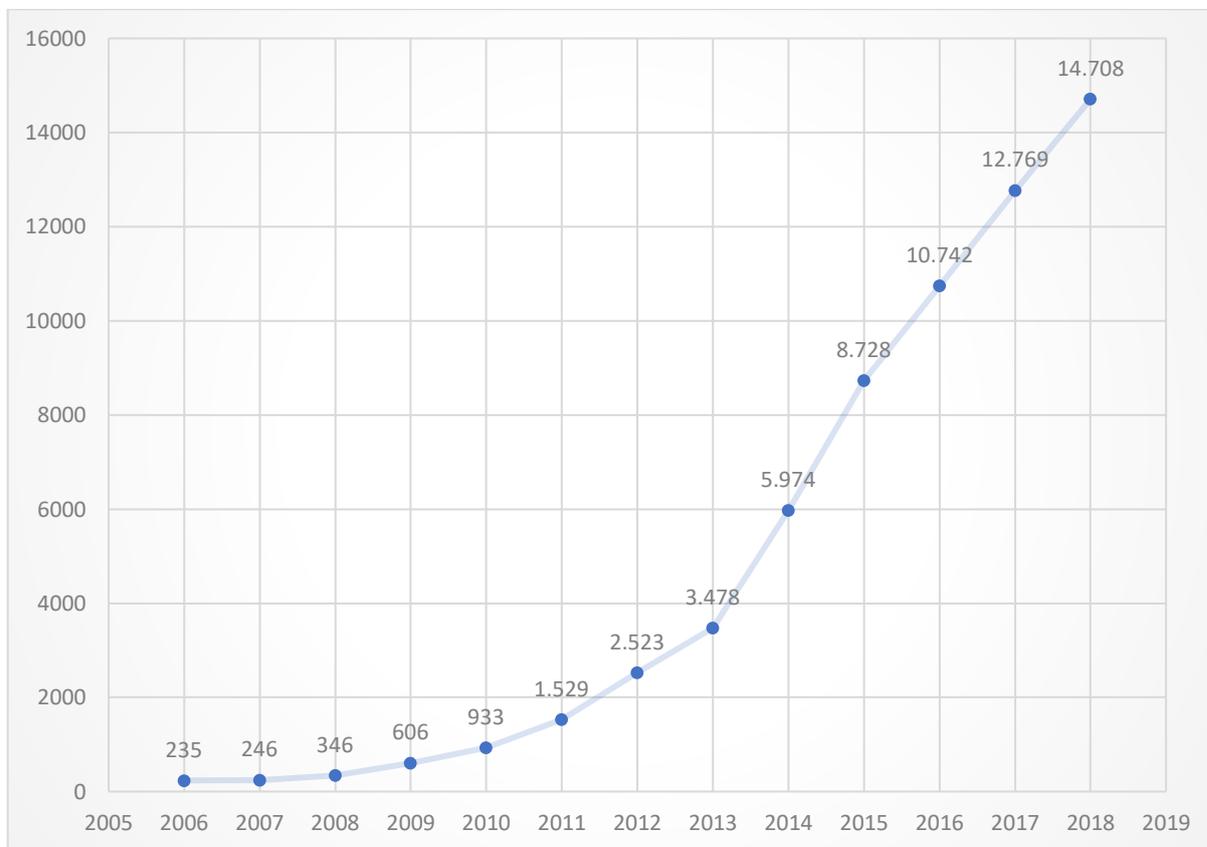
Com o PROINFRA deu-se início a uma política de regulação favorável a implementação de outras fontes alternativas de energia, entre elas, a eólica. O objetivo inicial do programa foi gerar 3300 MW de energia por meio de fontes eólica, biomassa e pequenas centrais hidroelétricas igualmente divididas (DUTRA e SZKLO, 2008; GWEC, 2011).

O período de 1999 e 2005 foi marcado por modestos incrementos na capacidade eólica instalada mesmo após a criação do PROINFRA. A causa disso os altos impostos e taxas significativas de importação no período o que tornaram onerosos a implantação de projetos. As centrais eólicas implantadas se tornavam viáveis apenas quando a produção e o abastecimento eram locais. Até o final de 2005

a capacidade instalada foi de 28,55 MW. Em 2006, foram instalados 208MW, uma taxa de crescimento de 717% (GWEC, 2006).

O Gráfico 1 apresenta o crescimento da capacidade instalada nos últimos anos.

Gráfico 1 - Crescimento da capacidade instalada de energia eólica



FONTE: Adaptado ABEEÓLICA, 2019.

As informações apresentadas no gráfico mostram um crescimento médio de instalações eólicas de 300% ao ano no período compreendido entre 2006 a 2014.

Mudanças regulatórias importantes para o mercado eólico ocorreram em 2009 quando aconteceu o primeiro leilão de geração de energia exclusivo para projetos eólicos. Este trouxe resultados positivos para o setor, pois atraiu fabricantes da indústria de energia eólica. Os resultados se repetiram no segundo leilão de 2010 com o acréscimo de 325 MW na capacidade instalada e despertou ainda mais o interesse de investidores do mercado (GWEC, 2011).

A estimativa do potencial eólico brasileiro chega aos 143,5 GW (SILVA *et. al.*, 2016; GWEC, 2010, 2013, 2014, 2015). No ano de 2015, o Brasil alcançou a marca de 8,715 GW de energia gerada através da cinética dos ventos levando o país a

ocupar a décima posição no ranking mundial de capacidade de geração acumulada (ABEEÓLICA, 2015).

Os custos de geração de energia por empreendimentos eólicos alcançaram, em média, valores menores que o carvão e pequenas centrais hidroelétricas. O ônus relacionado à instalação dessa tecnologia tende a diminuir ainda mais pela produção de turbinas eólicas no Brasil (SILVA *et. al.*, 2016).

Porém, existe uma grande necessidade de maiores informações para tomar grandes decisões de investimentos, visto a incerteza quanto a futuras contratações. Segundo Abeeólica (2016), a energia eólica alcançou 7,1% de participação na matriz energética brasileira com 10,6 GW de capacidade instalada com perspectiva de chegar a 17,95 GW em 2020.

A partir da melhora no ambiente regulatório do Brasil, o número de empresas nacionais e internacionais dispostas a altos investimentos no setor eólico brasileiro cresceu. Com o crescimento do número de empresas atuantes no setor eólico, a competitividade frente às outras fontes de energia, antes predominantes no país, também cresceu.

Instituições nacionais e internacionais vêm tentando prever o cenário para futuros investimento no mercado de energia. A ABEEólica (Associação Brasileira de Energia Eólica), estimou que a capacidade instalada de energia eólica em 2016 seria de 8,76 GW (ABEEÓLICA, 2012). Porém, os parques eólicos em funcionamento ultrapassaram de forma significativa esta marca neste mesmo ano. De acordo com o último boletim anual publicado em janeiro de 2017 pela ABEEólica, o Brasil atingiu a marca de 10,74 GW de capacidade instalada. São 1,98 GW a mais do que previsto no boletim de 2012. Ainda de acordo com o boletim anual de 2016, o órgão estima que em 2020 a capacidade instalada de geração de energia eólica chegará a 17,95 GW.

Para realizar a análise do cenário do setor eólico não é suficiente tomar como referência a economia por si só, mas como a mesma se estrutura, as tendências de desenvolvimento da tecnologia, os padrões tecnológicos, os recursos existentes e os possíveis riscos (ALMEIDA, 2007). As incertezas ao redor desse mercado dificultam uma análise estatística que viabilize a criação de previsões mais precisas relacionados a esse setor (MORGAN, 1992).

O Ministério Brasileiro de Minas e Energia lançou o Plano Nacional de Energia 2030 (PNE) em 2007. Este Plano contém diretrizes e planejamento para o setor de energia brasileiro. As expectativas contidas no PNE 2030 para a matriz eólica foram modestas, pois os estudos foram realizados num período de pouca relevância (EPE, 2007).

Em seu trabalho, Pereira *et. al.* (2013) traz a proposta de um modelo de simulação para prospecção do cenário do mercado eólico. Não obstante, faz uma análise comparativa entre o PNE 2030, o World Energy Outlook (WEO) da Agência Internacional de Energia (IEA) e os resultados obtidos na utilização do seu modelo. Na simulação proposta pelo autor, apresentou-se uma estimativa de 12 GW de geração para 2016. A Tabela 2 traz o comparativo os 3 estudos.

Quando comparados os cenários expostos por esses estudos, com dados apresentados pelos órgãos brasileiros, pode-se identificar um crescimento considerável no desenvolvimento da matriz eólica no Brasil. Dessa forma, entre os estudos analisados e apresentados na Tabela 2, o que possui maior probabilidade de ocorrência é a simulação desenvolvida por (PEREIRA *et. al.*, 2013).

Tabela 2 - Cenários de Crescimento do mercado de energia até 2030 em GW

| Tecnologia | [25] | PNE 2030 | WEO 2010 |
|-------------------|-------------|-----------------|-----------------|
| Eólica | 19,00 | 4,60 | 7,60 |
| Hidráulica | 170,30 | 156,30 | 103,70 |
| Biomassa | 8,50 | 6,40 | 7,60 |
| Total | 238,30 | 211,70 | 161,50 |

FONTE: Pereira *et. al.* (2013)

Até 2018, o país possuía 601 parques eólicos instalados responsáveis pelo total da capacidade instalada da matriz eólica (15 GW). Possui, também, empreendimentos com obras iniciadas com capacidade de geração de 4,6 GW. Cerca de 85,4% De toda a energia eólica gerada no ano de 2018 foi proveniente de parques que estão instalados na região nordeste do país (ABEEÓLICA, 2019).

Quando somadas as capacidades de geração de todos esses empreendimentos, chegamos ao número de 19,6 GW. Dessa forma, o cenário 2020 construído pela Abeeólica (2017) não está fora de alcance, se tornando mais realista do que a simulação feita por Pereira *et.al.* (2013).

De acordo com Brandstatt *et. al.* (2011), a eficiência na produção de energia eólica confere a ela uma importante função, pois possui o menor custo de geração de eletricidade a longo prazo. Por esse motivo, é uma das indústrias que mais cresce no mundo (BUNDESMINISTERIUM, 2013).

A evolução progressiva do setor é motivadora para investimentos futuros. Porém ainda se fazem necessários estudos para auxiliar empresas, muitas delas nacionais, a se estabelecer no mercado.

2.2.2. Rodadas De Licitação – Setor Eólico

Dentre os mecanismos para aquisição de energia renováveis, existem dois que possuem destaque no cenário mundial: leilões e tarifas fixas (*feed-in-tariff*) (SHRIMALI, 2016).

A utilização de tarifas fixas tem como suporte contratos de longo prazo e bonificações oferecidas pelo governo, além de congelar as taxas pagas pela eletricidade produzida. No entanto, uma possível carência de informações poderia acarretar tarifas incorretas e/ou pouco competitivas (IRENA, 2013; MAURER *et. al.*, 2011).

A crescente aceitação dos leilões como instrumento de aquisição de energias renováveis pelos governos do mundo inteiro decorre de seu potencial como um mecanismo mais rentável (IRENA, 2013).

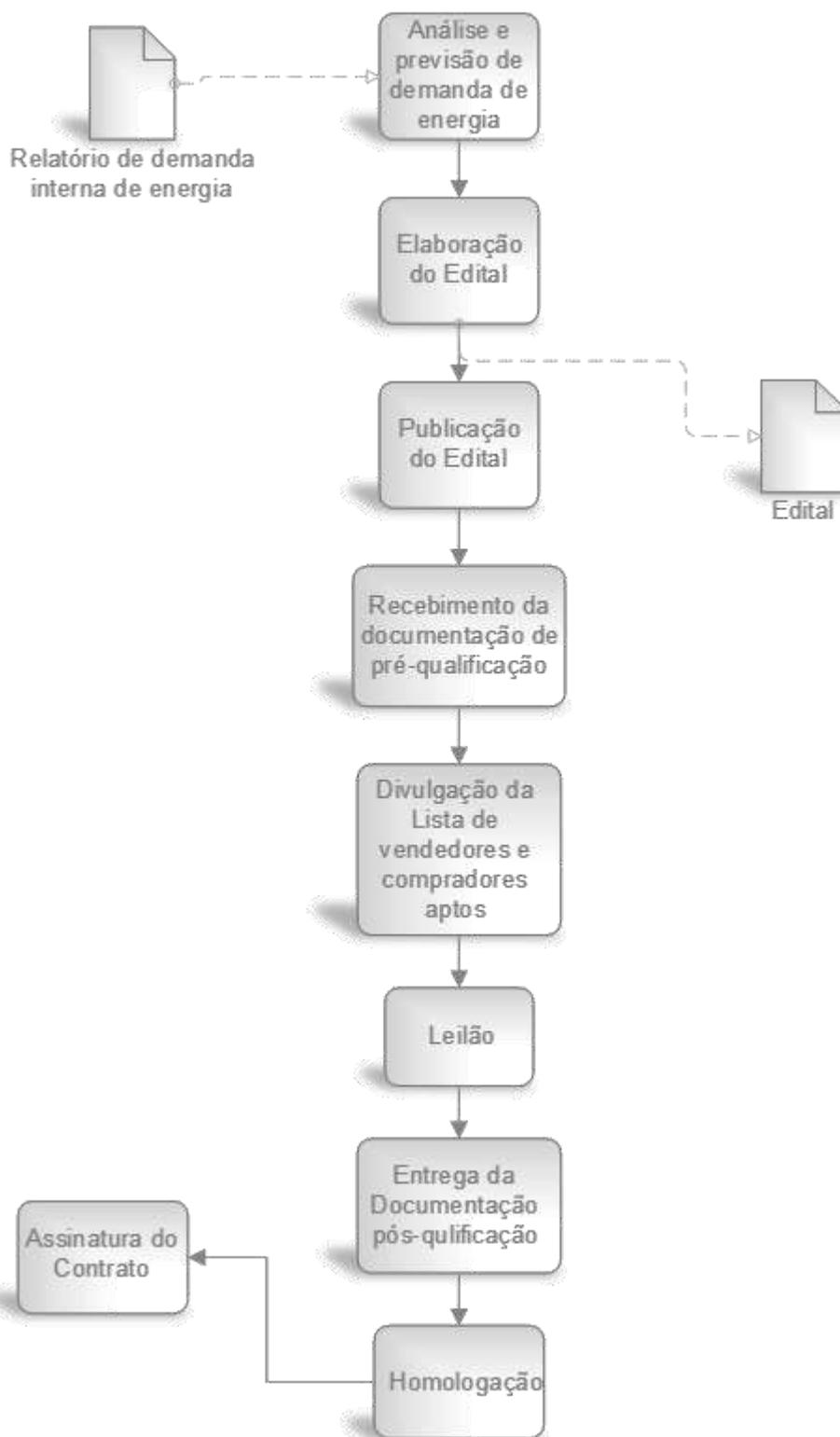
Segundo Shrimali (2016), os leilões funcionam da seguinte forma:

“[...] um Comprador de energia renovável (governos ou concessionárias) anuncia interesse em comprar uma quantidade fixa de eletricidade a partir de uma fonte energia renovável. Os vendedores (desenvolvedores de projetos), que atendem a critérios técnicos e financeiros predefinidos, então submetem os lances de preço ao comprador de energia renovável, que normalmente seleciona os vendedores vencedores com base nos lances mais baixos” (SHRIMALI, 2016, p. 01).

Ainda de acordo com Shrimali (2016) os leilões, quando projetados de forma adequada, são a forma mais eficiente e transparente de auxiliar o desenvolvimento de energias renováveis.

A Figura 4 mostra as etapas dos leilões de energias renováveis no Brasil.

Figura 4 - Etapas dos Leilões de Energias Renováveis



FONTE: Elaborado pela autora (2019).

Desde 2007 até meados de 2016, ocorreram 21 leilões para vendedores de energia elétrica através de fontes renováveis. Os empreendimentos eólicos tiveram sua primeira participação em leilões de geração no Brasil, havendo 2 cancelamentos: leilões 08-2009 e 01-2012. O edital 03/2009 foi o único leilão de energias renováveis do ano e específico para geração por fonte eólica, abrindo portas para que o setor eólico passasse a ter maior visibilidade nos posteriores.

O primeiro leilão de energias renováveis ocorrido em 2010 foi marcado por uma participação significativa de empreendimentos eólicos (20 no total), porém grande parte desse número não foi qualificada pelo não cumprimento dos requisitos contidos no edital (documentos, requisitos técnicos, entre outros).

Desde o segundo leilão de 2010, o setor eólico contrata um número maior de lotes (0,1 MW médio) nos certames com poucas exceções. Entre os leilões realizados pode-se destacar 3 fontes de energia renovável: hidroelétrica, biomassa e eólica. No entanto, com exceção dos editais 03/2014 e 07/2011, os empreendimentos eólicos ofereceram uma média de preço inferior à média geral do leilão. No edital 06/2014 este valor chegou a ser 30,63% inferior ao preço médio por MWh final do leilão.

A Quadro 1 traz um resumo dos números de energia eólica em todos os leilões ocorridos até junho de 2016, apresentando as fontes eólicas de cada leilão.

Quadro 1 - Resumo da Atuação da Energia Eólica em Todos os Leilões

| LEILÃO/ ANO | LOTES LICITADOS | LOTES CONTRATADOS P/ ENERGIA EÓLICA | FONTE EÓLICA | EMPREENDEMENTOS EÓLICOS LICITANTES | PREÇO MÉDIO DE VENDA (R\$/MWH) | PREÇO MÉDIO DE VENDA DOS EMPREENDEMENTOS EÓLICOS (R\$/MWH) |
|------------------------|----------------------------|--|-------------------------|---|---|---|
| 03 - 2007 | 186 | 0 | - | - | - | - |
| 03 - 2008 | 3125 | 0 | - | 1 | - | - |
| 03 - 2009 | 753 | 753 | EOL | 71 | R\$ 148,39 | R\$ 148,39 |
| 08 - 2009 | CANCELADO | | | | | |
| 05 - 2010 | 5374 | 0 | - | 20 | R\$ 141,54 | - |
| 07 - 2010 | 7143 | 6439 | EOL | 50 | R\$ 148,39 | R\$ 131,83 |
| 02 - 2011 | 24911 | 8200 | EOL | 44 | R\$ 102,07 | R\$ 99,50 |
| 03 - 2011 | 9208 | 8462 | EOL | 34 | R\$ 99,61 | R\$ 99,60 |
| 07 - 2011 | 5552 | 4524 | EOL | 39 | R\$ 102,18 | R\$ 105,53 |
| 01 - 2012 | CANCELADO | | | | | |
| 06 - 2012 | 3022 | 1516 | EOL | 10 | R\$ 91,25 | R\$ 87,98 |
| 05 - 2013 | 6755 | 6755 | EOL | 66 | R\$ 110,51 | R\$ 110,51 |
| 09 - 2013 | 3325 | 3325 | UEE | 39 | R\$ 124,43 | R\$ 124,43 |
| 10 - 2013 | 15995 | 9896 | UEE | 97 | R\$ 109,93 | R\$ 107,27 |
| 03 - 2014 | 3952 | 2656 | UEE | 21 | R\$ 126,18 | R\$ 130,05 |
| 06 - 2014 | 27425 | 4151 | EOL | 36 | R\$ 196,11 | R\$ 136,05 |
| 08 - 2014 | 5353 | 3332 | UEE | 31 | R\$ 169,82 | R\$ 142,31 |
| 02 - 2015 | 969 | 297 | UEE | 3 | R\$ 199,97 | R\$ 177,47 |
| 04 - 2015 | 3143 | 2378 | UEE | 19 | R\$ 188,87 | R\$ 181,09 |
| 09 - 2015 | 5079 | 2626 | UEE | 45 | R\$ 249,00 | R\$ 198,43 |
| 01 - 2016 | 2018 | 0 | - | 0 | R\$ 198,59 | - |

FONTE: Elaborada pela autora (2019).

Além da crescente participação das usinas eólicas nos leilões de geração de energia, uma das principais consequências das mudanças regulatórias favoráveis ao mercado foi uma maior competitividade da matriz eólica no mercado. Com exceção dos leilões 03-2007, 03-2008 e 01-2016, todos tiveram empreendimentos eólicos entre os vencedores.

Em média, os preços de geração de energia por empreendimentos eólicos alcançaram valores inferiores à média geral, que compreende centrais de geração por carvão, biomassa, fotovoltaica e pequenas centrais hidroelétricas. No edital 06-2014, a média de preço de venda por fonte eólica chegou a ser 30,63% inferior ao preço médio do mesmo leilão.

Também podemos observar pela **Erro! Fonte de referência não encontrada.** o nível de competitividade da energia eólica frente às outras fontes renováveis de energia, visto o relevante número de lotes licitantes ganhos por empreendimentos eólicos. Traçando a média de participação dos ventos na contratação de lotes o montante alcança a 63%. Ou seja, mais da metade dos lotes licitados são contratados para geração de energia eólica. Nessa análise, temos uma máxima de 100% e mínima de 15%.

Um fato significativo ocorreu no primeiro leilão de 2010. Houve um grande número de empreendimentos eólicos ganhadores do leilão (20 no total). Porém 95%, por problemas na documentação, quase são desqualificados. Esse fato retrata a necessidade que as empresas do setor eólico possuem de maiores informações e instrumentos que as ajudem na implantação e tomada de decisão de seus investimentos.

Desde a sua fundação em 2002, a ABEEólica vem tentando impulsionar o crescimento de energia eólica e auxiliar as empresas atuantes no mercado em questões regulatórias para diminuir essa carência de informações.

Apesar da energia eólica, no geral, possuir o menor preço de venda, os custos de instalação dessa tecnologia tendem a apresentar uma queda acentuada com a fabricação de turbinas eólicas no Brasil (SILVA *et. al.*, 2016). Com a queda dos preços de energia, os empreendimentos eólicos passam a ganhar cotas de geração maiores nos leilões.

Nos primeiros editais de energias renováveis lançados, a maioria das empresas participantes eram de origem estrangeira. Mas com o aumento de incentivos fiscais, esses números foram se equilibrando e dando maior equidade ao mercado brasileiro.

Apesar das incertezas que cercavam o mercado, a matriz eólica continuou ganhando destaque econômico, impulsionando estudos para comprovar as vantagens financeiras dessa fonte de energia quando comparada a outras fontes renováveis.

Os números revelam um aumento significativo do uso de grandes usinas eólicas para suprir a demanda de energia elétrica. O desenvolvimento do setor aliado a instrumentos regulatórios do estado foram os principais responsáveis para o aumento no número de empresas do setor participantes nos leilões, sendo que as empresas participantes dos leilões são predominantemente estrangeiras.

2.3. PROCESSO DE NEGÓCIOS DE ENERGIA

De acordo com Aguilar-Saven (2004), um processo de negócios é um conjunto de atividades que descrevem a lógica de funcionamento de uma empresa e/ou projeto, a fim de entender os vínculos entre elas para alcançar o resultado esperado. A compreensão desses processos permite que a empresa seja capaz de se adaptar melhor às mudanças do mercado.

A modelagem do processo de negócios ou BPM (*Business Process Modelling*) possui papel fundamental na percepção das etapas que compõe o processo de negócios, uma vez que representa graficamente o conjunto de tarefas e o fluxo dos processos.

Teles (2016) acredita que, “a representação gráfica abstrai detalhes da lógica do negócio permitindo ter uma visão holística do cenário. Este detalhamento, no entanto, não é perdido, pois um conjunto de regras pode ser elaborado para garantir a integridade” (TELES, 2016, p. 72)

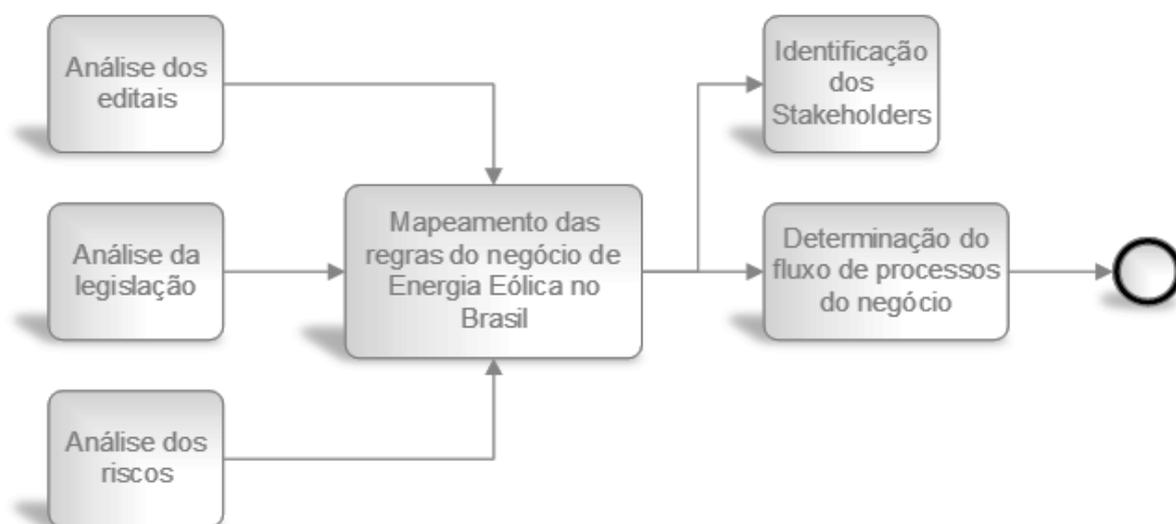
Não há como entender o processo de negócios sem a percepção clara das etapas que o compõe. Logo, diagramar o negócio de investimento no setor eólico é fundamental para compreensão do mesmo. Cada etapa que compõe o modelo de negócios é munida de atividades gerenciais complexas atreladas a tomadas de decisões que possuem consequências acumulativas no resultado final do processo. De fato, para a tomada de decisão de investimento em um determinado setor, a

empresa necessita está ciente dos trâmites e requisitos necessários para sua inserção no mercado.

Para entendimento do processo de negócios de energia eólica foram coletados dados de todos os editais dos leilões de energias renováveis entre os anos 2000 e 2017, além de relatórios de órgãos técnico nacionais e internacionais. Nos leilões estudados foram leiloados lotes para concorrência entre os empreendimentos de diversas matrizes renováveis (biomassa, solar, eólica, PCH, entre outros).

A Figura 5 traz o fluxograma básico para rastreamento do processo de negócios.

Figura 5 - Rastreamento do Processo de Negócios de Energia Eólica

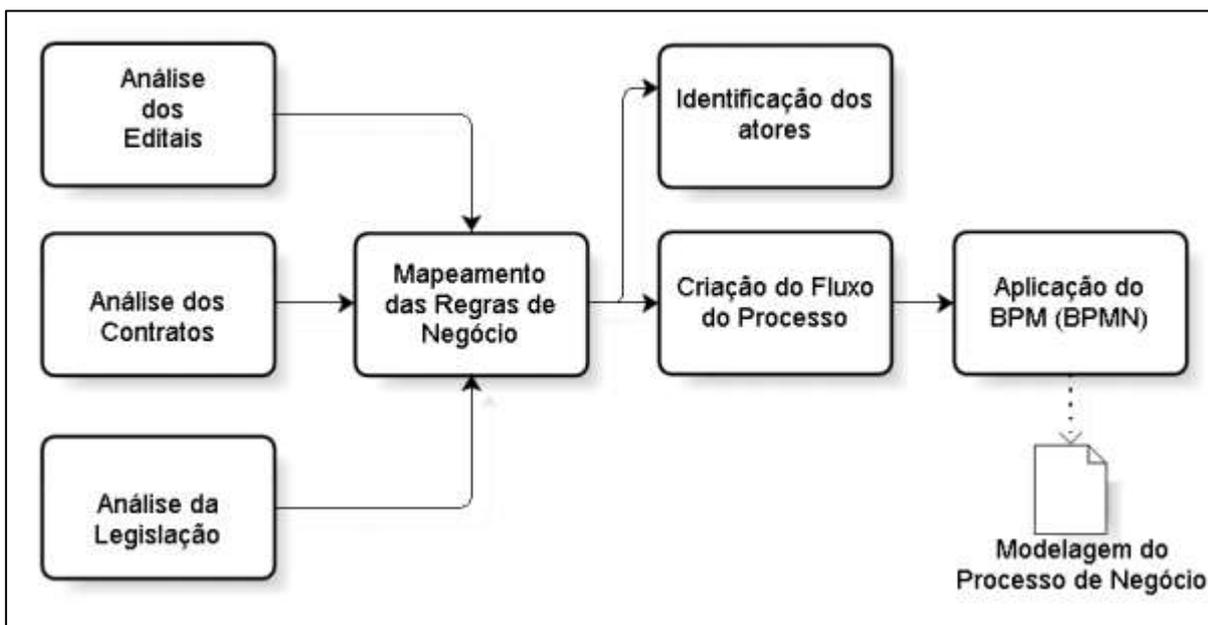


FONTE: Elaborado pela autora (2019).

A participação das empresas no processo de leilões de energia é caracterizada por uma série de requisitos a serem cumpridos. Esses requisitos são identificados a partir da análise de da legislação vigente no país, além do próprio edital de geração. Ciente dos requisitos, essas são capazes de apontar as partes que serão diretas ou indiretamente afetadas pela implantação do projeto e posterior determinação do processo de negócios.

Em seu trabalho, Teles (2016) esquematizou o modelo de negócios do processo de reativação de campos marginas de petróleo para estimular pequenas e médias empresas a participarem deste mercado. Segundo o autor, o processo de negócios é representado na Figura 6.

Figura 6 - Elaboração da Modelagem de Negócios



FONTE: TELES, 2016.

Analisando o processo de negócios descrito por Teles (2016) é possível observar a semelhança presente entre os modelos de negócios de fontes alternativas de energias e algumas matrizes baseadas em combustíveis fósseis como é o caso dos campos marginais de petróleo.

No Brasil, os leilões são utilizados como principal forma de aquisição de energia independente da matriz usada na geração. Sendo assim, torna-se viável a semelhança entre os modelos de negócios entre duas matrizes diferentes. Essa similaridade é um critério importante na tomada de decisão do investimento.

2.4. ANÁLISE DE RISCO

A energia renovável é uma indústria de capital que demanda altos níveis de investimentos e busca constante por inovação tecnológica. Existem inúmeras incertezas que cercam os investimentos no setor de energias limpas, sendo estas, grandes desafios a serem enfrentados para uma maior confiabilidade à tomada de decisão na inserção de capital. Logo, a análise e avaliação de riscos tornam-se fatores de grande importância no desenvolvimento de energias renováveis, uma vez que

apoiam a tomada de decisão de investimentos (LIU e ZENG, 2017; DAVIDOV e PANTO, 2016).

Existe uma quantidade considerável de grandes projetos de energia com tecnologias avançadas que não são desenvolvidos. As incertezas que rodeiam a transição energética desempenham um papel significativo nesse processo (D'AERTRYCKE, 2017).

Merková e Drábek (2015, p.1) disseram que:

“O risco de negócio é avaliado em relação a critérios específicos de avaliação de eficiência da atividade de investimento. Utilizando a análise de risco, os métodos e técnicas disponíveis aplicados como ferramentas de medição e gestão de investimentos, a empresa obtém informações que apoiarão sua decisão e, nessa base, poderá decidir melhor na aceitação ou rejeição do investimento. Cada atividade de investimento na empresa é acompanhada de riscos e incertezas, portanto, a empresa deve aceitar e considerar seu impacto sobre os lucros futuros. Após a detecção dos riscos, suas fontes e impacto sobre o sucesso do projeto, podem ser tomadas as medidas para reduzir o risco a um nível aceitável.” (MERKOVÁ e DRÁBEK, 2015, p.1)

Segundo Cochrane (2005), desde que a administração se tornou uma ciência, as finanças corporativas são impactadas pela importância do risco no investimento. A análise de riscos pode ser dissociada em duas vertentes. Uma, baseada no Modelo de Preços de ativos de Capital (CAPM), usada principalmente para investimentos de longo prazo. A outra é baseada em preços de derivativos e sua aplicação dá-se em investimentos de médio a curto prazo, porém também é utilizado na avaliação de usinas flexíveis.

Apesar de abordagens técnicas diferentes, o CAPM e os preços derivativos, também chamados preços de contingência, são aplicados sob hipóteses semelhantes, pois geralmente negligenciam a possibilidade do mercado incerto (MAGILL e QUINZII, 2002). O cenário atual do mercado de energia é altamente incerto o que torna as abordagens citadas insuficientes para tomada de decisão (D'AERTRYCKE, 2017).

Além da incerteza do mercado, outro aspecto relevante para a análise de risco de investimentos é a ciclicidade das condições de saída do mercado, ou seja, as variações que ocorrem na geração de receita do investimento. O que mais tem-se discutido na literatura é a forma como os investidores ajustam suas aplicações com mercados regulados pelo estado (GOMPERS, 2008).

Não só se torna pertinente a reflexão sobre os riscos dos investidores, mas também os riscos gerenciados pelo financiamento destas aplicações que, no mercado

de energia, geralmente é atribuído ao governo ou seus parceiros. Comumente, empresas de capital de risco vem se especializando em etapas diferenciadas de desenvolvimento do projeto, as quais podem surgir contratemplos, gerando diferentes níveis de danos.

Os empresários tendem a procurar fundos de investimento de acordo com a fase da sua empresa: inicial, em ascensão ou consolidada no mercado. Isso ocorre porque os projetos possuem maior risco em estágio inicial, pois não existem históricos de seu desempenho, logo há maior probabilidade de falhar (CHAPLINSKY, 2016).

O mercado de energias renováveis não está isento das incertezas inerentes a quaisquer investimentos, mas, além destas, possui riscos associados diretamente ao setor de energia (ZENG *et. al.*, 2014).

Grande parte dos riscos ligados ao setor energético afetam diretamente e de forma expressiva os lucros. Identificar e gerenciar tais ameaças ao desempenho do projeto é primordial para o sucesso do mesmo (GARBUZOVA-SCHLIFTER e MADLENER, 2016). Sendo assim, as incertezas resultantes de um complexo ambiente de investimento aumentam cada vez mais, podendo causar o fracasso de projetos de energias renováveis (ZENG *et. al.*, 2014).

Uma vez explícito o quão importante é a identificação dos riscos nas atividades de investimento de energias renováveis, fica notória a necessidade de reconhecer, categorizar, compreender e avaliar os mesmos, assim como suas consequências. Sem essa prática se torna inviável prever o cenário de implantação de projetos e adotar medidas corretivas para suprimir ou controlar esses riscos de forma efetiva (LIU, 2017).

Em seus trabalhos, Liu (2017); Kim *et. al.* (2016); Heo *et. al.* (2011) expõem algumas lacunas existentes nos métodos tradicionais. A mais citada é o fato de que essas metodologias consideram a existência de mudanças de riscos em todo o ciclo de vida do projeto. Além disso, discorrem sobre esses métodos não avaliarem a interação entre os riscos identificados.

Porém Li (2014), defende os modelos tradicionais de análise de riscos baseados em ferramentas como o TOPSIS e Grade de relações. Segundo ele, os resultados das análises utilizando modelos como o citado geram resultados satisfatórios.

A realidade é que grande parte dos modelos desenvolvidos para avaliação e gerenciamento de riscos tem por base indicadores meramente qualitativos e não quantitativos. São poucos os métodos que tentaram quantificar os indicadores e estabelecer parâmetros palpáveis para investimentos em energias alternativas. Isso ocorre pela complexidade do mercado.

Cada projeto de energia renovável possui particularidades que dificultam uma análise mais abrangente ao setor, gerando apenas ideias que norteiam a análise de risco de uma forma geral e não aplicada especificamente ao mercado de energia. Apesar de projetos de energias possuírem riscos comuns a outros setores, esses estão sujeitos a muitas variações do ambiente comercial, regulação do país onde está instalado, entre outros (GARBUZOVA-SCHLIFTER, 2016).

Uma das principais metodologias utilizadas para gestão de riscos é o modelo PMBOK (Project Management Body of Knowledge) ou Guia Internacional em Gerenciamento de Projetos. Porém o mesmo somente dispõe premissas básicas para o desenvolvimento de modelos de gerenciamento de riscos.

Na Figura 7 ilustra os 5 processos que norteiam a metodologia de gerenciamento de riscos segundo o Guia PMBOK.

Figura 7 - Processos de Gerenciamento de Riscos do Projeto



FONTE: <http://www.marciobrasil.net.br/wp-content/uploads/2013/11/Gerenciamento-de-Riscos1.png>

O que se pode observar na Figura 7, também, é a disposição do Ciclo PDCA. Do inglês *Plan, Do, Check, Action*, o Ciclo PDCA é uma ferramenta de qualidade na qual se baseia todos os conjuntos de processos que compõem as 10 áreas de conhecimento do Guia PMBOK, sendo o gerenciamento de riscos uma delas.

Não se faz suficiente apenas analisar e identificar os riscos envolvidos no projeto. A teoria trata da necessidade de integrar aquilo que norteia essas atividades, seus princípios e estímulos em um mesmo modelo. Ou seja, o ideal é obter total conhecimento dos fatores com impacto direto sobre o valor do projeto. Sua avaliação não pode ser feita isoladamente em nenhuma etapa ou no projeto como um todo (BARTOSOVÁ *et. al.*, 2015).

Essencialmente, a gestão de riscos do projeto ocorre com a sua análise. Esta é considerada a mais importante, pois consiste em identificar e avaliar os mesmos. A importância da análise fica clara, uma vez que, não se pode gerir riscos não identificados ou definir a metodologia de avaliação (PMI, 2017; GARBUZOVA-SCHLIFTER, 2016).

Quando se trata de avaliação de risco de forma quantitativas, são utilizadas ferramentas como análise de sensibilidade, Simulação Monte Carlo, análise de árvore de falhas, entre outros. Porém, técnicas como essas exigem entrada de dados afim de gerar análises estatísticas para obter probabilidade na avaliação (AHMED *et. al.*, 2007; KANGARI e RIGGS, 1989).

Caso não se tenha acesso a indicadores quantitativos, a avaliação dos riscos é feita com base em julgamentos subjetivos. Em sua maioria inclinam-se a ser tendenciosos ao método utilizado apontando cenários possíveis de ocorrer, mas não apresentando os dados de forma exata. A avaliação qualitativa envolve metodologias como métodos de decisão de múltiplos critérios, análise de árvore de decisão, entre outros (AHMED *et. al.*, 2007).

O acesso aos indicadores quantitativos dos projetos não é fácil. Uma grande maioria das empresas não permitem o acesso de terceiros a seus relatórios e nem a publicação dos números de seus indicadores. Por esse motivo, na literatura é predominante a avaliação de riscos por metodologias qualitativas.

Um método de avaliação muito utilizado por desenvolvedores, agências governamentais e instituições financeiras é a técnica do valor presente líquido sob a forma de fluxo de caixa. Essa técnica é usada em inúmeros projetos, porém é ineficaz

em mercados onde ocorrem grandes flutuações e incertezas. O mercado de energia renovável é muito influenciado pelo surgimento de novas tecnologias que estão em constante mudança. Além disso, os métodos de avaliação econômica não satisfazem inteiramente as exigências dos projetos de energias renováveis (KIM *et. al.*, 2016).

Entre as maiores causas de incertezas de aplicações nesse setor estão os custos de implantação, a oscilação do mercado, competitividade com combustíveis fósseis e o ambiente regulatório (KIM *et. al.*, 2016; GATZERT, 2016; GARBUZOVA-SCHLIFTER, 2016, BARTOSOVÁ *et. al.*, 2015).

Inúmeros modelos foram criados ao longo dos últimos 10 anos para avaliar os riscos de investimentos em energias renováveis. Foram utilizadas abordagens lineares às citadas anteriormente. É unanimidade entre os resultados de aplicações desses modelos que o maior risco de investimento no mercado é o ambiente regulatório estatal, o qual exerce influência relevante no início do investimento em um projeto de energias renováveis. (KIM *et. al.*, 2016; LIU e ZENG, 2017; GATZERT e KOSUB, 2016; MUÑOZ *et. al.*, 2015).

À medida que políticas de incentivos são implementadas e existe avanço tecnológico contínuo, os riscos associados ao ambiente de negócios em energias de baixo carbono tornam-se mais relevantes (LIU e ZENG, 2017). Este avanço é responsável pela redução do custo de implementação e manutenção dos projetos de energia renovável. À proporção que o ônus ligado a iniciativas nesta área sofre redução, o risco de mercado diminui (BARTOSOVÁ *et. al.*, 2015).

Segundo Turner *et. al.* (2013), a estimativa é que o gasto anual com a gestão de risco alcance a importância de USD 3,7 bilhões até 2020. Para ele, o gerenciamento de riscos para energias renováveis será um dos grandes mercados do futuro.

Neste trabalho, a análise de risco é aplicada na identificação e impacto dos riscos envolvidos na transição de negócios envolvendo fontes de energia distintas.

2.5. MÉTODOS DE APOIO A TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

O conceito de “tomada de decisão”, ou do inglês “*making decision*”, dar-se pelo diagnóstico e escolha da melhor opção para solucionar um problema, baseando-se em diferentes fatores, levando em conta os indicadores relevantes ao decisor. O ambiente decisório refere-se à coleta de dados, informes, alternativas e preferências acessíveis no momento em que a decisão é tomada (SAN CRISTOBAL e RAMON, 2012; DUCKSTEIN e OPRICOVIC, 1980).

Segundo Özcan *et. al.* (2017), a tomada de decisão inclui as seguintes principais etapas:

- Definição do problema;
- Gerar opções;
- Estabelecer, selecionar e ponderar de critérios;
- Avaliar as alternativas;
- Seleção do método de tomada de decisão
- Classificar as alternativas.

A partir da década de 60 que se iniciaram as primeiras análises de tomada de decisão para solucionar problemas de exploração de petróleo e gás com extensão de sua aplicação para o setor público. Por volta de 1970, o setor energético detinha seus esforços para a melhor relação economia-energia. O objetivo principal era uma estimativa precisa da demanda de energia, uma abordagem com um único critério: apontar alternativas mais eficientes com menores custos (SAMOUILIDIS e MITROPOULOS, 1982; MEIER e MUBAYI, 1983; HUANG *et. al.*, 1995).

Esse panorama mudou quando os debates sobre os impactos ambientais cresceram ao redor do mundo (NIJCAMP e VOLWAHSEN, 1990). Sentiu-se a necessidade de adotar critérios de origens sociais e ambientais para o planejamento energético, resultando em estudos baseados em múltiplos critérios (POKEHAR e RAMACHANDRAN, 2004).

O processo de tomada de decisão em projetos de energia leva em consideração impactos econômicos, técnicos, sociais e ambientais (STRANTZALI e ARAVOSSIS, 2016). Sendo assim, é errônea a ideia de que uma política desse setor pode ser proposta sem considerar os interesses e preferências dos inúmeros atores afetados (TSOUTSOS *et. al.*, 2009). Esses atores incluem autoridades administrativas, autoridades locais ou de comunidades, investidores, instituições

acadêmicas, grupos ambientais e governos; este último, influência direta ou indiretamente no processo decisório (MATEO, 2012). Como os grupos de atores no processo são diferentes, logo, existem diferentes critérios a serem considerados na tomada de decisão do setor energético (HARALAMBOPOULOS e POLATIDIS, 2003).

Julgar as alternativas viáveis com uma multiplicidade de critérios se torna a atividade mais difícil na tomada de decisão no setor de energia. Em sua maioria, os objetivos são conflitantes e não há um número único de decisores. Visando sanar essas dificuldades, uma gama de ferramentas e metodologias chamada de Multi-criteria Decision Making (MCDM), ou análise de decisão multicritérios começaram a ser utilizadas e cada vez mais aceitas para soluções de problemas no setor

Para facilitar esse tipo de análise, uma família de ferramentas referidas como métodos de decisão multicritérios ganhou terreno devido à necessidade de ter um método formalizado para auxiliar a tomada de decisões em situações que envolvam múltiplos critérios (SAN CRISTOBAL e RAMON, 2012).

Em seu trabalho, Kumar *et. al.* (2017) ratifica a necessidade de MCDM para projetos de energia quando declara:

“A análise de decisões desempenha um papel vital na concepção desses sistemas, considerando vários critérios e objetivos, mesmo em níveis de eletrificação desintegrados. A tomada de decisão de múltiplos critérios (MCDM) é um ramo da pesquisa operacional que trata de encontrar resultados ótimos em cenários complexos, incluindo vários indicadores, objetivos conflitantes e critérios. Esta ferramenta está se tornando popular no campo do planejamento energético devido à flexibilidade que proporciona aos tomadores de decisão para tomar decisões, considerando todos os critérios e objetivos ao mesmo tempo.” (KUMAR *et. al.*, 2017, p. 01)

O setor de energia tem aplicações do MCDM em áreas de políticas energéticas, planejamento de energia elétrica, avaliação de projetos, análise de impacto ambiental e escolha de tecnologia (ZHOU *et. al.*, 2006).

Comumente, os problemas de MCDM não se limitam a uma única solução com grau máximo de eficiência na resolução do problema. Ao contrário, uma série de soluções ótimas são encontradas e dispostas para o tomador de decisão. Este, ao final será o responsável pela decisão tomada (KORHONEN *et. al.*, 1981).

Com o aumento de cenários cada vez mais complexos, a tomada de decisão por métodos multicritérios é uma das áreas com o maior nível de crescimento nos últimos anos. Esses métodos cresceram com o avanço da tecnologia de

computadores e ganharam cada vez mais aceitação não só no setor energético, mas em vários outros ramos de negócios. O crescimento dessa aceitação ocasionou a criação de inúmeras metodologias, onde a maior parte delas utilizam matemática complexa (JAHANSHAHLOO *et. al.*, 2006).

Os métodos multicritério dividem-se em duas linhas: tomada de decisão multi-objetivo e tomada de decisão multi-atributo. Ambas possuem características comuns de critérios conflitantes, dados quantitativos e qualitativos, além de dificuldade na criação e seleção de alternativas sendo que a principal diferença entre eles é o número de opções em avaliação.

O método baseado em múltiplos atributos, são concebidos para escolher opções distintas. De forma análoga, o método baseado em múltiplos objetivos é mais adequado quando um número, teoricamente, infinito de alternativas é definido por um conjunto de restrições (KORHONEN *et. al.*, 1992; BELTON e STEWART, 2002).

Tsoutsos *et. al.* (2009) elencou as quatro principais razões para justificar o uso de MCDM. São elas:

1. Permite a investigação e integração dos interesses e objetivos de múltiplos atores. Desde a entrada, informações quantitativas e qualitativas de todos os atores é levado em consideração sob a forma de critérios e fatores de peso;
2. Trata da complexidade da configuração multi-atores fornecendo informações de saída que são fáceis de comunicar aos atores. A facilidade de utilização do método reside em dois aspectos: os critérios sugeridos são estimados e valores consistentes e comparáveis com os dados de entrada (como medida de adequação); e o formato "simples" da saída do método que torna os resultados significativos e diretamente aplicáveis aos atores interessados;
3. É bem conhecido e aplicado método de avaliação de alternativas que também inclui diferentes versões do método desenvolvido e pesquisado para problemas específicos e/ou contextos específicos;
4. É um método que permite objetividade e inclusão de diferentes percepções e interesses do ator. Este pode fornecer soluções para aumentar problemas complexos de gerenciamento.

Cada metodologia MCDM possui sua particularidade e características comuns de tratar com critérios conflitantes, sendo que cada um é utilizado em um determinado tipo de problema (POHEKAR e RAMACHANDRAN, 2004). Isso torna os métodos e resultados comparáveis, pois cada um possui suas restrições a serem consideradas devido, principalmente, a hipótese do modelo (SAN CRISTOBAL e RAMON, 2012).

Na literatura, há muitos métodos MCDM como Processo de Hierarquia Analítica (AHP), Processo de Rede Analítica (ANP), TOPSIS, ELECTRE, Método de Organização de Classificação Preferencial para Enriquecimento de Avaliações (PROMETHEE), suas vantagens e desvantagens em relação às suas aplicabilidades em diferentes situações.

O AHP e o ANP são teorias de medição relativa onde medidas de comparação em pares após medição dos elementos acarretam uma escala de prioridade. São utilizados para decisões que envolvem benefícios, oportunidades, custos e riscos (STRANTZALI e ARAVOSSIS, 2016).

Criado por Thomas Saaty (SAATY, 2008), o AHP é um dos métodos MCDM mais utilizados para resolução de problemas complexos, incluindo avaliações qualitativas de risco. Como o próprio nome sugere, o AHP transforma um problema de tomada de decisão em uma estrutura hierárquica por meio de comparações realizadas em pares entre os critérios para que os especialistas determinem suas preferências sobre a relevância de um critério em relação ao outro para um objetivo definido (GARBUZOVA-SCHLIFTER e MADLENER, 2016).

Tanto na AHP quanto na ANP, as prioridades são determinadas da mesma maneira, usando comparações e julgamentos emparelhados. Também criado por Thomas Saaty (SAATY, 1996), o ANP se difere do AHP por considerar que nem todos os critérios são independentes. Logo, a comparação realizada leva em conta uma rede de interdependência entre os critérios selecionados (WU *et. al.*, 2010).

No decorrer dos anos, inúmeros novos métodos derivados dos métodos tradicionais de MCDM supracitados foram criados e desenvolvidos a fim de atender a demandas de problemas específicos.

Um dos métodos com maior crescimento de aplicação nos últimos anos é o TOPSIS. Segundo Qin *et. al.*, (2008), o TOPSIS é "uma abordagem para identificar uma alternativa mais próxima da solução ideal positiva e a solução ideal mais negativa

em um espaço computacional multidimensional". Este possui um processo mais simples do que outros como ELECTRE e PROMETHEE, atualmente considerados ultrapassados (IC, 2012).

O TOPSIS será abordado com mais ênfase ao decorrer deste trabalho.

2.5.1. TOPSIS

O TOPSIS, do inglês - *technique for order performance by similarity to ideal solution* (técnica para ordem de desempenho por similaridade com a solução ideal), foi criado em 1981 por Hwang e Yoon e consiste em “escolher uma alternativa que esteja tão próxima quanto possível da solução ideal positiva e o mais distante quanto possível da solução ideal negativa” (CHEN, 2000, p. 3). Dessa forma, podemos afirmar que a solução ideal positiva é aquela que potencializa os critérios de benefícios e minimiza os critérios de custo. Por sua vez, a solução ideal negativa potencializa os critérios de custo e minimiza os critérios de benefício (WANG *et. al.*, 2007). O que define a solução ideal são os melhores valores dessas alternativas no processo de avaliação com base em cada critério estabelecido (JÚNIOR *et. al.*, 2014).

Um dos objetivos da utilização de metodologias MCDM como o TOPSIS é a possibilidade de modelar problemas reais. No modelo tradicional do TOPSIS, os pesos dos critérios e a classificação de desempenho são valores reais. A problemática se dá pela incapacidade de valores nítidos representarem as situações da vida real em muitas condições. Quando as preferências do decisor interferem no modelo, tira-se a impessoalidade da tomada de decisão tornando-a tendenciosa e cada vez mais imprecisa (CHEN, 2000).

Apesar de sua alta aceitação e simplicidade de aplicação, o modelo baseado em similaridade era continuamente criticado por não tratar adequadamente as incertezas e imprecisões característico do “processo de mapeamento da percepção dos tomadores de decisão” (KROHLING, 2009, p. 3). Em seu trabalho, Zhu e Lu (2012) reiteraram essa desvantagem.

Com o intuito de preencher a lacuna existente na metodologia tradicional, nos anos 2000, Chen (2000) propôs a primeira combinação entre o método e as teorias dos conjuntos *fuzzy*, o que chamou de *fuzzy-TOPSIS*. Esta técnica vem sendo utilizada por inúmeros autores para solucionar os mais diversos problemas nas mais diversas

áreas de atuação (CHEN, 2000; CHU, 2002; CHU e LIN, 2002; WANG *et. al.*, 2005; WANG, 2007; CHU e LIN, 2003; WANG *et. al.*, 2003; WANG e ELHAG, 2006; ÖNÜT e SONER, 2007; DAĞDEVIREN *et. al.*, 2008; WANG e LEE, 2009).

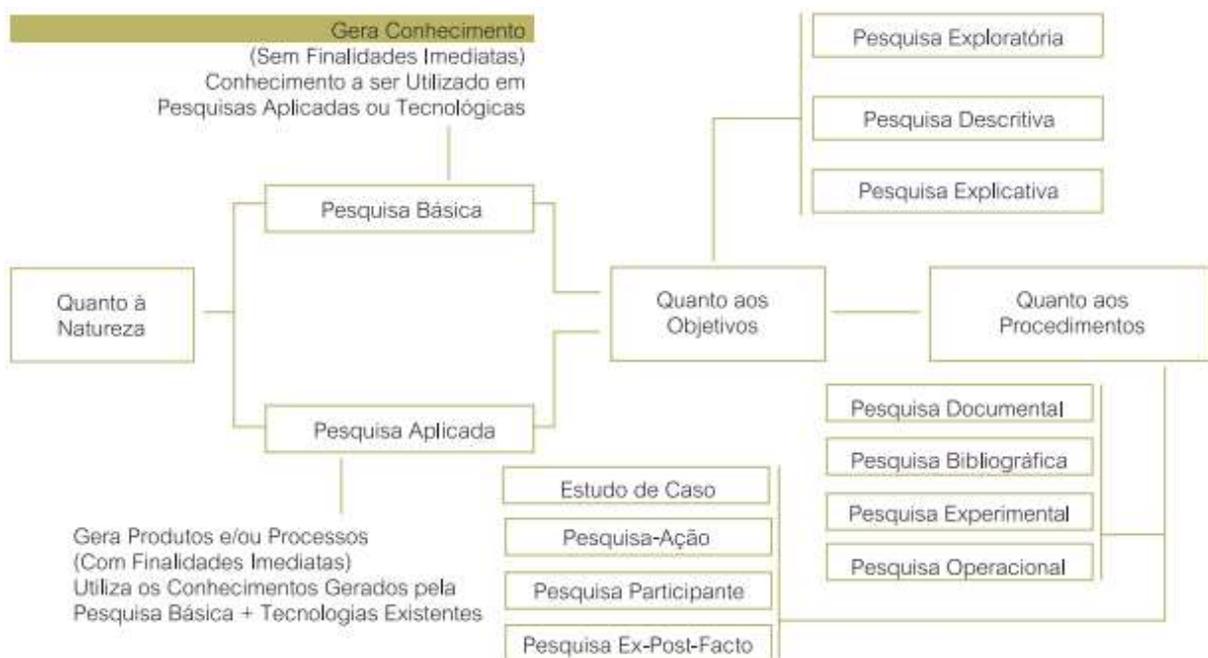
A escolha do TOPSIS para utilização do modelo possibilita trabalhar com indicadores subjetivos, ou seja, permite estabelecer critérios qualitativos e quantitativos para serem analisados conjuntamente no modelo. Além disso, o trabalho consiste na elaboração de uma metodologia comparativa entre processos de negócios de matrizes energéticas diferentes. A essa técnica de análise multicritério se baseia em uma análise comparativa entre uma solução tida como ideal e a alternativa existente. Esse fato faz com que o TOPSIS seja a metodologia mais indicada para a pesquisa.

3. METODOLOGIA

Segundo Marconi e Lakatos (2001), a metodologia se relaciona diretamente com a questão estudada tendo em vista os objetivos da pesquisa e a natureza da mesma, além de outros quesitos.

Compartilhando desse pensamento, Prodanov e De Freitas (2013) acreditam que uma pesquisa científica pode ser classificada quanto a natureza da pesquisa, aos objetivos, aos procedimentos técnicos utilizados e a forma de abordagem do problema. A Figura 8, traz um resumo das classificações de acordo com os critérios anteriormente citados.

Figura 8 - Tipos de Pesquisa Científica



FONTE: Prodanov e De Freitas (2013)

Este trabalho se configura como pesquisa de natureza aplicada. Para Gil (2008), a pesquisa aplicada busca o conhecimento científico baseado na aplicação prática do conhecimento científico e suas consequências, logo, não se limita a elaboração de estudos teóricos ou formulação de leis científicas, mas à realização de estudos e experimentos em dadas circunstâncias, a fim de aplicá-los em uma situação real.

Quanto aos objetivos, a pesquisa é classificada como exploratória e descritiva. A primeira, geralmente, é a etapa inicial de investigação de um trabalho científico e tem como “finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores” (GIL, 2008 p.27). Para tanto, foi analisado o estado da arte a fim de analisar os conceitos existentes sobre o problema de estudo.

Já a pesquisa descritiva, como próprio nome sugere, tem por objetivo descrever as características de determinada população ou o estudo de relação entre variáveis. Uma de suas principais características se dá pelo fato de o pesquisador não interferir nos fatos observados (GIL, 2008; PRODANOV e DE FREITAS, 2013). Neste trabalho, são descritas algumas características das empresas que utilizam matriz de carbono e empresas de energia eólica, além dos critérios determinantes para tomada de decisão das mesmas.

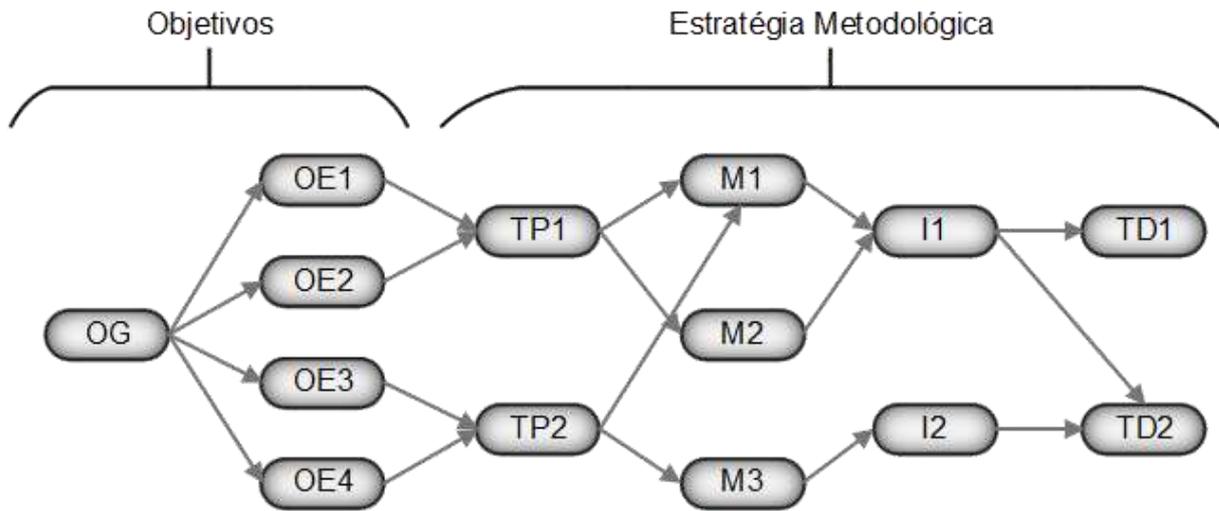
As características do trabalho quanto aos objetivos ajudam a definir os procedimentos técnicos utilizados para ele. Sendo assim, foram utilizadas pesquisas bibliográficas, documental e experimental.

O método de coleta de dados, ou abordagem do problema, foram quantitativos e qualitativos, caracterizando uma abordagem mista. Segundo Creswell (2010):

“Técnica de métodos mistos é aquela em que o pesquisador tende a basear as alegações de conhecimento em elementos pragmáticos (por exemplo, orientado para consequência, centrado no problema e pluralista). Essa técnica emprega estratégias de investigação que envolvem coleta de dados simultânea ou sequencial para melhor entender os problemas de pesquisa. A coleta de dados também envolve a obtenção tanto de informações numéricas como de informações de texto, de forma que o banco de dados final represente tanto informações quantitativas como qualitativas.” (CRESWELL, 2010, p. 35)

A fim de apresentar uma sequência lógica para obter os resultados da pesquisa, a Figura 9 mostra um diagrama de relação do alinhamento da pesquisa com os objetivos e métodos adotados para realização deste trabalho. Desta forma, pode-se observar como métodos específicos escolhidos para alcançar determinado objetivo da pesquisa, de acordo com suas características e classificações.

Figura 9 - Alinhamento da Pesquisa



Tipo de Pesquisa:

TP1 - EXPLORATÓRIA
TP2 - DESCRITIVA

Método:

M1 - BIBLIOGRAFIA
M2 - DOCUMENTAL
M3: LEVANTAMENTO (Survey)

Instrumento:

I1 - PESQUISA BIBLIOGRÁFICA
I2 - QUESTIONÁRIO

Tipo de Dados:

TD1 - QUALITATIVOS TD2 - QUANTITATIVOS

FONTE: Elaborado pela autora (2019).

Toda a metodologia utilizada para desenvolvimento do modelo de avaliação gerencial para transição energética aplicada ao setor eólico será apresentada no decorrer deste capítulo. Neste modelo serão discriminados todos os procedimentos ou conjunto de procedimentos necessários para atingir os objetivos deste trabalho. Para melhor explanação dos processos, foram utilizados fluxogramas contendo as etapas inerentes a construção do modelo proposto.

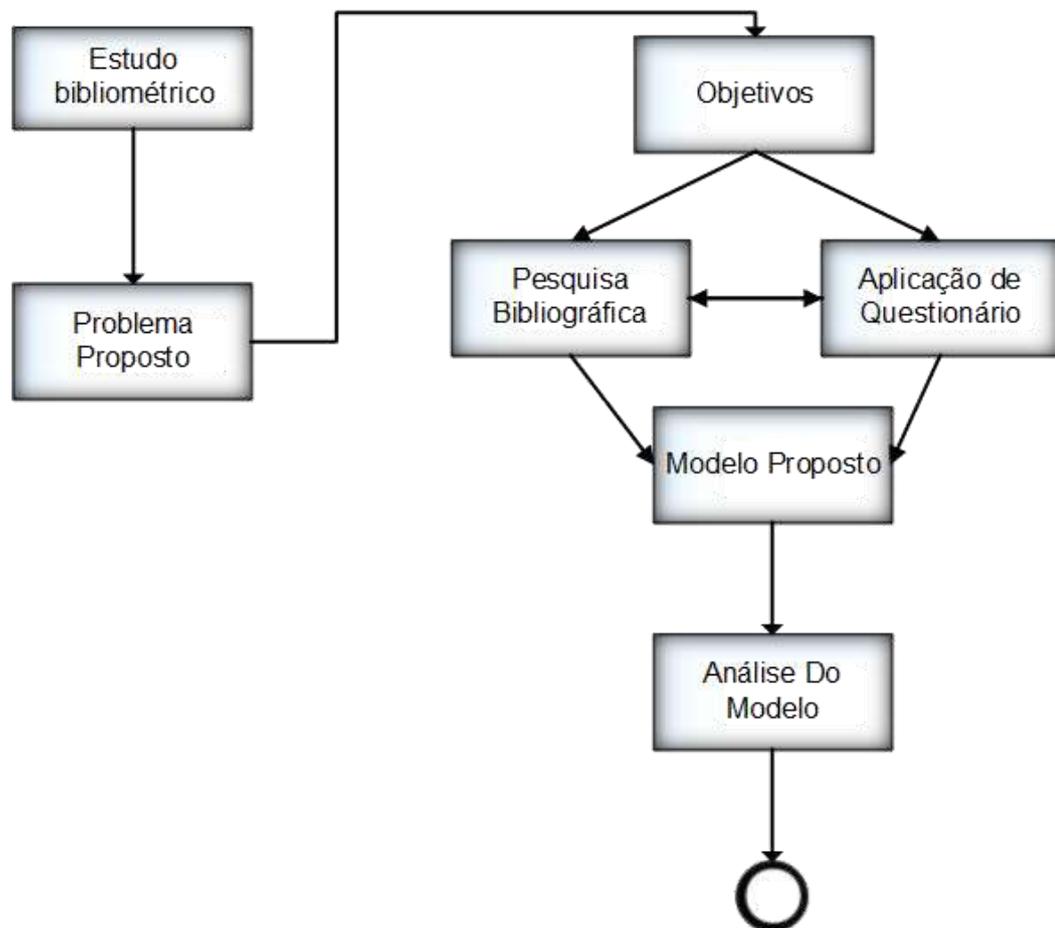
3.1. ROTEIRO METODOLÓGICO

Este tópico apresenta o roteiro metodológico da pesquisa com vistas a alcançar os resultados desejados. O início da pesquisa se deu através da pesquisa bibliométrica para identificação do problema. Posteriormente, foram definidos os

objetivos do trabalho para definição dos processos utilizados para o desenvolvimento do modelo proposto e, finalmente, a análise do mesmo.

A Figura 10 apresenta o fluxograma com uma visão geral da metodologia deste trabalho.

Figura 10 - Visão Geral da Metodologia do Trabalho



FONTE: Elaborado pela autora (2019).

A partir dos estudos no estado da arte, identificou-se o problema proposto para o trabalho: existe uma lacuna no que se refere à tomada de decisão para realizar a transição por partes de empresas com matriz não-renovável.

Em seguida, definiu-se os objetivos necessários para desenvolvimento do trabalho a fim de solucionar o problema proposto, com estudos na literatura e aplicação de questionário. Depois disso, ocorreram o desenvolvimento e a análise do modelo.

3.1.1. Estudo bibliométrico

O embasamento teórico foi construído através da metodologia de análise bibliométrica ou bibliometria. Existem algumas variações para a definição desse método que vem sendo utilizadas em trabalhos acadêmicos ao longo dos anos. Entre elas é possível citar a definição dita por Rostaing (1996) a qual trata o estudo bibliométrico como a aplicação de metodologias matemáticas acerca de um referencial teórico.

Segundo Macias-Chapula (1998):

“É o estudo dos aspectos quantitativos da produção, disseminação e uso da informação registrada. A bibliometria desenvolve padrões e modelos matemáticos para medir esses processos, usando seus resultados para elaborar previsões e apoiar tomadas de decisões”.(MACIAS-CHAPULA, 1998, p.134).

Em suma, a bibliometria é a análise da atividade técnica ou científica pelo estudo quantitativo e qualitativo de publicações é o princípio básico da análise bibliométrica (HAYASHI *et. al.*, 2007). Esse método foi utilizado no decorrer de toda a pesquisa.

A Figura 11 apresenta as etapas do estudo bibliométrico.



FONTE: Elaborado pela autora (2019).

Para garantir que o trabalho fosse teoricamente bem embasado, todo estudo realizado se fundamentou no método de melhoria contínua. A base do ciclo PDCA pode ser notada nas etapas do processo de pesquisa. Toda vez que houve a necessidade de reavaliar as palavras-chaves utilizadas, retomava-se o primeiro passo de coleta de dados dos artigos e se iniciava um novo ciclo até que o conteúdo coletado fosse satisfatório.

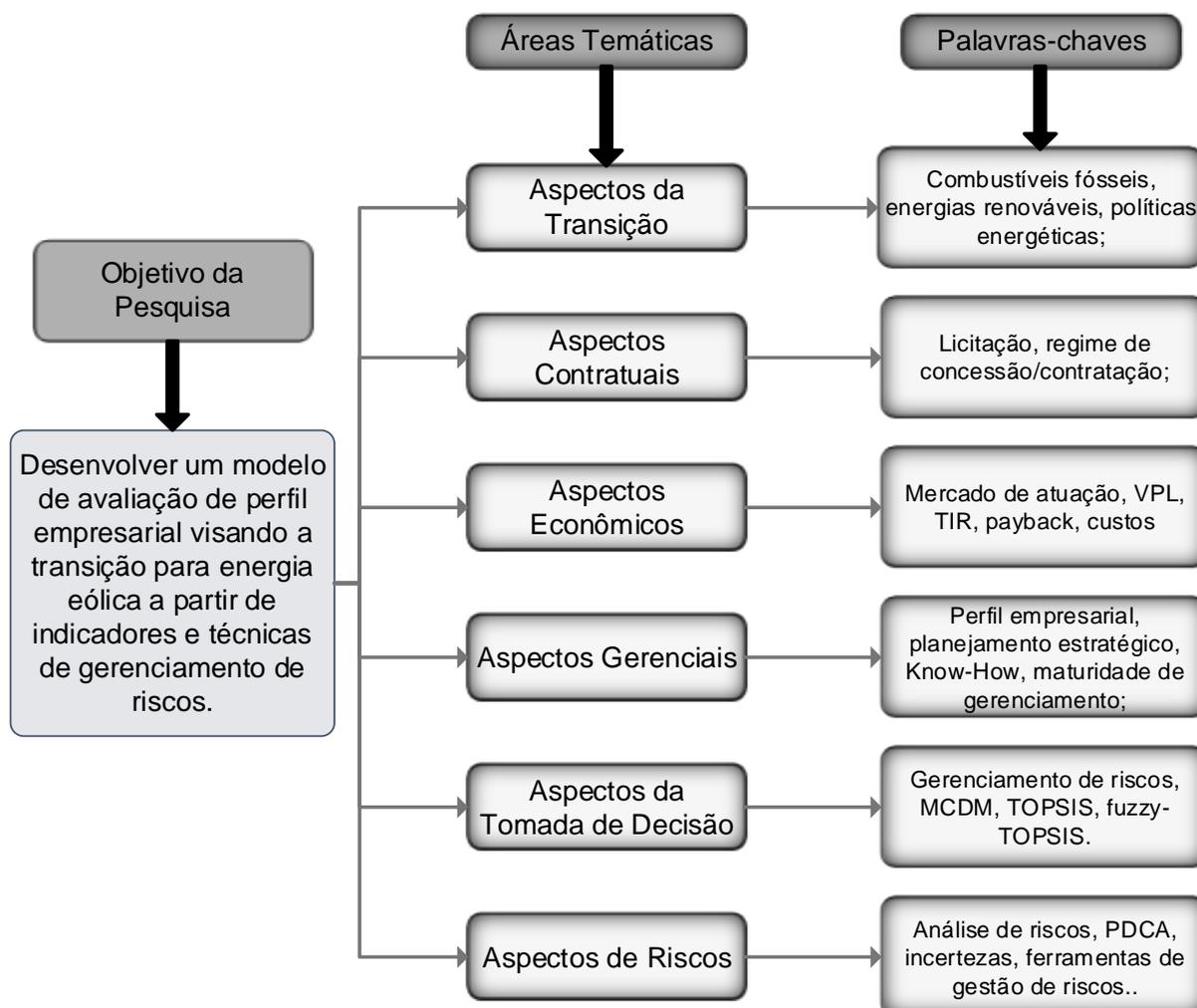
Foram identificadas 6 subáreas que integram o trabalho. São elas:

- Transição energética;
- Questões contratuais;
- Perspectivas econômicas;
- Perspectivas gerenciais;
- Tomada de decisão.
- Riscos

A área “Transição energética” foi a primeira a ser escolhida por se tratar do tema base deste trabalho. A partir dos artigos selecionados que tratavam do tema, foram elencados os principais fatores que deveriam ser observados ao realizar uma transição energética. Seriam eles as áreas de “Questões contratuais”, “Perspectivas econômicas” e “Perspectivas gerenciais”. E por fim, “Tomada de decisão” e “Riscos” eram áreas que compunham o objetivo geral deste estudo, logo, os aspectos relativos a elas deveriam compor o embasamento teórico do trabalho.

Após a construção do referencial teórico necessário ao desenvolvimento da pesquisa, iniciou-se as etapas de construção do modelo. A Figura 12 apresenta a estrutura completa da árvore de palavras-chaves utilizada na pesquisa.

Figura 12 - Árvore de Palavras-chave para o Referencial Teórico



FONTE: Elaborado pela autora (2019).

Através da segmentação das áreas temáticas, é possível observar resultados esperados, como: indicadores de viabilidade, os riscos da transição energética, os pesos dos indicadores e modelo de avaliação de perfil empresarial visando a transição para energia eólica.

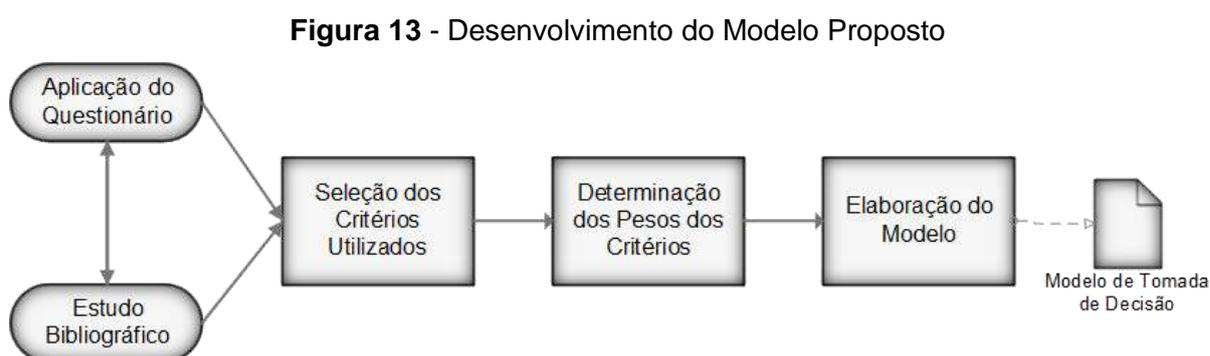
O estudo bibliográfico permitiu a identificação de indicadores de viabilidade e de risco, necessários para tomada de decisão em negócios de energia eólica, além de apresentar elementos relevantes para a elaboração do questionário utilizado na pesquisa. Em seguida, dá-se início à seleção dos indicadores que serão aplicados como critérios. Logo após, tem-se a determinação de pesos ou escala de importância dos critérios para a tomada de decisão. Em posse das informações necessárias, é possível iniciar a elaboração do modelo, e posteriormente a análise do mesmo. Por

fim, os resultados obtidos são coletados para verificação e possível aceitação da modelagem.

3.1.2. Desenvolvimento do modelo proposto

A pesquisa bibliográfica, aplicação de questionário e análise de documentação técnica específica foram a base para o desenvolvimento do modelo.

A Figura 13 apresenta o processo de desenvolvimento do modelo.



FONTE: Elaborado pela autora (2019).

Questionário

Este trabalho visa auxiliar as empresas do setor de energia na tomada de decisão de investimentos para segmento de renováveis. Sendo assim, para que o modelo possa ser aplicado, é necessário entender quais os fatores que fundamentam a tomada de decisão das mesmas. Para tanto, a metodologia escolhida visando obtenção desses fatores foi a elaboração e aplicação de um questionário a essas empresas.

As pesquisas realizadas na literatura deram direcionamento para a elaboração do Questionário de Avaliação do Perfil Empresarial (Apêndice I). Este questionário tinha o duplo objetivo de:

1. Identificar os critérios utilizados por essas empresas para a tomada de decisão de investimento;

2. Identificar a relevância/pesos que esses critérios possuem na tomada de decisão. Estes foram classificados como: técnicos ou gerenciais.

As questões foram elaboradas de modo a identificar as características da empresa quanto ao perfil de investimento. As empresas também foram questionadas quanto ao nível de interferência de fatores internos e externos em tomada de decisões.

O modelo de questionário, assim como alguns questionamentos contidos nele foram inspirados no estudo realizado por Ahmad *et. al.* (2017). Em seu estudo, a autora busca compreender os fatores internos e externo que influenciam na cadeia de suprimentos da indústria de petróleo. Para tanto a autora utiliza uma adaptação do modelo PESTEL, do inglês: *political, economic, social, technology, environmental and legal*. O mesmo permite identificar os fatores que podem influenciar o ambiente em que opera uma empresa de petróleo (Yüksel, 2012).

Para identificar os fatores internos e externos que influenciam na tomada de decisão de negócios de energia, também foi utilizada uma adaptação do modelo PESTEL, assim como pesquisas no estado da arte. Os fatores identificados foram: estabilidade política, estabilidade econômica, influência dos *stakeholders*, concorrência, regulação de mercado, regulação ambiental e desenvolvimento social. O fator tecnológico está imerso no item concorrência, visto que para se manter em um ambiente competitivo é necessário estar ciente dos avanços tecnológicos no mercado atuante.

Uma vez que esses fatores também influenciam na tomada de decisão de projetos de energia de forma mais ampla, é indispensável, para a concepção do modelo, avaliar o nível de influência desses fatores em investimentos relativos à transição energética.

O mesmo questionário foi submetido a empresas de energia eólica e empresas que atuam no mercado de combustíveis fósseis para que fosse possível realizar um comparativo entre os dados dos indicadores.

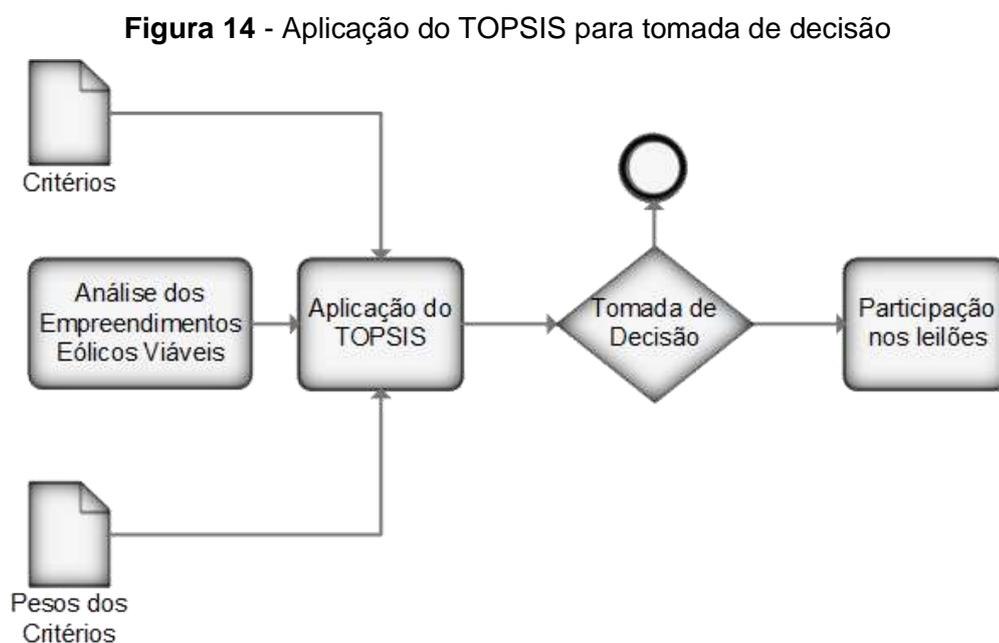
As respostas obtidas pelas empresas do mercado eólico serão consideradas, no modelo, como a solução ideal e definiram os critérios a serem alcançados. Por outro lado, as obtidas por empresa do mercado de combustíveis fósseis alimentaram o modelo para elaboração do comparativo entre as empresas.

Metodologia de Tomada de Decisão

O modelo de tomada de decisão proposto se baseia na aproximação entre a opção escolhida e a solução ideal. Para tanto, tornou-se necessário a identificação de critérios que tivessem pesos significativos no processo decisório. Além disso, os critérios precisariam ter aplicação comum a duas ramificações diferentes no mercado de energia.

A definição dos critérios e de seus respectivos pesos no processo decisório são os pontos cruciais para determinar o sucesso e confiabilidade do modelo desenvolvido. A metodologia TOPSIS de tomada de decisão multicritério foi utilizada por se tratar de um método que tem por base a comparação de uma determinada opção com uma solução dita por ideal (neste caso, o perfil padrão das empresas já atuantes no setor eólico). Outra particularidade na escolha de utilização do TOPSIS é a possibilidade de tratamento dos indicadores segundo o peso que exerce no processo decisório. Isso possibilita uma análise mais minuciosa e balanceada dos critérios.

A Figura 14 demonstra a aplicação do TOPSIS na avaliação do processo de decisão.



FONTE: Elaborado pela autora (2019).

Os dados dos empreendimentos eólicos para investimento são inseridos no método TOPSIS para determinação da solução ideal e aproximação das alternativas existentes com a mesma, tornando possível a tomada de decisão para participação em leilões.

Para este modelo, não será utilizado a ordenação de múltiplas alternativas como ocorre na maior parte dos trabalhos utilizando o TOPSIS. Neste caso, a tomada de decisão será baseada no aceite ou não da alternativa a uma aproximação aceitável da solução ideal.

A matriz de decisão utilizada no método TOPSIS pode ser descrita conforme a Figura 15.

Figura 15 - Matriz de Decisão do TOPSIS

| | C_1 | C_2 | \dots | C_n |
|-------|----------|----------|---------|----------|
| A_1 | x_{11} | x_{12} | \dots | x_{1n} |
| A_2 | x_{21} | x_{22} | \dots | x_{2n} |
| A_m | x_{m1} | x_{m2} | \dots | x_{mn} |

$$W = [w_1, w_2, \dots, w_n]$$

FONTE: Jahanshahloo *et. al.* (2006)

A_1, A_2, \dots, A_m são alternativas viáveis; C_1, C_2, \dots, C_n são critérios; x_{mn} indica o desempenho da alternativa A_m segundo o critério C_n . Por fim, w_n é o peso do critério C_n .

Ainda de acordo com Jahanshahloo *et. al.* (2006), temos as seguintes etapas de procedimentos do TOPSIS.

1. Normalizar a matriz a fim de transformá-la numa matriz adimensional para que seja possível a comparação entre os vários critérios.

$$n_{ij} = x_{ij} / \sqrt{\sum_{j=1}^m x_{ij}^2}, \quad j = 1, \dots, m, \quad i = 1, \dots, n$$

2. Calcular os pesos de cada critério. O vetor de peso W composto pelos pesos individuais W_j ($j = 1, \dots, n$) para cada critério C_j satisfaz $\sum_{j=1}^n W_j = 1$.

3. Determinar da solução ideal positiva e solução ideal negativa

$$A^+ = \{v_1^+, \dots, v_n^+\} = \left\{ \left(\max_j v_{ij} | i \in I \right), \left(\min_j v_{ij} | i \in J \right) \right\},$$

$$A^- = \{v_1^-, \dots, v_n^-\} = \left\{ \left(\min_j v_{ij} | i \in I \right), \left(\max_j v_{ij} | i \in J \right) \right\},$$

4. Calcular as medidas de separação, usando a distância euclidiana n -dimensional. A separação de cada alternativa da solução ideal é dada como:

$$d_j^+ = \left\{ \sum_{i=1}^n (v_{ij} - v_i^+)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}, \quad j = 1, \dots, m.$$

Da mesma forma, a separação da solução ideal negativa é dada como:

$$d_j^- = \left\{ \sum_{i=1}^n (v_{ij} - v_i^-)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}, \quad j = 1, \dots, m.$$

5. Calcular a proximidade relativa com a solução ideal. A proximidade relativa da alternativa A_j em relação a A^+ é definida como:

$$R_j = \frac{d_j^-}{(d_j^+ + d_j^-)}, \quad j = 1, \dots, m.$$

Quando $d_j^- \geq 0$ e $d_j^+ \geq 0$, então, $R_j \in [0, 1]$.

6. Classificar a ordem de preferência.

Para o modelo proposto, temos uma alternativa (empresa atuante no mercado de combustíveis fósseis) (A_1); um conjunto de critérios para análise (C_1, C_2, \dots, C_n); o vetor de pesos dos critérios (W_1, W_2, \dots, W_n). Sendo assim, a matriz de decisão será $M_{1 \times n}$.

Uma vez que esta opção se encontra dentro da faixa de aceitação (próximos a solução ideal – empresa já atuante no setor), o resultado reflete uma empresa cujos indicadores se aproximam suficientemente aos indicadores das empresas do mercado eólico, de forma que o investimento no setor pode ser considerado viável.

4. CARACTERIZAÇÃO DAS EMPRESAS

Neste capítulo serão analisados os resultados da aplicação do questionário para as empresas de energia eólica e de petróleo, a fim de analisar o perfil gerencial e de investimento dessas empresas e qual relação possuem com fatores internos e externos, bem como a influência desses fatores na tomada de decisão.

Para tanto, foram colocadas no questionário (Apêndice 1) quatro perguntas sobre questões gerenciais internas da empresa, cinco para entender as relações supracitadas e uma para verificar a satisfação quanto ao mercado em que atua.

4.1.1. SETOR EÓLICO

O questionário foi aplicado a 20 empresas de geração de energia eólica atuantes no Brasil. Entre estas, 4 empresas responderam o questionário. Por questões de sigilo, seus nomes não serão citados. As empresas foram abordadas por meio de ligação telefônica e e-mail. A Associação Brasileira de Energia Eólica auxiliou na aproximação com essas empresas.

O questionário ajudou a determinar critérios utilizados no modelo, assim como a relevância dada pelas empresas a esses critérios. Além disso, trouxe a visão que essas instituições possuem do mercado atual. Nem todos os critérios contidos no questionário foram utilizados. A seleção daqueles que foram citados pelas empresas e utilizados no modelo, encontra-se no Capítulo 5 deste trabalho.

Fatores externos

Para avaliar a relevância atribuída pelas empresas aos fatores externos que podem influenciar a tomada de decisão de um projeto de energia, foi solicitado que as mesmas os colocassem em ordem crescente de grau de importância. A Tabela 3 abaixo mostra as respostas das empresas aqui denominadas como A, B, C e D. Apresenta a ordem de importância dada para fator externo, considerando 1 como mais importante e 7 como menos importante.

Tabela 3 - Respostas das empresas quanto a fatores externos.

| EMPRESAS | A | B | C | D | |
|------------------|-----------------------------|---|---|---|---|
| FATORES EXTERNOS | Estabilidade Política | 6 | 2 | 1 | 1 |
| | Estabilidade econômica | 3 | 5 | 2 | 2 |
| | Influência dos Stakeholders | 2 | 3 | 5 | 7 |
| | Concorrência | 4 | 4 | 3 | 4 |
| | Regulação do mercado | 7 | 7 | 4 | 3 |
| | Regulação ambiental | 5 | 6 | 6 | 5 |
| | Desenvolvimento social | 1 | 1 | 7 | 6 |

FONTE: Elaborada pela autora (2019)

É possível observar que alguns fatores possuem posições similares entre as empresas, enquanto outros divergem significativamente. As principais posições semelhantes foram dos itens “estabilidade política”, “estabilidade econômica”, “concorrência” e “regulação ambiental”. Quanto às divergências, temos “influência dos stakeholders”, “desenvolvimento social” e “regulação de mercado”.

Os fatores “estabilidade política” e “estabilidade econômica” apresentam posições relevante em três das quatro empresas entrevistadas, o que sugere um nível de influência expressivo na tomada de decisão.

No que diz respeito ao fator “influência dos stakeholders”, existe uma diferença entre as respostas das empresas. A e B atribuíram um grau de relevância significativo enquanto C e D colocaram o fator nas últimas posições. Tratando-se de stakeholders de empresas de energia, pode ser levado em consideração desde o investidor até instituição de ensino. Ambos são partes interessadas, porém não possuem a mesma relevância para o mercado. Essa relevância dada aos stakeholders por A e B, poderá ser constatada no item seguinte deste capítulo.

À “concorrência” foi atribuída colocação quatro por A, B e D e colocação três por C. Esse fato não só relata um mercado competitivo, mas também, uma necessidade de dominar as tendências tecnológicas do mesmo. Sem tecnologia não é possível obter competitividade.

Outro fator que apresentou colocações distintas foi a regulação de mercado. Este pode ter uma relevância diferente entre as empresas, uma vez que estas divergem de opinião quanto à regulação pelo estado.

Quando se trata de empresas de geração de energia por fontes renováveis, os impactos ambientais são reduzidos, o que justifica as empresas participantes do projeto atribuírem colocações distantes ao fator de regulação ambiental. O desenvolvimento social muitas vezes é visto como uma consequência do crescimento do mercado de energias, porém apenas A e B deram ênfase a este fator.

Influência dos stakeholders

Outra indagação feita através do questionário foi o nível de interferência que os stakeholders exercem na tomada de decisão de um projeto. Para tanto, foi solicitado que as empresas atribuíssem pontuação de zero a dez para o nível de influência dos stakeholders citados, onde zero significa nenhuma influência e dez máxima influência. Esse dado também reflete um pouco o perfil gerencial e cultura organizacional da empresa. Os dados coletados encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 - Respostas sobre influência dos stakeholders.

| STAKEHOLDERS | EMPRESAS | | | |
|------------------------|----------|---|---|----|
| | A | B | C | D |
| Governo | 8 | 8 | 2 | 3 |
| Investidores | 10 | 8 | 4 | 10 |
| Comunidade local | 5 | 5 | 0 | 5 |
| Instituições de ensino | 4 | 4 | 0 | 0 |
| Fornecedores | 6 | 9 | 3 | 3 |
| Concorrência | 7 | 8 | 1 | 2 |
| ONG | 2 | 4 | 0 | 0 |

FONTE: Elaborada pela autora (2019)

É unânime entre as empresas a relevância dada aos investidores, principalmente entre A e B. Apesar de C atribuir uma pontuação baixa (quatro), foi o maior número encontrado em sua resposta na questão. No geral, este foi o único stakeholder citado com pontuação dez entre as demais influências.

A influência de outros stakeholders na tomada de decisão é um critério heterogêneo entre as empresas pesquisadas. Para A e B, o “governo” e os “concorrentes” possuem uma influência considerável no processo decisório, porém, para C e D esses stakeholders possuem pouca relevância. O item “fornecedores” teve pontuação variada entre as empresas, porém, para essas, as ONGs têm pouca ou nenhuma influência no processo decisório.

Fatores Internos

A mesma estratégia utilizada para analisar os fatores externos foi utilizada para analisar os fatores internos e sua relevância. As referências às empresas utilizadas no tópico anterior também são as mesmas. Os resultados encontrados com a aplicação do questionário encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5 - Respostas das empresas quanto a fatores internos.

| EMRPESAS | | A | B | C | D |
|-------------------------|-------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| FATORES INTERNOS | Know-How da empresa | 6 | 5 | 7 | 1 |
| | Experiência da equipe gerencial | 5 | 2 | 5 | 5 |
| | Tempo de implantação do projeto | 3 | 4 | 2 | 4 |
| | Custo de implantação do projeto | 4 | 6 | 1 | 2 |
| | Logística de implantação do projeto | 2 | 3 | 3 | 6 |
| | Riscos de implantação do projeto | 7 | 7 | 4 | 3 |
| | Política ambiental da empresa | 1 | 1 | 6 | 7 |

FONTE: Elaborada pela autora (2019)

Diferente dos fatores externos, quando analisamos as respostas quanto aos fatores internos encontramos uma maior disparidade. A forma como cada empresa os relaciona com seus projetos reflete a cultura operacional da instituição. Essa diferença de relação entre os fatores externos e internos é comum, pois os primeiros tendem a afetar de forma igual as empresas, já o segundo está relacionado ao ambiente organizacional, logo, é particular de cada uma.

Apenas dois fatores tiveram respostas semelhantes: “Logística de implementação de projeto” e “Experiência da equipe gerencial”. Já os demais fatores possuem uma oscilação elevada de posições entre as empresas.

A ocorrência de dados heterogêneos nos leva a concluir que existem inúmeras formas de relacionar os fatores internos da empresa sem alterar a efetividade do projeto executado. Porém, existe uma limitação quanto ao número de respostas coletadas, as quais não nos permite tirar uma conclusão assertiva relacionado a isso.

Perfil de investimento

Uma das perguntas mais relevantes utilizados no questionário foi quanto ao perfil de investimentos das mesmas. A pergunta possibilitava três escolhas: arrojado, moderado e conservador. Todas as empresas declararam possuir um perfil moderado de investimentos.

Apesar desse fato, das quatro empresas participantes, apenas a empresa D declarou experiência de investimento em outra fonte de energia. As empresas A, B e C, declararam não possuir interesse de investimentos em outras matrizes energéticas, por motivos que vão desde a flutuação cambial até a fuga do *core business* da empresa.

Nível de Concorrência

As empresas também foram questionadas quanto ao nível de concorrência com o mercado de matriz energética renovável e de combustíveis fósseis. No questionário foi solicitado que as empresas atribuíssem, numa escala de zero a dez, com os mesmos critérios citados no tópico “Influência dos Stakeholders”. Na Tabela 6 abaixo estão discriminadas as respostas de A, B, C e D.

Tabela 6 - Respostas quanto ao nível de concorrência entre empresas.

| NÍVEL DE CONCORRÊNCIA | EMPRESAS | | | |
|---|----------|---|----|----|
| | A | B | C | D |
| Empresas de energias renováveis nacionais | 7 | 8 | 10 | 10 |

| | | | | |
|--|---|---|---|---|
| Empresas de energias renováveis internacionais | 2 | 8 | 0 | 0 |
| Empresas de combustíveis fósseis nacionais | 7 | 9 | 0 | 0 |
| Empresas de combustíveis fósseis internacionais | 7 | 9 | 0 | 0 |

FONTE: Elaborada pela autora (2019)

O que podemos observar com os dados coletados é que o mercado de energia enfrenta um cenário competitivo, seja com empresas de matriz renovável ou não, nacionais ou internacionais.

As empresas C e D não reconhecem empresas de combustíveis fósseis como concorrentes. Uma justificativa para esse fato é a forma de comercialização de energia no Brasil. No país, as empresas de energias renováveis e combustíveis fósseis participam de leilões diferentes, logo, é aceitável que empresas de energia eólica não reconheçam um ambiente competitivo no mercado onde atuam empresas de combustíveis fósseis.

4.2. SETOR DE PETRÓLEO

Um dos principais desafios deste trabalho se resumiu em encontrar empresas que estivessem dispostas a contribuir com o estudo. Com as empresas de petróleo não foi diferente. Ao todo, foram contatadas 30 empresas em todo o Brasil, porém conseguimos apenas três respostas, as quais foram conseguidas através de contato direto com os diretores pela plataforma LinkedIn. Também por questões de sigilo, seus nomes não serão divulgados. Chamaremos de empresa E, F e G.

Das três empresas participantes apenas uma possuía experiência com outras fontes de energia, incluindo de matriz renovável. A empresa F possui negócio na área de geração de energia por queima de biomassa e fabricação de etanol com cana-de-açúcar e celulose, além do petróleo. A empresa também declara interesse no investimento em energia solar.

Apesar de não possuir investimentos em outras fontes de energia, a empresa E declarou o interesse de investir em energia solar fotovoltaica.

Fatores externos

As empresas do setor de petróleo também foram questionadas quanto a influências de fatores externos na tomada de decisão. A Tabela 7 traz as respostas de cada uma delas, 1 é o fator com maior importância e 7 o de menor importância.

Tabela 7 - Respostas Fatores Externos - Empresas de Energia Eólica

| | EMPRESAS | E | F | G |
|-------------------------|-----------------------------|----------|----------|----------|
| FATORES EXTERNOS | Estabilidade Política | 2 | 2 | 4 |
| | Estabilidade econômica | 1 | 6 | 5 |
| | Influência dos Stakeholders | 5 | 1 | 2 |
| | Concorrência | 3 | 5 | 3 |
| | Regulação do mercado | 4 | 4 | 1 |
| | Regulação ambiental | 6 | 3 | 6 |
| | Desenvolvimento social | 7 | 7 | 7 |

FONTE: Elaborada pela autora (2019)

A análise dos resultados de aplicação do questionário para empresas de petróleo é limitada pelo volume de respostas conseguidas, realidade observada para o setor eólico também. Apesar desse fato, é possível observar uma congruência entre os resultados obtidos na influência de fatores externos.

A Tabela 7 mostra que cinco dos sete fatores possuem colocações da escala de influência iguais em pelo menos duas empresas. São esses fatores: “estabilidade política”, “concorrência”, “regulação de mercado”, “regulação ambiental” e “desenvolvimento social”. Apesar de não conter respostas iguais, o fator “estabilidade econômica” e “influência dos stakeholders” possuem colocação semelhantes.

Um destaque relevante na Tabela 7 é a posição do fator “desenvolvimento social” nas respostas das três empresas. Para todas elas, o fator ocupa o último lugar na escala de relevância entre todos os fatores citados.

As críticas ao mercado de petróleo quanto ao envolvimento da indústria no âmbito socioambiental têm crescido nos últimos anos, consequência da postura das

empresas diante dos problemas nessa área. As respostas recebidas transparecem não o descaso propriamente dito, mas a escolha de destacar essa questão depois de todas as outras, ou, quando é requerido.

Influência dos Stakeholders

A influência dos stakeholders na tomada de decisão também foi uma questão levantada para que as empresas de petróleo explanassem suas opiniões. É necessário lembrar que, o mesmo questionário foi submetido para as empresas de ambos os setores, logo, os itens que estavam expostos para as empresas do setor eólico são os mesmos para as empresas do setor de combustíveis fósseis.

Na Tabela 8 estão as respostas obtidas das empresas do setor estudado.

Tabela 8 - Resposta Influência de Stakeholders - Empresas de Energia Eólica

| STAKEHOLDERS | EMPRESAS | | |
|-------------------------------|----------|----|----|
| | E | F | G |
| Governo | 5 | 0 | 10 |
| Investidores | 8 | 10 | 5 |
| Comunidade local | 3 | 8 | 2 |
| Instituições de ensino | 0 | 5 | 2 |
| Fornecedores | 4 | 5 | 10 |
| Concorrência | 7 | 10 | 10 |
| ONG | 0 | 5 | 0 |

FONTE: Elaborada pela autora (2019)

Diferente das empresas de energia eólica, o stakeholder mais influente na tomada de decisão do setor de petróleo, segunda as entrevistadas, é a concorrência. Esse fato traz uma análise diferente do setor. O mercado de petróleo está atuando a bastante tempo no Brasil, isso leva a uma maior competitividade devido a consolidação do mesmo. Logo, a busca por inovação tecnológica é predominante na tomada de decisão.

Mesmo tendo o segundo melhor desempenho em pontuação, os investidores ainda possuem papéis relevantes na tomada de decisão para o setor. Os fornecedores novamente obtiveram destaque entre os stakeholders, transparecendo a importância da logística e cadeia de suprimentos para a tomada de decisão.

Outras partes interessadas obtiveram pontuações pequenas, com exceção do “governo”, a qual obteve pontuação dez para G.

Fatores Internos

Interpretar as colocações de fatores que influenciam na tomada de decisão é uma atividade muitas vezes imprecisa. Quando se trata de fatores internos essa imprecisão pode aparecer com maior frequência. Estes, mais do que todos, refletem o ambiente organizacional da instituição, o qual muitas vezes não fica claro, pois não existe um padrão de sucesso definido.

Os resultados para fatores internos encontram-se na Tabela 9.

Tabela 9 - Resposta Fatores Internos - Empresas de Energia Eólica

| EMRPESAS | | A | B | C |
|-------------------------|-------------------------------------|----------|----------|----------|
| FATORES INTERNOS | Know-How da empresa | 6 | 1 | 1 |
| | Experiência da equipe gerencial | 5 | 2 | 2 |
| | Tempo de implantação do projeto | 3 | 5 | 6 |
| | Custo de implantação do projeto | 1 | 3 | 5 |
| | Logística de implantação do projeto | 4 | 6 | 7 |
| | Riscos de implantação do projeto | 2 | 5 | 3 |
| | Política ambiental da empresa | 7 | 7 | 4 |

FONTE: Elaborada pela autora (2019)

Semelhante ao resultado obtido nas empresas de energia eólica, quando se trata de fatores internos observa-se uma maior diferença nos níveis de influência. Apenas três fatores obtiveram colocações iguais: “Know-How da empresa”, “experiência da equipe gerencial”, “política ambiental”. Esse resultado comprova que as influências de fatores internos são consequências da política interna de cada empresa.

Os itens “know-how da empresa” e “experiência da equipe gerencial” podem ser destacados, pois em duas empresas, F e G, obtiveram primeira e segunda colocação respectivamente. Esse resultado pode ser atribuído ao ambiente

competitivo, no qual o nível de conhecimento é uma vantagem estratégica, pois reduz a possibilidade de incerteza e maximiza a rentabilidade da empresa.

Perfil de Investimento

O setor petrolífero é reconhecido como um mercado de risco, na maior parte devido ao elevado investimento requerido. Ratificando essa perspectiva as empresas E e F classificaram seu perfil de investimento como arrojado, já a empresa G, como moderado.

Nível de Concorrência

O nível de concorrência do mercado de energia é evidente quando realizamos uma análise comparativa entre os resultados de empresas de energia eólica e de combustíveis fósseis. Ambas reconhecem a competitividade do setor atribuindo valores altos na resposta do questionário.

Tabela 10 - Resposta Nível de Concorrência - Empresas de Energia Eólica

| NÍVEL DE CONCORRÊNCIA | EMPRESAS | | |
|---|----------|----|----|
| | E | F | G |
| Empresas de energias renováveis nacionais | 0 | 8 | 10 |
| Empresas de energias renováveis internacionais | 0 | 7 | 10 |
| Empresas de combustíveis fósseis nacionais | 8 | 10 | 10 |
| Empresas de combustíveis fósseis internacionais | 6 | 8 | 10 |

FONTE: Elaborada pela autora (2019)

As empresas que não possuem investimentos ou interesse de investir em outra fonte de energia não reconhecem concorrência em outro setor, é o que acontece com E e G. Já F que possui interesse e já investe, admite um elevado nível de concorrência mesmo não atuando ainda no setor. Não conseguir reconhecer uma tendência de mudança do mercado pode se tornar uma falha estratégica e trazer um grande prejuízo para as empresas.

4.3. CONSIDERAÇÕES

Um dos principais objetivos da aplicação do questionário para as empresas era tentar identificar similaridade nas respostas. Dessa forma, seria possível encontrar uma tendência que caracterizasse um comportamento típico de envolvimento das empresas do setor energético com fatores internos e externos, assim como suas visões estratégicas na tomada de decisão.

Foram apresentadas neste capítulo as respostas das empresas de ambos os setores para as perguntas contidas no questionário aplicado. Sendo assim, serão apontadas neste tópico as principais convergências e divergências entre as respostas dos setores.

Encontrar uma tendência que possibilitasse a caracterização das empresas não foi simples e, em alguns casos, não foi possível. Um dos principais motivos para essa dificuldade foi a quantidade de amostras utilizadas no projeto. Apesar deste entrave, observou-se alguns pontos de proximidade entre as respostas.

Similaridades entre os setores

Quando comparados os padrões de respostas dos dois setores, é possível encontrar algumas similaridades, muitas delas atreladas ao modelo de negócios semelhantes. Entre os fatores externos foi possível observar a importância da estabilidade política para geração de um ambiente regulatório favorável ao desenvolvimento de projetos de energia.

Quanto à influência dos stakeholders, ambos os setores reconhecem os investidores como grandes influentes e as ONGs como influentes irrelevantes. Já tratando-se de fatores internos, não houve similaridades evidenciadas.

Outra equivalência encontrada nas respostas foi o fato de que, quando as empresas não possuem investimentos em outras fontes de energia, elas não as reconhecem como concorrentes. Em qualquer dos dois casos, se refere a ambientes com alta competitividade, porém, a relevância dada é diferente entre eles.

Divergências entre os setores

Entre os fatores externos, as divergências mais claras foram encontradas entre “estabilidade econômica” e “desenvolvimento social”. O primeiro é considerado um fator importante para a tomada de decisão do setor eólico, porém não o é para o setor de petróleo. Já “desenvolvimento social” é unânime entre as empresas de petróleo como o último fator mais importante na tomada de decisão entre todos citados. Porém, para duas das quatro empresas do setor eólico, “desenvolvimento social” possui maior grau de importância entre os fatores citados, mostrando que a esse é atribuído maior relevância em empresas de energia eólica.

Talvez a principal diferença estudada entre os setores esteja relacionada à concorrência. Para as empresas de petróleo, a concorrência é um fator estratégico decisivo, já para as empresas do setor eólico não possui a mesma relevância.

Como já foi dito, os fatores internos são muito divergentes entre empresas do próprio setor e essa discrepância reflete no comparativo entre os setores. Logo, não houve fator interno com semelhança evidente neste estudo.

Por fim, os perfis de investimento das empresas de matriz eólica foram determinados, unanimemente, como moderados. Já o setor de óleo e gás, comumente caracterizado como investimento de risco, obteve dois perfis arrojados e um moderado. No geral, considera-se perfis de empresas de petróleo como arrojado e de empresas do setor eólico como moderado.

Apesar da limitação da pesquisa em termos de amostra, foi possível observar tendências nas respostas a partir de aproximações e até mesmo unanimidade das mesmas. Algumas características dos setores ficaram evidentes pelas respostas, outras mostram não ter um impacto decisivo no sucesso do negócio, apenas mostra como diferentes modelos organizacionais podem obter sucesso nos setores.

5. MODELO DE AVALIAÇÃO DA TRANSIÇÃO

Quando se trata de empreendimentos de geração de energia, existem características técnicas e gerenciais comuns às diferentes fontes utilizadas. Essas conseguem descrever o empreendimento de forma a auxiliar no estudo de sua viabilidade.

Este capítulo trata da composição do modelo de avaliação da transição, assim como explana os mecanismos utilizados para construí-lo. O principal conceito para concepção do modelo foi a análise comparativa entre os conhecidos casos de sucesso (empresas com empreendimentos eólicos em funcionamento) e as alternativas estudadas. Como anteriormente citado, foram utilizados critérios técnicos, gerenciais e de riscos da transição para tal comparação, além dos riscos da transição.

Aspectos Técnicos

Ao longo dos anos, vários autores estudaram e descreveram fatores relevantes para o entendimento e definição do tipo de projeto ideal para participação em leilões de geração. Em seus trabalhos, citaram inúmeros aspectos técnicos relevantes para definição de um empreendimento de geração viável.

Os critérios de viabilidade técnica utilizados na concepção do modelo encontram-se na Tabela 11.

Tabela 11 - Critérios técnicos utilizados no modelo

| | CRITÉRIO | TIPO DE CRITÉRIO | DIMENSÃO | FONTE | COD. CRT. |
|--------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------|
| CRITÉRIOS TÉCNICOS | Capacidade Instalada | Quantitativo | MW | De JONG <i>et. al.</i> , 2015 | C1 |
| | Eficiência Energética | Quantitativo | % | ALLAN <i>et. al.</i> , 2011 | C2 |
| | Vida útil | Quantitativo | Anos | ALLAN <i>et. al.</i> , 2015 | C3 |
| | Período de Implementação | Quantitativo | Anos | De JONG <i>et. al.</i> , 2015 | C4 |
| | Emissão de CO2 | Quantitativo | kg de CO2/kW de energia produzida | De JONG <i>et. al.</i> , 2015 | C5 |

FONTE: Elaborada pela autora (2019)

Em seu trabalho, De Jong *et. al.* (2015) realiza um estudo sobre o LCOE (Levelized Cost of Energy – Custo Nivelado de Energia) para empreendimentos de geração de energias renováveis de diferentes matrizes. Logo, determina a viabilidade de implantação desses empreendimentos. Para tanto utiliza parâmetros como “capacidade instalada”, “período de implementação” e “emissão de CO₂”, os quais foram utilizados neste modelo.

Os critérios técnicos escolhidos são quantitativos, ou seja, tanto suas escalas quanto a entrada de dados no modelo serão numéricas. Os dados desses critérios para alimentação do modelo foram retirados de duas fontes: literatura (eficiência energética, vida útil e emissão de CO₂) e dados técnicos da própria empresa (capacidade instalada e período de implementação).

Aspectos Gerenciais

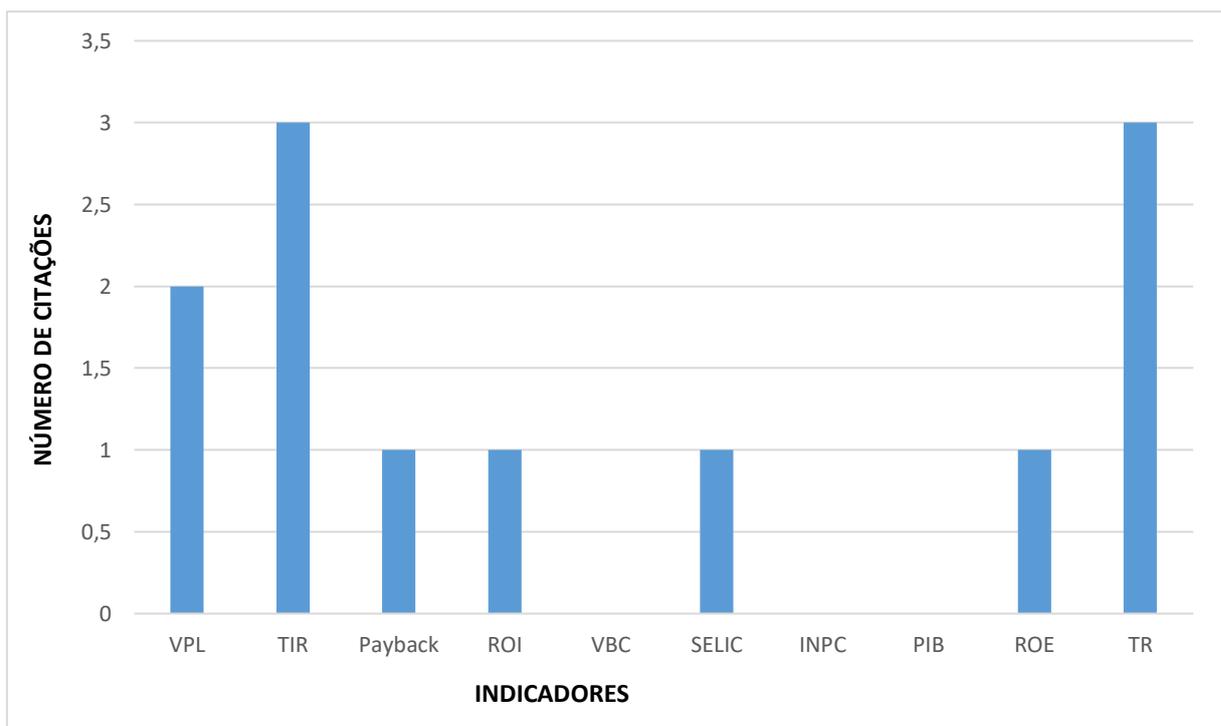
Em termos econômicos e financeiros, existem alguns indicadores consolidados entre os tomadores de decisão das empresas. Os indicadores da área de finanças e economia mais citados entre os autores pesquisados são:

- VPL – Valor Presente Líquido;
- TIR – Taxa Interna de Retorno;
- Payback;
- ROI – Retorno sobre o Investimento;
- VBC – Valores Básicos de Custeio;
- SELIC – Sistema Especial de Liquidação e Custódia;
- INPC – Índice Nacional de Preços ao Consumidor;
- PIB – Produto Interno Bruto;
- ROE – Retorno sobre o Patrimônio Líquido;
- TR – Taxa de Rentabilidade.

Alguns dos indicadores supracitados foram utilizados como critérios de viabilidade de projetos de energia em vários trabalhos, com destaque para a pesquisa realizada por Sengül *et. al.* (2015), na qual utiliza o método *fuzzy* TOPSIS para escolha do melhor projeto de energia a fim de suprir a demanda energética da Turquia.

Visando otimizar o modelo e torná-lo mais consistente, esses indicadores foram submetidos a avaliação das empresas de energia eólica no questionário, para ratificar sua utilização e verificar a relevância de cada um desses indicadores na tomada de decisão de investimento. Foi solicitado que as empresas indicassem os cinco indicadores mais relevantes para elas na tomada de decisão entre os dez citados na literatura. O resultado encontrado entre as quatro empresas que participaram da pesquisa foi:

Figura 16 - Resultado dos indicadores escolhidos pelas empresas.



FONTE: Elaborado pela autora (2019)

Como visto, os indicadores TIR, TR e VPL, foram os mais citados. ROI, ROE, Selic e payback, tiveram apenas uma citação cada. Aqueles que não foram citados, não foram utilizados no modelo.

A utilização dos indicadores mais citados no modelo foi clara. Porém, para aqueles citados apenas uma vez, foi decidido utilizar todos, pois não houve embasamento teórico ou justificativa das empresas da importância de um mais do que outro.

Ponderando que alguns indicadores obtiveram mais citações entre as empresas entrevistadas, os pesos atribuídos aos indicadores foram maiores quanto

maior o número de citações. Logo, mesmo utilizando os indicadores com apenas uma citação, esses não terão o mesmo peso atribuído no modelo que indicadores com mais citações.

A Tabela 12 mostra a relação dos indicadores econômico/financeiros utilizados no modelo assim como a escala a qual eles são avaliados.

Tabela 12 - Critérios Gerenciais – Utilização de indicadores econômico/financeiro

| | CRITÉRIO | TIPO DE CRITÉRIO | ESCALA | FONTE | COD. CRT. |
|-------------|----------|------------------|---------|--|-----------|
| FINANCEIROS | VPL | Qualitativo | Sim/Não | SHORT <i>et. al.</i> , 1995; Sengül <i>et. al.</i> (2015) | C6 |
| | TIR | Qualitativo | Sim/Não | SHORT <i>et. al.</i> , 1995; Sengül <i>et. al.</i> (2015) | C7 |
| | Payback | Qualitativo | Sim/Não | SHORT <i>et. al.</i> , 1995; Sengül <i>et. al.</i> (2015) | C8 |
| | ROI | Qualitativo | Sim/Não | SHORT <i>et. al.</i> , 1995; Sengül <i>et. al.</i> (2015) | C9 |
| ECONÔMICOS | SELIC | Qualitativo | Sim/Não | KISSEL <i>et. al.</i> , 2009; BAYER <i>et. al.</i> , 2018 | C10 |
| | ROE | Qualitativo | Sim/Não | BORTOLUZZI <i>et. al.</i> , 2010; BOMFIM <i>et. al.</i> , 2011 | C11 |
| | TR | Qualitativo | Sim/Não | Kouloukoui, 2018. | C12 |

FONTE: Elaborada pela autora (2019).

Diferente dos critérios técnicos, nota-se que os citados na Tabela 12 são qualitativos, ou seja, sua escala apresenta respostas nominais. Todavia, os dados inseridos no modelo serão números representativos para as respostas. Maiores explicações se encontram no item 5.1 deste trabalho.

Além da utilização desses indicadores, outros critérios gerenciais foram atribuídos ao modelo através do questionário:

- Grau de maturidade da equipe de gerenciamento de projetos;
- Experiências bem-sucedidas em projetos de geração de outras fontes de energia.

Todos os critérios de aspectos gerenciais encontram-se na Tabela 13.

Tabela 13 - Critérios Gerenciais

| | CRITÉRIO | TIPO DE CRITÉRIO | ESCALA | FONTE | COD. CRT. |
|----------------------|---|------------------|---------|--|-----------|
| CRITÉRIOS GERENCIAIS | VPL | Qualitativo | Sim/Não | SHORT <i>et. al.</i> , 1995; Sengül <i>et. al.</i> (2015) | C6 |
| | TIR | Qualitativo | Sim/Não | SHORT <i>et. al.</i> , 1995; Sengül <i>et. al.</i> (2015) | C7 |
| | Payback | Qualitativo | Sim/Não | SHORT <i>et. al.</i> , 1995; Sengül <i>et. al.</i> (2015) | C8 |
| | ROI | Qualitativo | Sim/Não | SHORT <i>et. al.</i> , 1995; Sengül <i>et. al.</i> (2015) | C9 |
| | SELIC | Qualitativo | Sim/Não | KISSEL <i>et. al.</i> , 2009; BAYER <i>et. al.</i> , 2018 | C10 |
| | ROE | Qualitativo | Sim/Não | BORTOLUZZI <i>et. al.</i> , 2010; BOMFIM <i>et. al.</i> , 2011 | C11 |
| | TR | Qualitativo | Sim/Não | Kouloukoui, 2018. | C12 |
| | Experiências bem-sucedidas em projetos de geração de outras fontes de energia | Qualitativo | Sim/Não | Nunes, 2018 | C13 |
| | Grau de maturidade da equipe de gerenciamento de projetos | Quantitativo | Pts. | PMI, 2017 | C14 |

FONTE: Elaborada pela autora (2019).

C13 é determinado como qualitativo e, assim como os outros, possui uma escala binária. Verificando que a experiência possibilita identificar quais decisões corretas devem ser tomadas, este critério é um critério sugerido por este trabalho.

Já C14 possui características quantitativas. As empresas respondentes atribuíram uma pontuação de acordo com a escala sugerida no questionário, a qual será descrita posteriormente. Este critério está presente no PMBOK como indicador para verificar o nível de conhecimento da equipe de gestão.

As características gerenciais de uma empresa são um conjunto de métodos organizacionais, muitos deles complexos e cruciais para a cultura empresarial da mesma. Dada a importância desses dados e suas características estratégicas, há uma grande resistência por parte das empresas em informá-los. Logo, para que o modelo

pudesse ser elaborado com dados reais, optou-se por utilizar critérios gerenciais simples, porém que conseguissem transmitir o nível de gestão desenvolvido pelas empresas do mercado de energia.

Aspectos de Riscos da Transição

Através das pesquisas realizadas, foi possível identificar que os riscos atrelados à transição energética, na verdade, são formados pela junção entre os riscos ligados às energias renováveis somados aos riscos de mudança de investimento.

Após os estudos no estado da arte, foi possível constatar os principais autores que estudaram os riscos relacionados à transição energética os quais foram base para identificação daqueles utilizados no modelo. Os riscos da transição energética a serem considerados são os descritos na Tabela 14, sendo o último, citado na literatura como o principal risco ligado a transição energética.

Tabela 14 - Riscos da Transição Energética

| | CRITÉRIO | TIPO DE CRITÉRIO | ESCALA | FONTE | COD. CRT. |
|---------------------|--|------------------|---------------------------------|---|-----------|
| RISCOS DA TRANSIÇÃO | Oscilação do mercado de Energias Renováveis | Qualitativo | Instável/ Estável | KIM <i>et. al.</i> , 2015 | C15 |
| | Competitividade com outras fontes de energia | Qualitativo | Competitivo/ Não competitivo | GATZERT e KOSUB, 2016b | C16 |
| | Custo de implementação | Quantitativo | R\$ | GATZERT e KOSUB, 2016a; LIU e ZENG, 2017; ALLAN <i>et. al.</i> , 2015 | C17 |
| | Ambiente regulatório | Qualitativo | Favorável/ Desfavorável | TELES <i>et. al.</i> , 2016; LIU e ZENG, 2017 | C18 |

FONTE: Elaborada pela autora (2019)

Para os critérios qualitativos, novamente foram atribuídas escalas binárias utilizando a mesma abordagem já relatada com essa similaridade. O grau de competitividade do mercado pôde ser constatado nas respostas das empresas participantes, porém as informações inerentes aos outros dois critérios foram retiradas da literatura e de relatórios técnicos de órgãos nacionais e internacionais.

Os dados para “custo de implementação” foram obtidos através dos resultados dos leilões publicados pelas agências responsáveis e por dados técnicos das empresas.

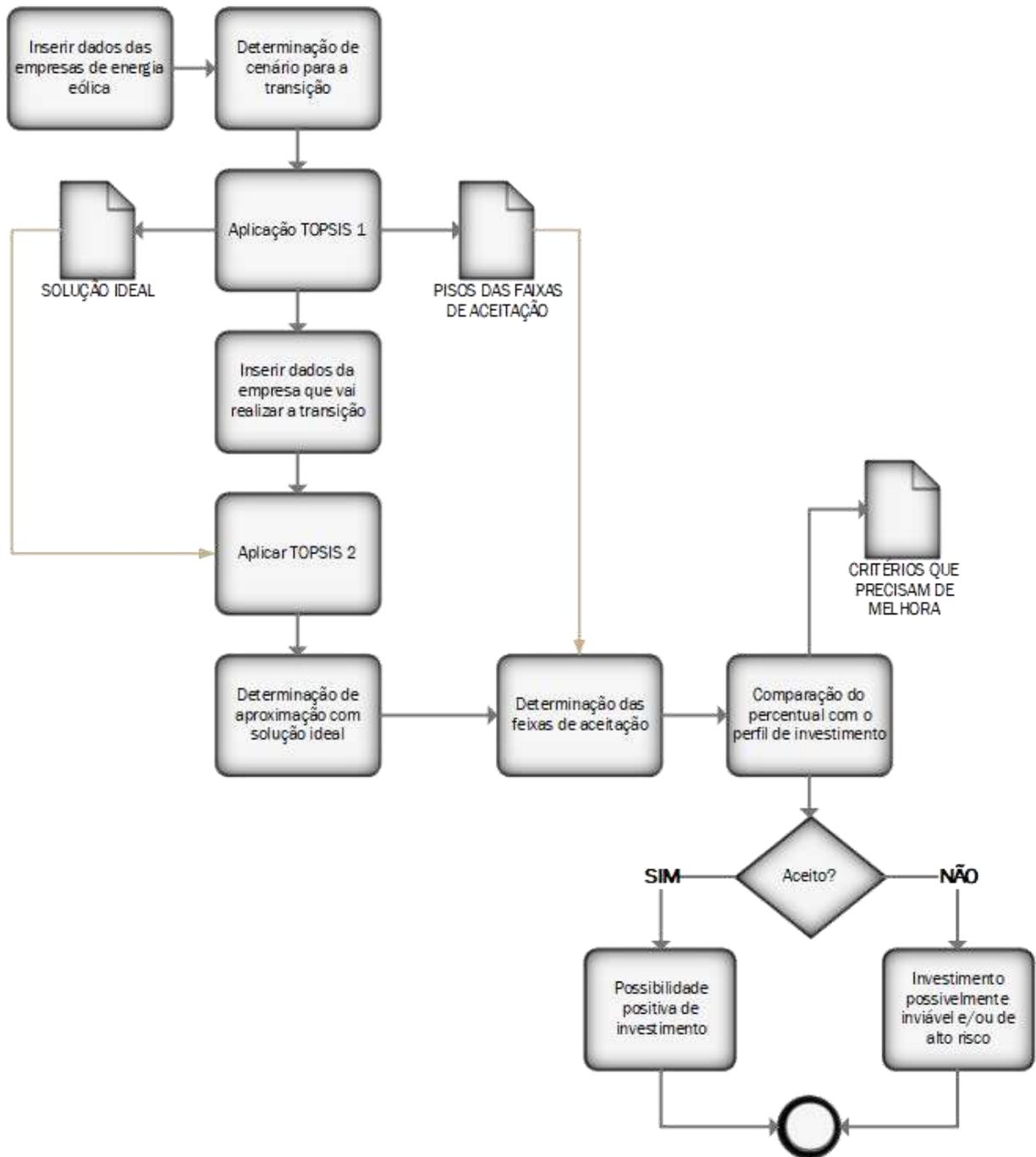
5.1. MODELO DE TOMADA DE DECISÃO

Além da semelhança entre os processos de negócios, todo este modelo está baseado em uma análise comparativa entre os dados técnicos e comportamentais (frente a investimento) das empresas de matrizes energéticas diferentes. Foram utilizados também, os riscos atrelados à transição a ser realizada.

O ponto central do modelo são duas aplicações do TOPSIS, denominadas como TOPSIS 1 e TOPSIS 2. Foram realizadas duas fases: a primeira para aplicação do TOPSIS 1, denominada PLAN1, e a segunda para aplicação do TOPSIS 2 e obtenção de resultados, denominada PLAN2.

O fluxograma contido na Figura 17 apresenta as etapas que compõe o modelo de tomada de decisão.

Figura 17 - Modelo de tomada de decisão



FONTE: Elaborado pela autora (2019).

A PLAN1 foi alimentada utilizando os dados de empresas de energia eólica sendo possível coletar os parâmetros ideais que são aplicados no setor desejado para realização da transição (critérios e cenário). De posse dessa informação, dá-se início a segunda aplicação do TOPSIS (TOPSIS 2) substituindo a etapa de determinação de soluções ideais, pelos resultados encontrados nessa etapa do TOPSIS 1. Dessa

forma, torna-se possível identificar qual o nível de semelhança entre a alternativa existente para a transição e a solução ideal do setor.

Com os resultados da aplicação do TOPSIS 2, é iniciada a análise do desempenho da alternativa e determinação da faixa de aceitação em que se encaixa de acordo com perfil de investimento declarado. O resultado dessa análise possibilita duas opções: possibilidade de investimento ou investimento não recomendado/com risco acima do recomendado.

O modelo também é capaz de realizar uma análise isolada do desempenho de cada critério para uma avaliação mais minuciosa do resultado obtido. O operador tem a possibilidade de verificar quais critérios atingiram a aproximação esperada e qual precisa de melhoria.

5.1.1. Determinação dos pesos dos critérios

Para a metodologia MCDM utilizada, o somatório dos pesos dos critérios deve ser igual a 1. Como foram escolhidos critérios mediante aspectos técnicos, gerenciais e riscos da transição, este valor foi dividido da seguinte forma:

- Aspectos Técnicos: 0,33
- Aspectos Gerenciais: 0,34
- Riscos da Transição: 0,33

A divisão do valor total por três não seria exata, logo, uma das três opções deveria ficar com um valor levemente acima das outras. A área de aspectos gerenciais foi escolhida para essa pequena “vantagem” por apresentar 100% de dados reais das empresas de energia eólica em seus critérios. Além disso, é a área que possui o maior número de critérios (nove no total).

Aspectos Técnicos

Essa área contém cinco critérios utilizados no modelo. E os pesos atribuídos a eles foram determinados dividindo o valor atribuído aos aspectos técnicos (0,33) pelo número de critérios com essa característica (5). A Tabela 15 possui os valores utilizados:

Tabela 15 - Pesos de critérios técnicos.

| CRITÉRIO | PESO |
|--------------------------|-------------|
| Capacidade Instalada | 0,066 |
| Eficiência Energética | 0,066 |
| Vida útil | 0,066 |
| Período de Implementação | 0,066 |
| Emissão de CO2 | 0,066 |

FONTE: Elaborada pela autora (2019)

Não foi encontrado na literatura registros da superioridade de qualquer desses critérios sobre o outro quanto a sua relevância. Logo, não houve justificativa para determinação de pesos diferentes.

Aspectos Gerenciais

Como mencionado, esta é a área que contém o maior número de critérios. Para determinação dos pesos o valor atribuído para aspectos gerenciais (0,34) foi dividido em nove partes iguais – número de indicadores, resultado em um valor de peso de 0,038 para cada indicador. Aos indicadores C13 e C14 sugeridos por este estudo, foram atribuídos tais pesos de 0,038. Porém, o valor restante de peso (0,264) não foi compartilhado igualmente para os indicadores econômico/financeiros.

Como relatado no início deste capítulo, os pesos dos critérios foram divididos de forma proporcional ao número de citações das empresas. Os indicadores TR e TIR obtiveram três citações cada um, já os indicadores Payback, ROI, SELIC e ROE apenas uma citação cada um. O indicador VPL teve duas citações. No total, foram

realizadas 12 citações. Desta forma, foi aplicada uma média ponderada, onde os números de citações se tornariam os pesos utilizados na operação. A Tabela 16 contém os valores.

Tabela 16 - Determinação peso dos indicadores econômico/financeiros.

| CRITÉRIO | Nº DE CITAÇÕES | FATOR DA MÉDIA PONDERADA | PESO RESTANTE | PESO DO CRITÉRIO |
|-----------------|-----------------------|---------------------------------|----------------------|-------------------------|
| VPL | 2 | 0,168 | 0,264 | 0,044 |
| TIR | 3 | 0,25 | 0,264 | 0,066 |
| Payback | 1 | 0,083 | 0,264 | 0,022 |
| ROI | 1 | 0,083 | 0,264 | 0,022 |
| SELIC | 1 | 0,083 | 0,264 | 0,022 |
| ROE | 1 | 0,083 | 0,264 | 0,022 |
| TR | 3 | 0,25 | 0,264 | 0,066 |

FONTE: Elaborada pela autora (2019).

Foi possível observar que os critérios com maior citação entre as empresas que responderam o questionário ficaram com os maiores pesos, os quais foram diminuindo proporcionalmente às citações. Quando um número significativo de empresas no plano amostral indica que utiliza um indicador para tomada de decisão pode significar uma maior relevância na utilização desse indicador.

Riscos da Transição

Para os critérios de riscos da transição, o peso total que os representa também foi dividido entre eles. Os autores estudados para relacionar os riscos da transição energética citam o “ambiente regulatório” como o principal risco para realização da transição. Porém, não citam quaisquer indicativos da magnitude dessa diferença. Por este motivo, o arredondamento dos pesos foi atribuído ao C18 que ficou com 0,09, enquanto C15, C16 e C17 ficaram com pesos 0,08.

5.1.2. Escalas dos critérios qualitativos

Na metodologia TOPSIS, os critérios também podem ser classificados como critérios de benefício ou de custo. O primeiro significa que a resposta ideal é o máximo valor atribuído ao critério em análise. O segundo, ao contrário, sugere que a resposta ideal é o menor valor atribuído.

Aplicados ao modelo existem apenas três critérios de custo: “período de implementação”, “emissão de CO₂/kW de energia” e “custo estimado de investimento”. Todos os outros critérios são classificados como de benefício. Entre eles estão os critérios qualitativos do modelo.

Como o modelo utiliza um método matemático, foi criada uma escala binária com a função de representar as respostas dos critérios qualitativos. A utilização dos indicadores econômico/financeiro é um exemplo disso. Neste caso, o fato de a empresa utilizar os indicadores é um fator positivo, ou seja, caso sejam utilizados, serão atribuídos pontuação 2 (máxima), caso contrário, pontuação 1. O mesmo conceito foi atribuído aos demais critérios qualitativos presentes na Tabela 17.

Tabela 17 - Escala binária para critérios qualitativos.

| CRITÉRIO | ESCALA | PONTUAÇÃO | COD. CRT. |
|--|-----------------|------------------|------------------|
| VPL | SIM | 2 | C6 |
| | NÃO | 1 | |
| TIR | SIM | 2 | C7 |
| | NÃO | 1 | |
| Payback | SIM | 2 | C8 |
| | NÃO | 1 | |
| ROI | SIM | 2 | C9 |
| | NÃO | 1 | |
| SELIC | SIM | 2 | C10 |
| | NÃO | 1 | |
| ROE | SIM | 2 | C11 |
| | NÃO | 1 | |
| TR | SIM | 2 | C12 |
| | NÃO | 1 | |
| Experiências bem-sucedidas em projetos de geração de outras fontes de energia | SIM | 2 | C13 |
| | NÃO | 1 | |
| Oscilação do mercado de Energias Renováveis | ESTÁVEL | 2 | C15 |
| | INSTÁVEL | 1 | |
| Competitividade com outras fontes de energia | NÃO COMPETITIVO | 2 | C16 |
| | COMPETITIVO | 1 | |
| Ambiente regulatório | FAVORÁVEL | 2 | C18 |
| | DESFAVORÁVEL | 1 | |

FONTE: Elaborada pela autora (2019).

Nota-se que os critérios qualitativos foram organizados de tal forma que fossem classificados como de benefício, ou seja, a melhor situação tem como representação o maior número. Dessa forma, a elaboração das escalas binárias possibilitou que dados qualitativos pudessem ser utilizados no TOPSIS e flexibilizou sua classificação.

5.1.3. Determinação de Cenário

Como dito anteriormente, entres os quatro riscos da transição energética escolhidos, três são qualitativos e provém de cenários externos não controlados pelas empresas. A Tabela 18 mostra quais as possibilidades de classificação desses riscos.

Tabela 18 - Escala dos riscos de transição para determinação de cenários

| ESCALAS | | |
|---|--|---------------------------|
| Oscilação do mercado de Energias Renováveis | Competitividade com outras fontes de energia | Ambiente regulatório |
| Estável Instável | Não competitivo Competitivo | Favorável Desfavorável |

FONTE: Elaborada pela autora (2019).

O fato desses critérios se referirem a fatores externos não controlados pelas empresas significa que independentemente do quão perto esteja o projeto de um caso de sucesso, esses riscos irão afetar as empresas da mesma forma. Ou seja, unidos formam um cenário de mercado que todas as empresas do setor precisarão lidar.

Logo, para o modelo, serão possíveis oito cenários diferentes, resultados das possibilidades existentes entre combinações dos riscos da transição de conotação qualitativa. A Tabela 19 explicita esses cenários.

Tabela 19 - Cenários dos riscos da transição

| CENÁRIOS | Oscilação do mercado de Energias Renováveis | Competitividade com outras fontes de energia | Ambiente regulatório |
|----------|---|--|----------------------|
| 1 | Instável | Competitivo | Favorável |
| 2 | Instável | Competitivo | Desfavorável |
| 3 | Instável | Não competitivo | Favorável |
| 4 | Instável | Não competitivo | Desfavorável |
| 5 | Estável | Competitivo | Favorável |
| 6 | Estável | Competitivo | Desfavorável |
| 7 | Estável | Não competitivo | Favorável |
| 8 | Estável | Não competitivo | Desfavorável |

FONTE: Elaborada pela autora (2019).

Como se trata de dois mercados diferentes, as respostas para determinação dos cenários podem ser distintas. Porém, na aplicação do modelo, prevalece aquela que reflete a realidade do mercado para o qual se deseja realizar a transição. Sendo assim, para este trabalho, o cenário escolhido foi aquele que traduziu a real situação

vivida pelo mercado eólico brasileiro. Este permaneceu o mesmo para todas as etapas do modelo.

Para utilização do modelo, foi admitido que o desenvolvimento crescente da matriz eólica sinaliza um ambiente regulatório favorável ao desenvolvimento de projetos da matriz. Porém, devido à instabilidade política e momento de transição de governo, o mercado oscilou comparado aos valores entre os anos de 2012 e 2015. Logo, o mercado foi considerado instável. Quanto a competitividade, as empresas participantes afirmaram estar inseridas em um mercado com alta competitividade. A partir disso, o cenário 1 foi aplicado ao modelo.

5.1.4. Determinação das faixas de aceitação

A regra básica que rege toda a concepção do modelo é: quanto mais próximo da solução ideal, melhor e mais seguro deverá ser o investimento. Considerando esta premissa, é necessário quantificar essa aproximação. Para este modelo, foi utilizada uma abordagem simples adotando os conceitos da própria metodologia TOPSIS (chamada de “proximidade relativa”) que se resume na razão entre a distância para a pior situação e a soma da mesma com a distância para a pior situação.

Não obstante, existem investidores que aceitam assumir mais riscos do que outros. Sabendo desta diferença, foi questionado às empresas qual seu perfil de investidor, baseado nos sistemas de classificação utilizado pelas corretoras de investimentos:

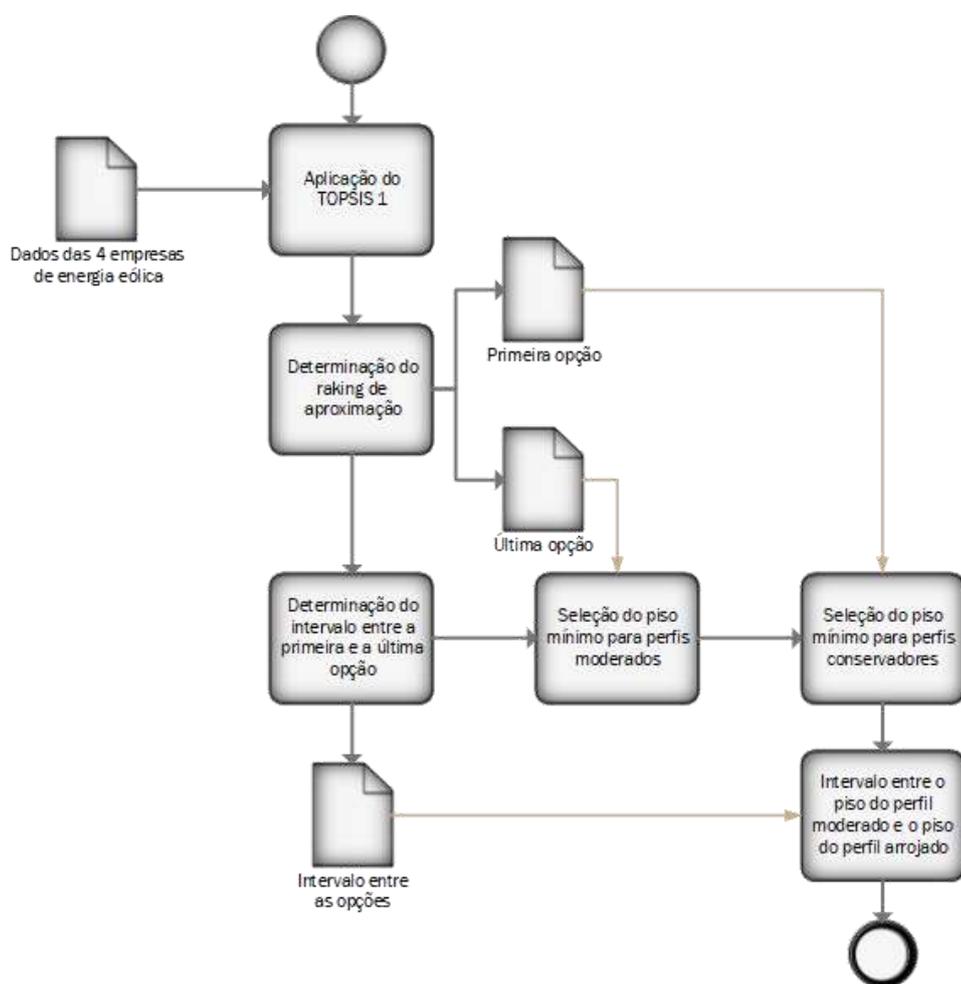
- Conservador: investe com riscos mínimos, onde haja segurança do seu capital;
- Moderado: aceita correr alguns riscos, mas sem abrir mão do domínio de suas aplicações e do retorno gerado por elas;
- Arrojado: aceita correr riscos com possibilidade de alta rentabilidade, mas com prudência.

São três perfis de investidores que possuem visões diferentes sobre uma oportunidade, logo, os resultados devem ser tratados de forma diferente. A opção

utilizada para atender aos múltiplos perfis foi o uso de uma faixa mínima de aceitação para cada perfil indicado.

As faixas de aceitação de semelhança são alteradas de acordo com o perfil de investimento da empresa (arrojado, moderado ou conservador) e determinadas pelo resultado de aproximação dos casos de sucesso com a solução ideal. O limite da faixa de aceitação entre os perfis de investimento determina qual o piso mínimo de viabilidade do projeto. O processo para determinar as faixas de aceitação é melhor explicado no fluxograma contido na Figura 18.

Figura 18 - Processo de determinação das faixas de aceitação.



FONTE: Adaptado pela autora (2019).

Para este modelo, foram utilizados quatro casos de sucesso (empresas de energia eólica com projetos concluídos). Por unanimidade, as empresas responsáveis pelos projetos declararam seu perfil de investimento como *moderado*.

Com a média aritmética entre os quatro projetos analisados foi possível obter o piso de aproximação para perfis moderados. Com a primeira classificação, foi possível

obter o piso de aproximação para perfis conservadores. Para os perfis arrojados, o piso de aproximação foi obtido subtraindo do último classificado a diferença entre a média aritmética das opções e a última opção.

Apesar de estar em última colocação, trata-se de um projeto bem-sucedido, logo, seus dados são aceitáveis para o perfil declarado e devem ser considerados na avaliação.

A partir do limite da faixa de aceitação do perfil moderado foi atribuído o piso para o investidor empreendedor.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os dados obtidos para aplicação do modelo assim como os resultados de sua aplicação. Como dito anteriormente, os dados utilizados foram retirados da literatura, da aplicação do questionário às empresas, dos resultados dos leilões de geração de energia e dos dados disponíveis pelas próprias empresas em seus respectivos websites.

Como os dados técnicos de empreendimentos executados para empresas de combustíveis fósseis derivam de possíveis projetos, esses ainda não são existentes. Logo, foi realizada uma simulação para os dados técnicos do possível projeto, buscando o melhor caminho para validar o modelo proposto diante da ausência de dados. Realizou-se uma simulação com os dados de aspectos gerenciais da empresa E (não possui experiência na geração de outra fonte de energia) e da empresa F (possui experiência com outras fontes de geração renováveis).

6.1. APLICAÇÃO TOPSIS 1

Alguns parâmetros que precisam ser definidos para utilização do modelo foram abordados na etapa inicial de aplicação da metodologia utilizada. Tanto a solução ideal quanto as faixas de aceitação foram determinadas pelo resultado dessa aplicação. Os dados inseridos foram demonstrados de acordo com as etapas do modelo utilizado.

Em posse dos dados coletados das empresas de energia eólica, esses foram inseridos na PLAN1 para definição da Matriz de Decisão do TOPSIS 1. A Tabela 20 contém os dados de cada critério na matriz.

Tabela 20 - Matriz de decisão do TOPSIS 1.

| EMPRESA | ASPECTOS TÉCNICOS | | | | | ASPECTOS GERENCIAIS | | | | | | | | | | ASPECTOS DE RISCOS | | | |
|--------------|-------------------|------------|------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------------|------------|------------|--|
| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 | C14 | C15 | C16 | C17 | C18 | |
| A | 182 | 35 | 20 | 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 70 | 1 | 1 | 2 | 864 | 2 | |
| B | 120 | 35 | 20 | 2,5 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 73 | 1 | 1 | 2 | 462 | 2 | |
| C | 207 | 35 | 20 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 75 | 1 | 1 | 2 | 1300 | 2 | |
| D | 207 | 35 | 20 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 90 | 2 | 1 | 2 | 1100 | 2 | |
| | max | max | max | min | min | max | max | max | max | max | max | max | max | max | max | max | min | max | |
| Pesos | 0,066 | 0,066 | 0,066 | 0,066 | 0,066 | 0,044 | 0,066 | 0,022 | 0,022 | 0,022 | 0,022 | 0,066 | 0,038 | 0,038 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,09 | |
| Ideal | 207 | 35 | 20 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 90 | 2 | 1 | 2 | 462 | 2 | |
| Pior | 120 | 35 | 20 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 70 | 1 | 1 | 2 | 1300 | 2 | |

Legenda:

C1 – Capacidade Instalada

C2 – Eficiência Energética

C3 – Vida Útil

C4 – Período de Implementação

C5 – Emissão de CO₂/kW de Energia Gerada

C6 – VPL

C7 – TIR

C8 – Payback

C9 – ROI

C10 – SELIC

C11 – ROE

C12 – TR

C13 – Maturidade da Equipe de Gerenciamento de Projetos

C14 - Empresa Possui Experiência Bem-sucedida em outras Fontes de Energia

C15 – Oscilação de Mercado

C16 – Competitividade com Outras Fontes de Energia

C17 – Custo Estimado de Implementação

C18 – Ambiente Regulatório

FONTE: Elaborada pela autora (2019).

É possível notar a semelhança entre os valores de alguns pontos que estão na planilha. Os critérios C2, C3 e C4 – eficiência energética, vida útil do empreendimento e emissão de CO₂, respectivamente – tiveram seus dados retirados da literatura, a qual estabelece valores médios para esses indicadores. Portanto, os valores adotados foram os mesmos para todas as empresas. São eles:

- C2: 35% (GIPE, 1992);
- C3: 20 anos (DULTRA, 2002);
- C4: 0 – Etapa de geração (IEA, 2003);

No caso de C2, se faria necessário um estudo junto à empresa para verificar a eficiência do modelo de turbina utilizada, ou identificar o fabricante e entrar em contato com o mesmo. Para C3 não havia possibilidade de determinar a vida útil de um sistema que acabara de ser instalado, logo, recorrer ao estado da arte pareceu a alternativa mais coerente.

Ainda sobre a Tabela 20, é possível encontrar os pesos dos critérios, os piores valores dos indicadores e a chamada *solução ideal*. A metodologia TOPSIS seleciona os melhores valores para os indicadores existentes entre as opções (neste caso as empresas de energia eólica) para compor a solução ideal. Essa informação foi guardada e utilizada em etapas posteriores.

As tabelas apresentadas a seguir mostram os resultados das etapas de cálculo da metodologia utilizada. A Tabela 21 apresenta a matriz de decisão normatizada, ou seja, transforma os valores dos critérios para a mesma ordem de grandeza.

Tabela 211 - Matriz de decisão normatizada.

| EMP. | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 | C14 | C15 | C16 | C17 | C18 |
|----------|--------|-----|-----|--------|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|-----|--------|-----|
| A | 0,4986 | 0,5 | 0,5 | 0,5644 | 0 | 0,3162 | 0,5547 | 0,378 | 0,378 | 0,378 | 0,378 | 0,2774 | 0,4523 | 0,378 | 0 | 0,5 | 0,4398 | 0,5 |
| B | 0,3288 | 0,5 | 0,5 | 0,4704 | 0 | 0,6325 | 0,5547 | 0,7559 | 0,7559 | 0,378 | 0,378 | 0,5547 | 0,4717 | 0,378 | 0 | 0,5 | 0,2352 | 0,5 |
| C | 0,5671 | 0,5 | 0,5 | 0,3763 | 0 | 0,3162 | 0,2774 | 0,378 | 0,378 | 0,378 | 0,378 | 0,5547 | 0,4846 | 0,378 | 0 | 0,5 | 0,6617 | 0,5 |
| D | 0,5671 | 0,5 | 0,5 | 0,5644 | 0 | 0,6325 | 0,5547 | 0,378 | 0,378 | 0,7559 | 0,7559 | 0,5547 | 0,5815 | 0,7559 | 0 | 0,5 | 0,5599 | 0,5 |

FONTE: Elaborada pela autora (2019).

Nota-se que os dados contidos na tabela estão com a mesma ordem de grandeza. Logo, a diferença de escala entre os critérios já não existe mais.

Seguindo a metodologia proposta, o passo seguinte foi calcular a matriz normatizada com dados ponderados, ou seja, multiplicação da matriz anterior pelo vetor peso. A Tabela 22 traz esse resultado.

Tabela 22 - Matriz de Decisão normatizada e ponderada.

| EMP. | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 | C14 | C15 | C16 | C17 | C18 |
|--------------|--------|-------|-------|--------|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|------|--------|-------|
| A | 0,0329 | 0,033 | 0,033 | 0,0373 | 0 | 0,0139 | 0,0366 | 0,0083 | 0,0083 | 0,0083 | 0,0083 | 0,0183 | 0,0172 | 0,0144 | 0 | 0,04 | 0,0352 | 0,045 |
| B | 0,0217 | 0,033 | 0,033 | 0,031 | 0 | 0,0278 | 0,0366 | 0,0166 | 0,0166 | 0,0083 | 0,0083 | 0,0366 | 0,0179 | 0,0144 | 0 | 0,04 | 0,0188 | 0,045 |
| C | 0,0374 | 0,033 | 0,033 | 0,0248 | 0 | 0,0139 | 0,0183 | 0,0083 | 0,0083 | 0,0083 | 0,0083 | 0,0366 | 0,0184 | 0,0144 | 0 | 0,04 | 0,0529 | 0,045 |
| D | 0,0374 | 0,033 | 0,033 | 0,0373 | 0 | 0,0278 | 0,0366 | 0,0083 | 0,0083 | 0,0166 | 0,0166 | 0,0366 | 0,0221 | 0,0287 | 0 | 0,04 | 0,0448 | 0,045 |
| Ideal | 0,0374 | 0,033 | 0,033 | 0,0248 | 0 | 0,0278 | 0,0366 | 0,0166 | 0,0166 | 0,0166 | 0,0166 | 0,0366 | 0,0221 | 0,0287 | 0 | 0,04 | 0,0188 | 0,045 |
| Pior | 0,0217 | 0,033 | 0,033 | 0,0373 | 0 | 0,0139 | 0,0183 | 0,0083 | 0,0083 | 0,0083 | 0,0083 | 0,0183 | 0,0172 | 0,0144 | 0 | 0,04 | 0,0529 | 0,045 |

FONTE: Elaborada pela autora (2019).

Após a normatização da matriz de decisão, deu-se início a próxima etapa do método: determinação das distâncias para a solução ideal positiva e negativa de cada critério utilizado. A Tabela 23 representa esses dados para as soluções ideais positiva e negativa.

Tabela 23 - Valores das distâncias para as soluções ideais por critério.

DISTÂNCIA PARA SOLUÇÃO IDEAL POSITIVA

| EMP. | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 | C14 | C15 | C16 | C17 | C18 |
|----------|--------|----|----|--------|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|-----|--------|-----|
| A | 0,0045 | 0 | 0 | -0,012 | 0 | 0,0139 | 0 | 0,0083 | 0,0083 | 0,0083 | 0,0083 | 0,0183 | 0,0049 | 0,0144 | 0 | 0 | -0,016 | 0 |
| B | 0,0157 | 0 | 0 | -0,006 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0083 | 0,0083 | 0 | 0,0042 | 0,0144 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0139 | 0,0183 | 0,0083 | 0,0083 | 0,0083 | 0,0083 | 0 | 0,0037 | 0,0144 | 0 | 0 | -0,034 | 0 |
| D | 0 | 0 | 0 | -0,012 | 0 | 0 | 0 | 0,0083 | 0,0083 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0,026 | 0 |

DISTÂNCIA PARA SOLUÇÃO IDEAL NEGATIVA

| EMP. | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 | C14 | C15 | C16 | C17 | C18 |
|----------|--------|----|----|--------|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|-----|--------|-----|
| A | 0,0112 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0183 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0,018 | 0 |
| B | 0 | 0 | 0 | -0,006 | 0 | 0,0139 | 0,0183 | 0,0083 | 0,0083 | 0 | 0 | 0,0183 | 0,0007 | 0 | 0 | 0 | -0,034 | 0 |
| C | 0,0157 | 0 | 0 | -0,012 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0183 | 0,0012 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| D | 0,0157 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0139 | 0,0183 | 0 | 0 | 0,0083 | 0,0083 | 0,0183 | 0,0049 | 0,0144 | 0 | 0 | -0,008 | 0 |

FONTE: Elaborada pela autora (2019).

A obtenção dos dados de distância de cada critério permitiu que esses fossem analisados separadamente com a finalidade de que o operador pudesse identificar quais pontos precisam de melhoria.

Com o cálculo das distâncias foi possível obter as distâncias relativas, isto é, o resultado da aproximação entre as opções e a solução ideal. A proximidade relativa para as empresas de energia eólica está expressa na Tabela 24.

Tabela 24 - Proximidade relativa TOPSIS 1

| EMPRESA | Distância Positiva | Distância Negativa | Proximidade Relativa |
|---------|--------------------|--------------------|----------------------|
| A | 0,038 | 0,028 | 0,42 |
| B | 0,025 | 0,047 | 0,65 |
| C | 0,047 | 0,027 | 0,37 |
| D | 0,031 | 0,039 | 0,56 |

FONTE: Elaborada pela autora (2019).

Logo, as taxas de aproximação encontradas para as empresas foram estabelecidas conforme apresentado na Tabela 25.

Tabela 25 - Taxa de aproximação com a solução ideal TOPSIS 1.

| EMPRESA | TAXA DE APROXIMAÇÃO |
|---------|---------------------|
| A | 42% |
| B | 65% |
| C | 37% |
| D | 56% |

FONTE: Elaborada pela autora (2019).

Para determinar o piso da faixa de aproximação de perfis de investimento moderados (declarado pelas empresas), foi utilizado o menor valor encontrado entre as faixas de aceitação (37%). Para perfis conservadores, o piso da faixa de aceitação foi determinado pelo valor obtido com a melhor opção entre as empresas (65%). Já para o perfil arrojado, a determinação desse valor foi realizada pelos passos a seguir:

1. Calcular média aritmética das faixas de aceitação (50%);
2. Determinar intervalo entre a média aritmética e o menor valor (13%);

3. Subtrair o intervalo do menor valor encontrado entre as faixas de aceitação (24%).

Sendo assim, o piso da faixa de aceitação para perfis arrojados foi de 24%.

6.2. APLICAÇÃO TOPSIS 2

A segunda aplicação da metodologia TOPSIS foi realizada a partir da inserção dos valores da empresa de petróleo a qual respondeu o questionário e eliminação da última colocada no *rank* de aplicação do TOPSIS 1.

Como foi mencionado, foi realizada uma simulação com os dados obtidos das três empresas de petróleo que responderam o questionário. Porém, nenhuma delas possui projetos de geração eólica. A empresa F já executou projetos de outras fontes renováveis como biomassa e energia solar. As empresas E e G, ainda não possuem investimentos em geração de energia por fonte renovável. Sendo assim, os dados técnicos para a simulação foram determinados pela média aritmética entre os projetos de energia eólica utilizados no modelo.

De posse das definições dos critérios, é possível montar a matriz de decisão com dados das empresas. Eles foram apresentados na Tabela 26.

Tabela 26 - Matriz de decisão para empresas de petróleo.

| EMPRESA | ASPECTOS TÉCNICOS | | | | | ASPECTOS GERENCIAIS | | | | | | | | | | ASPECTOS DE RISCOS | | | |
|--------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------------------|------|------|--|
| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 | C14 | C15 | C16 | C17 | C18 | |
| E | 179 | 29 | 20 | 2,6 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 80 | 1 | 1 | 2 | 932 | 2 | |
| A | 182 | 29 | 20 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 70 | 1 | 1 | 2 | 864 | 2 | |
| B | 120 | 29 | 20 | 2,5 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 73 | 1 | 1 | 2 | 462 | 2 | |
| D | 207 | 29 | 20 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 75 | 2 | 1 | 2 | 1100 | 2 | |
| Pesos | 0,066 | 0,066 | 0,066 | 0,066 | 0,066 | 0,044 | 0,066 | 0,022 | 0,022 | 0,022 | 0,022 | 0,066 | 0,038 | 0,038 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,09 | |
| Ideal | 207 | 29 | 20 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 90 | 2 | 1 | 2 | 462 | 2 | |
| Pior | 120 | 29 | 20 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 70 | 1 | 1 | 2 | 1100 | 2 | |

| EMPRESA | ASPECTOS TÉCNICOS | | | | | ASPECTOS GERENCIAIS | | | | | | | | | | ASPECTOS DE RISCOS | | | |
|--------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------------------|------|------|--|
| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 | C14 | C15 | C16 | C17 | C18 | |
| F | 179 | 29 | 20 | 2,6 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 100 | 2 | 1 | 2 | 932 | 2 | |
| A | 182 | 29 | 20 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 70 | 1 | 1 | 2 | 864 | 2 | |
| B | 120 | 29 | 20 | 2,5 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 73 | 1 | 1 | 2 | 462 | 2 | |
| D | 207 | 29 | 20 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 75 | 2 | 1 | 2 | 1100 | 2 | |
| Pesos | 0,066 | 0,066 | 0,066 | 0,066 | 0,066 | 0,044 | 0,066 | 0,022 | 0,022 | 0,022 | 0,022 | 0,066 | 0,038 | 0,038 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,09 | |
| Ideal | 207 | 29 | 20 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 90 | 2 | 1 | 2 | 462 | 2 | |
| Pior | 120 | 29 | 20 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 70 | 1 | 1 | 2 | 1100 | 2 | |

| EMPRESA | ASPECTOS TÉCNICOS | | | | | ASPECTOS GERENCIAIS | | | | | | | | | | ASPECTOS DE RISCOS | | | |
|--------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------------------|------|------|--|
| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 | C14 | C15 | C16 | C17 | C18 | |
| G | 179 | 29 | 20 | 2,6 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 50 | 1 | 1 | 2 | 932 | 2 | |
| A | 182 | 29 | 20 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 70 | 1 | 1 | 2 | 864 | 2 | |
| B | 120 | 29 | 20 | 2,5 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 73 | 1 | 1 | 2 | 462 | 2 | |
| D | 207 | 29 | 20 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 75 | 2 | 1 | 2 | 1100 | 2 | |
| Pesos | 0,066 | 0,066 | 0,066 | 0,066 | 0,066 | 0,044 | 0,066 | 0,022 | 0,022 | 0,022 | 0,022 | 0,066 | 0,038 | 0,038 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,09 | |
| Ideal | 207 | 29 | 20 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 90 | 2 | 1 | 2 | 462 | 2 | |
| Pior | 120 | 29 | 20 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 50 | 1 | 1 | 2 | 1100 | 2 | |

FONTE: Elaborado pela autora (2019).

É possível reparar que a solução ideal positiva se manteve a mesma utilizada no item anterior deste capítulo. Já a solução ideal negativa, sofreu alteração em alguns critérios pela retirada da empresa classificada em último lugar. A Tabela 27 apresenta os valores da matriz de decisão normatizada para ambas as empresas.

Tabela 27 - Matriz de decisão normatizada para empresas de petróleo.

| EMP. | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 | C14 | C15 | C16 | C17 | C18 |
|------|--------|-----|-----|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|-----|--------|-----|
| E | 0,5116 | 0,5 | 0,5 | 0,5134 | 0,5 | 0,5547 | 0,5547 | 0,5 | 0,7559 | 0,6325 | 0,6325 | 0,378 | 0,5363 | 0,378 | 0,5 | 0,5 | 0,5345 | 0,5 |
| A | 0,5202 | 0,5 | 0,5 | 0,5868 | 0,5 | 0,5547 | 0,5547 | 0,5 | 0,378 | 0,6325 | 0,6325 | 0,7559 | 0,4692 | 0,378 | 0,5 | 0,5 | 0,4957 | 0,5 |
| B | 0,343 | 0,5 | 0,5 | 0,489 | 0,5 | 0,2774 | 0,5547 | 0,5 | 0,378 | 0,3162 | 0,3162 | 0,378 | 0,4893 | 0,378 | 0,5 | 0,5 | 0,2651 | 0,5 |
| C | 0,5916 | 0,5 | 0,5 | 0,3912 | 0,5 | 0,5547 | 0,2774 | 0,5 | 0,378 | 0,3162 | 0,3162 | 0,378 | 0,5028 | 0,7559 | 0,5 | 0,5 | 0,6311 | 0,5 |

| EMP. | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 | C14 | C15 | C16 | C17 | C18 |
|------|--------|-----|-----|--------|----|--------|--------|--------|----|--------|--------|--------|--------|--------|-----|-----|--------|-----|
| F | 0,5116 | 0,5 | 0,5 | 0,5134 | 0 | 0,3162 | 0,5547 | 0,7559 | 0 | 0,6325 | 0,6325 | 0,6325 | 0,6219 | 0,6325 | 0 | 0,5 | 0,5345 | 0,5 |
| A | 0,5202 | 0,5 | 0,5 | 0,5868 | 0 | 0,6325 | 0,5547 | 0,378 | 0 | 0,6325 | 0,6325 | 0,6325 | 0,4353 | 0,3162 | 0 | 0,5 | 0,4957 | 0,5 |
| B | 0,343 | 0,5 | 0,5 | 0,489 | 0 | 0,3162 | 0,5547 | 0,378 | 0 | 0,3162 | 0,3162 | 0,3162 | 0,454 | 0,3162 | 0 | 0,5 | 0,2651 | 0,5 |
| C | 0,5916 | 0,5 | 0,5 | 0,3912 | 0 | 0,6325 | 0,2774 | 0,378 | 0 | 0,3162 | 0,3162 | 0,3162 | 0,4664 | 0,6325 | 0 | 0,5 | 0,6311 | 0,5 |

| EMP. | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 | C14 | C15 | C16 | C17 | C18 |
|------|--------|-----|-----|--------|-----|--------|--------|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|-----|-----|--------|-----|
| G | 0,5116 | 0,5 | 0,5 | 0,5134 | 0,5 | 0,5547 | 0,5547 | 0,7559 | 0,5 | 0,378 | 0,378 | 0,378 | 0,3691 | 0,378 | 0,5 | 0,5 | 0,5345 | 0,5 |
| A | 0,5202 | 0,5 | 0,5 | 0,5868 | 0,5 | 0,5547 | 0,5547 | 0,378 | 0,5 | 0,7559 | 0,7559 | 0,7559 | 0,5167 | 0,378 | 0,5 | 0,5 | 0,4957 | 0,5 |
| B | 0,343 | 0,5 | 0,5 | 0,489 | 0,5 | 0,2774 | 0,5547 | 0,378 | 0,5 | 0,378 | 0,378 | 0,378 | 0,5388 | 0,378 | 0,5 | 0,5 | 0,2651 | 0,5 |
| C | 0,5916 | 0,5 | 0,5 | 0,3912 | 0,5 | 0,5547 | 0,2774 | 0,378 | 0,5 | 0,378 | 0,378 | 0,378 | 0,5536 | 0,7559 | 0,5 | 0,5 | 0,6311 | 0,5 |

FONTE: Elaborado pela autora (2019).

A metodologia utilizada faz comparações para decidir a melhor opção entre as alternativas. Por conta disso, a alteração de dados nas alternativas pode trazer modificações dos valores para as empresas de energia eólica que compõe as tabelas. Porém, o objetivo dessa etapa é determinar a aproximação das empresas de petróleo com a solução ideal no mesmo cenário (mesmos dados) em que ela foi retirada. Dando prosseguimento às etapas, a Tabela 289 dispõe das matrizes normatizadas e ponderadas.

Tabela 28 - Matrizes de decisão normalizada e ponderada para empresas de petróleo.

| EMP. | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 | C14 | C15 | C16 | C17 | C18 |
|----------|--------|-------|-------|--------|----|--------|--------|----|--------|--------|--------|--------|--------|-----|-----|------|--------|-------|
| E | 0,0338 | 0,033 | 0,033 | 0,0339 | 0 | 0,0244 | 0,0366 | 0 | 0,0166 | 0,0139 | 0,0139 | 0,0249 | 0,0204 | 0 | 0 | 0,04 | 0,0428 | 0,045 |
| A | 0,0343 | 0,033 | 0,033 | 0,0387 | 0 | 0,0244 | 0,0366 | 0 | 0,0083 | 0,0139 | 0,0139 | 0,0499 | 0,0178 | 0 | 0 | 0,04 | 0,0397 | 0,045 |
| B | 0,0226 | 0,033 | 0,033 | 0,0323 | 0 | 0,0122 | 0,0366 | 0 | 0,0083 | 0,007 | 0,007 | 0,0249 | 0,0186 | 0 | 0 | 0,04 | 0,0212 | 0,045 |
| C | 0,039 | 0,033 | 0,033 | 0,0258 | 0 | 0,0244 | 0,0183 | 0 | 0,0083 | 0,007 | 0,007 | 0,0249 | 0,0191 | 0 | 0 | 0,04 | 0,0505 | 0,045 |

| EMP. | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 | C14 | C15 | C16 | C17 | C18 |
|----------|--------|-------|-------|--------|----|--------|--------|--------|----|--------|--------|--------|--------|-------|-----|------|--------|-------|
| F | 0,0338 | 0,033 | 0,033 | 0,0339 | 0 | 0,0139 | 0,0366 | 0,0166 | 0 | 0,0139 | 0,0139 | 0,0417 | 0,0236 | 0,024 | 0 | 0,04 | 0,0428 | 0,045 |
| A | 0,0343 | 0,033 | 0,033 | 0,0387 | 0 | 0,0278 | 0,0366 | 0,0083 | 0 | 0,0139 | 0,0139 | 0,0417 | 0,0165 | 0,012 | 0 | 0,04 | 0,0397 | 0,045 |
| B | 0,0226 | 0,033 | 0,033 | 0,0323 | 0 | 0,0139 | 0,0366 | 0,0083 | 0 | 0,007 | 0,007 | 0,0209 | 0,0173 | 0,012 | 0 | 0,04 | 0,0212 | 0,045 |
| C | 0,039 | 0,033 | 0,033 | 0,0258 | 0 | 0,0278 | 0,0183 | 0,0083 | 0 | 0,007 | 0,007 | 0,0209 | 0,0177 | 0,024 | 0 | 0,04 | 0,0505 | 0,045 |

| EMP. | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 | C14 | C15 | C16 | C17 | C18 |
|----------|--------|-------|-------|--------|----|--------|--------|----|-------|--------|--------|--------|--------|-----|-----|------|--------|-------|
| G | 0,0338 | 0,033 | 0,033 | 0,0339 | 0 | 0,0244 | 0,0366 | 0 | 0,011 | 0,0083 | 0,0083 | 0,0249 | 0,014 | 0 | 0 | 0,04 | 0,0428 | 0,045 |
| A | 0,0343 | 0,033 | 0,033 | 0,0387 | 0 | 0,0244 | 0,0366 | 0 | 0,011 | 0,0166 | 0,0166 | 0,0499 | 0,0196 | 0 | 0 | 0,04 | 0,0397 | 0,045 |
| B | 0,0226 | 0,033 | 0,033 | 0,0323 | 0 | 0,0122 | 0,0366 | 0 | 0,011 | 0,0083 | 0,0083 | 0,0249 | 0,0205 | 0 | 0 | 0,04 | 0,0212 | 0,045 |
| C | 0,039 | 0,033 | 0,033 | 0,0258 | 0 | 0,0244 | 0,0183 | 0 | 0,011 | 0,0083 | 0,0083 | 0,0249 | 0,021 | 0 | 0 | 0,04 | 0,0505 | 0,045 |

FONTE: Elaborado pela autora (2019).

Os dados que diferenciam as empresas analisadas são os gerenciais, os quais foram determinados por elas. São esses valores que serão determinantes no resultado final. O cálculo das distâncias para as soluções ideais deu prosseguimento às etapas para encontrar os resultados. A Tabela 29 mostra os dados encontrados.

Tabela 29 - Distâncias para as soluções ideais - TOPSIS 2

DISTÂNCIA PARA SOLUÇÃO IDEAL POSITIVA E

| EMP. | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 | C14 | C15 | C16 | C17 | C18 |
|------|--------|----|----|--------|----|--------|--------|----|--------|-------|-------|--------|--------|-----|-----|-----|--------|-----|
| E | 0,0053 | 0 | 0 | -0,008 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0249 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0,022 | 0 |
| A | 0,0047 | 0 | 0 | -0,013 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0083 | 0 | 0 | 0 | 0,0025 | 0 | 0 | 0 | -0,018 | 0 |
| B | 0,0164 | 0 | 0 | -0,006 | 0 | 0,0122 | 0 | 0 | 0,0083 | 0,007 | 0,007 | 0,0249 | 0,0018 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0183 | 0 | 0,0083 | 0,007 | 0,007 | 0,0249 | 0,0013 | 0 | 0 | 0 | -0,029 | 0 |

DISTÂNCIA PARA SOLUÇÃO IDEAL NEGATIVA E

| EMP. | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 | C14 | C15 | C16 | C17 | C18 |
|------|--------|----|----|--------|----|--------|--------|----|--------|-------|-------|--------|--------|-----|-----|-----|--------|-----|
| E | 0,0111 | 0 | 0 | -0,005 | 0 | 0,0122 | 0,0183 | 0 | 0,0083 | 0,007 | 0,007 | 0 | 0,0025 | 0 | 0 | 0 | -0,008 | 0 |
| A | 0,0117 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0122 | 0,0183 | 0 | 0 | 0,007 | 0,007 | 0,0249 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0,011 | 0 |
| B | 0 | 0 | 0 | -0,006 | 0 | 0 | 0,0183 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0008 | 0 | 0 | 0 | -0,029 | 0 |
| C | 0,0164 | 0 | 0 | -0,013 | 0 | 0,0122 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0013 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

DISTÂNCIA PARA SOLUÇÃO IDEAL POSITIVA F

| EMP. | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 | C14 | C15 | C16 | C17 | C18 |
|------|--------|----|----|--------|----|--------|--------|--------|----|-------|-------|--------|--------|-------|-----|-----|--------|-----|
| F | 0,0053 | 0 | 0 | -0,008 | 0 | 0,0139 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0,022 | 0 |
| A | 0,0047 | 0 | 0 | -0,013 | 0 | 0 | 0 | 0,0083 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0071 | 0,012 | 0 | 0 | -0,018 | 0 |
| B | 0,0164 | 0 | 0 | -0,006 | 0 | 0,0139 | 0 | 0,0083 | 0 | 0,007 | 0,007 | 0,0209 | 0,0064 | 0,012 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0183 | 0,0083 | 0 | 0,007 | 0,007 | 0,0209 | 0,0059 | 0 | 0 | 0 | -0,029 | 0 |

DISTÂNCIA PARA SOLUÇÃO IDEAL NEGATIVA F

| EMP. | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 | C14 | C15 | C16 | C17 | C18 |
|------|--------|----|----|--------|----|--------|--------|--------|----|-------|-------|--------|--------|-------|-----|-----|--------|-----|
| F | 0,0111 | 0 | 0 | -0,005 | 0 | 0 | 0,0183 | 0,0083 | 0 | 0,007 | 0,007 | 0,0209 | 0,0071 | 0,012 | 0 | 0 | -0,008 | 0 |
| A | 0,0117 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0139 | 0,0183 | 0 | 0 | 0,007 | 0,007 | 0,0209 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0,011 | 0 |
| B | 0 | 0 | 0 | -0,006 | 0 | 0 | 0,0183 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0007 | 0 | 0 | 0 | -0,029 | 0 |
| C | 0,0164 | 0 | 0 | -0,013 | 0 | 0,0139 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0012 | 0,012 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| DISTÂNCIA PARA SOLUÇÃO IDEAL POSITIVA | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|--------|----|----|--------|----|--------|--------|----|----|--------|--------|--------|--------|-----|-----|-----|--------|-----|
| EMP. | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 | C14 | C15 | C16 | C17 | C18 |
| G | 0,0053 | 0 | 0 | -0,008 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0083 | 0,0083 | 0,0249 | 0,007 | 0 | 0 | 0 | -0,022 | 0 |
| A | 0,0047 | 0 | 0 | -0,013 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0014 | 0 | 0 | 0 | -0,018 | 0 |
| B | 0,0164 | 0 | 0 | -0,006 | 0 | 0,0122 | 0 | 0 | 0 | 0,0083 | 0,0083 | 0,0249 | 0,0006 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0183 | 0 | 0 | 0,0083 | 0,0083 | 0,0249 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0,029 | 0 |

| DISTÂNCIA PARA SOLUÇÃO IDEAL NEGATIVA | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|--------|----|----|--------|----|--------|--------|----|----|--------|--------|--------|--------|-----|-----|-----|--------|-----|
| EMP. | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 | C14 | C15 | C16 | C17 | C18 |
| G | 0,0111 | 0 | 0 | -0,005 | 0 | 0,0122 | 0,0183 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0,008 | 0 |
| A | 0,0117 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0122 | 0,0183 | 0 | 0 | 0,0083 | 0,0083 | 0,0249 | 0,0056 | 0 | 0 | 0 | -0,011 | 0 |
| B | 0 | 0 | 0 | -0,006 | 0 | 0 | 0,0183 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0065 | 0 | 0 | 0 | -0,029 | 0 |
| C | 0,0164 | 0 | 0 | -0,013 | 0 | 0,0122 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,007 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

FONTE: Elaborada pela autora (2019).

Apesar dos dados de empresas de energia eólica terem sido usados para compor a tabela, estes apenas garantiram que as condições as quais as empresas de petróleo estariam fossem as mesmas em que a solução ideal do modelo foi encontrada. O objetivo principal da aplicação do TOPSIS 2 foi encontrar a aproximação das empresas de petróleo em relação a um projeto de investimento viável do setor eólico. A seguir, a Tabela 30 apresenta as distâncias relativas da aplicação do modelo em E, F e G.

Tabela 30 - Distância relativa das empresas de petróleo.

| EMPRESA | Distância Positiva | Distância Negativa | Proximidade Relativa |
|---------|--------------------|--------------------|----------------------|
| E | 0,0343 | 0,0294 | 0,46 |
| F | 0,0274 | 0,0366 | 0,57 |
| G | 0,037 | 0,0263 | 0,42 |

FONTE: Elaborada pela autora (2019).

Logo, as taxas de aproximação com a solução ideal positiva, mostradas na Tabela 31, são:

Tabela 31 - Taxa de aproximação das empresas de petróleo.

| EMPRESA | TAXA DE APROXIMAÇÃO |
|---------|---------------------|
| E | 46% |
| F | 57% |
| G | 42% |

FONTE: Elaborada pela autora (2019).

Esse resultado mostra que, uma empresa que já possui experiências positivas no setor de geração de energia por matrizes renováveis, possui tendência a uma aproximação maior com a solução do mercado eólico, mesmo que sua experiência não tenha sido com essa matriz. A taxa de aproximação da Empresa F demonstra isso. Pode-se afirmar que o fator gerencial foi determinante é relevante.

Essas taxas podem significar uma disposição gerencial para a tomada de decisão do mercado eólico, capaz de ser mapeado e, posteriormente, reproduzido gerando casos de sucesso.

6.3. TOMADA DE DECISÃO

Obter as taxas de aproximação não é a etapa final do modelo proposto, mas sim a tomada de decisão. O modelo permite gerar informações para os tomadores de decisão. Por isso, foi necessário determinar as faixas de aceitação para verificar se os valores encontrados se adequam ao perfil de investimento declarado. São elas:

- CONSERVADOR: a partir de 65%;
- MODERADO: a partir de 37%;
- ARROJADO: a partir de 24%.

Tanto E, como F declararam possuir perfil de investimento *arrojado*, logo, a faixa mínima de aceitação é de 24%. A primeira obteve 42% e a segunda 57%. Portanto, ambas estão dentro da faixa de aceitação para o perfil selecionado. Logo, existe uma grande possibilidade de sucesso no investimento do setor eólico.

Já a empresa G, determinou seu perfil de investimento como *moderado*, dessa forma, sua faixa mínima de aceitação é de 37%. Com a aplicação do modelo, a mesma atingiu um percentual de semelhança de 42%, estando acima do piso determinado para seu perfil. Sendo assim, o investimento para realizar a transição energética ao setor eólico também seria possível para a G.

Vale ressaltar que esses dados não são capazes de afirmar o sucesso do projeto, mas de apresentar informações que tragam uma visão mais ampla sobre a possibilidade de realizar a transição de investimento.

Processo de melhoria contínua

Este modelo também possibilita observar quais dos critérios ficaram com o desempenho abaixo do esperado. Assim, as empresas são capazes de observar quais itens precisam melhorar e o quanto precisam para atingir uma taxa aceitável. Isso pode ser realizado através do cálculo das distâncias relativas de cada critério separadamente.

7. CONCLUSÃO

Esse trabalho se justificou pela busca crescente de alternativa para projetos que possibilitem um desenvolvimento sustentável com menores impactos ao meio ambiente e à sociedade. Ademais, o aumento da demanda de energia impulsiona a expansão e/ou criação de empresas na área de geração elétrica, sejam elas, renováveis ou não.

Desenvolver ferramentas que ajudem na transição energética auxilia no desenvolvimento de matrizes renováveis, fomentando a redução do uso de combustíveis fósseis por alternativas mais limpas. A transição energética para o setor eólico pode ser economicamente satisfatória para as empresas. Porém, o desenvolvimento de ferramentas que auxiliem na tomada de decisão de investimentos em energia eólica ainda é um grande impasse para o mercado.

Neste trabalho, a revisão da literatura abordou pesquisas sobre transição energética, as quais estão crescendo nos últimos anos. Também foi realizado um estudo sobre o setor energético brasileiro com ênfase no setor eólico e o processo de contratação de energia dessa matriz: os leilões.

A análise dos requisitos da rodada de licitação de empreendimentos eólicos foi essencial para entender o processo de negócios que envolve o setor eólico o qual foi mapeado e comparado a outras fontes de geração. Outra abordagem foi o estudo dos riscos que envolve não só o mercado de energia, mas principalmente a transição energética. Pesquisas no estado da arte e boletins técnicos elaborados por órgãos governamentais e por agências internacionais foram os pilares que deram sustentação à elaboração do modelo proposto.

A pesquisa no acervo de artigos científicos possibilitou acesso a um montante considerável e metodologias já aplicadas com sucesso. Entre elas foi encontrado a metodologia de análise multicritério TOPSIS que vem sendo utilizada de forma crescente dada a simplicidade e capacidade de trabalhar com critério qualitativos e quantitativos. A aplicação de questionário/entrevista foi o método mais indicado para obtenção dos dados não contidos na literatura.

Utilizar o questionário permitiu identificar critérios e verificar como as empresas relacionam fatores internos e externos na tomada de decisão identificando, assim, algumas características dos perfis gerenciais dessas empresas. Toda a concepção

do modelo esteve sujeita ao sucesso na aplicação do questionário e isso foi um grande risco assumido na pesquisa.

O modelo proposto no trabalho permitiu a avaliação das alternativas viáveis para o investimento em energia eólica e auxiliar na tomada de decisão em sua viabilidade. Ao executar o modelo com os dados coletados foi possível uma avaliação mais próxima da realidade do mercado.

Nenhuma das empresas de petróleo entrevistadas possuía projetos eólicos para execução, logo os valores técnicos de projeto foram simulados tendo por base os valores existentes de projetos eólicos das empresas entrevistadas. A simulação envolveu as três primeiras empresas de petróleo entrevistadas, uma com experiência em projetos de energias renováveis e as outras, não. Sendo assim, foi possível verificar a diferença entre elas na aplicação do modelo.

Através dos resultados foi possível observar que, apesar de não ter projetos de energia eólica, mas já possuir experiência em outras fontes renováveis, a empresa F obteve um melhor resultado no modelo do que a empresa E e G que apenas investem em petróleo. Isso mostra que mercados de matrizes energéticas diferentes utilizam indicadores e possuem objetivos distintos. Por conseguinte, se a empresa deseja realizar a transição, ela precisar não só utilizar métodos de gerenciamento similares como seus indicadores devem possuir um desempenho similar.

Ainda de acordo com os resultados, podemos afirmar que para uma empresa de petróleo, com dados utilizados na simulação, o investimento em um projeto de geração de energia eólica é viável. Dessa maneira, é possível realizar a transição energética para o setor quando a tomada de decisão está apoiada por ferramentas e informações precisas.

Embora aplicado ao setor eólico, o modelo pode ser utilizado em qualquer mudança de investimento, contanto que haja conhecimento do modelo de negócios do mercado. Também se mostrou simples e efetivo, com possibilidade de ser replicado e utilizado em trabalhos futuros.

7.1. TRABALHOS FUTUROS

As sugestões para trabalhos futuros e/ou lacunas encontradas a partir de seu desenvolvimento estão listadas a seguir:

- Desenvolvimento de um software com base no modelo proposto neste trabalho;
- Elaborar estudo aprofundado de desenvolvimento de uma metodologia que determine qual o grau de aproximação um projeto deve ter com a solução ideal a partir dos perfis de investimentos;
- Realizar um estudo de caso com uma empresa que esteja realizando a transição energética;
- Ampliar os critérios utilizados, inserindo dados de logística e indicadores ambientais;
- Realizar estudo que determine quais os impactos da transição energética de uma empresa no mercado das duas matrizes relacionadas e no meio ambiente;
- Aplicar o modelo de transição com empresas de outras fontes de energia renovável.

Existem muitas lacunas que podem ser exploradas em pesquisas posteriores. O número considerável de sugestões mostra isso. Este trabalho também revelou que as estatísticas positivas da implantação de fontes de energia renovável mostra que é possível alcançar um desenvolvimento sustentável através da transição energética. As empresas estão a cada dia procurando se adequar às exigências de um cenário global à sustentabilidade, porém necessitam de apoio governamental, plano de negócio e planejamento bem elaborados. A energia eólica tem provado ser uma boa alternativa de investimento com possibilidade de crescimento, apesar dos riscos envolvidos na transição.

REFERÊNCIAS

- ABEEÓLICA. Boletim anual de geração eólica 2012. Associação Brasileira de Energia Eólica: São Paulo, 2012.
- ABEEÓLICA. Boletim anual de geração eólica 2015. Associação Brasileira de Energia Eólica: São Paulo, 2015.
- ABEEÓLICA, A. B. d. E. E. Dados Mensais - Dezembro de 2016. [S.l.]: Brasil, 2016.
- ABEEÓLICA, A. B. d. E. E. Dados Mensais - Fevereiro de 2019. [S.l.]: Brasil, 2019.
- AGUILAR-SAVEN, Ruth Sara. Business process modelling: Review and framework. *International Journal of production economics*, v. 90, n. 2, p. 129-149, 2004.
- AHMAD, Nurul K. Wan et al. An integrative framework for sustainable supply chain management practices in the oil and gas industry. *Journal of Environmental Planning and Management*, v. 60, n. 4, p. 577-601, 2017.
- AHMED, Ammar; KAYIS, Berman; AMORNSAWADWATANA, Sataporn. A review of techniques for risk management in projects. *Benchmarking: An International Journal*, v. 14, n. 1, p. 22-36, 2007.
- ALMEIDA, Fernando. Os desafios da sustentabilidade: uma ruptura urgente. Elsevier Brasil, 2007.
- ALLAN, Grant et al. Levelised costs of Wave and Tidal energy in the UK: Cost competitiveness and the importance of “banded” Renewables Obligation Certificates. *Energy Policy*, v. 39, n. 1, p. 23-39, 2011.
- ALLAN, Grant et al. The economics of distributed energy generation: A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 42, p. 543-556, 2015.
- ANEEL, A. Atlas de energia elétrica do brasil. Brasília, 2002. Citado na página 18.
- ANEEL, B. d. I. d. G. Big. Agência Nacional Energia Elétrica–ANEEL. Disponível em:<<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>> Acesso em, v. 9, n. 02, 2016a. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 16.
- ANEEL. Banco de Informação de Geração. Agência Nacional Energia Elétrica–ANEEL. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>> Acesso em, 03/04/2017
- BAJAY, Sérgio V. Integrating competition and planning: a mixed institutional model of the Brazilian electric power sector. *Energy*, v. 31, n. 6-7, p. 865-876, 2006.

BALACHANDRA, P.; NATHAN, H. S. K.; REDDY, B. S. Commercialization of sustainable energy technologies. *Renewable Energy*, Elsevier, v. 35, n. 8, p. 1842–1851, 2010. Citado na página 15.

BARCA, Stefania. Energy, property, and the industrial revolution narrative. *Ecological Economics*, v. 70, n. 7, p. 1309-1315, 2011.

BARTOŠOVÁ, Viera; MAJERČÁK, Peter; HRAŠKOVÁ, Dagmar. Taking risk into account in the evaluation of economic efficiency of investment projects: traditional methods. *Procedia Economics and Finance*, v. 24, p. 68-75, 2015.

BASHMAKOV, Igor. Three laws of energy transitions. *Energy Policy*, v. 35, n. 7, p. 3583-3594, 2007.

BAYER, Benjamin; BERTHOLD, Lennart; DE FREITAS, Bruno Moreno Rodrigo. The Brazilian experience with auctions for wind power: An assessment of project delays and potential mitigation measures. *Energy policy*, v. 122, p. 97-117, 2018.

BELLABY, Paul. Uncertainties and risks in transitions to sustainable energy, and the part 'trust' might play in managing them: a comparison with the current pension crisis. *Energy policy*, v. 38, n. 6, p. 2624-2630, 2010.

BELTON, Valerie; STEWART, Theodor. *Multiple criteria decision analysis: an integrated approach*. Springer Science & Business Media, 2002.

BOMFIM, Paulo Roberto Clemente Marques et al. Utilização de análise multivariada na avaliação do desempenho econômico-financeiro de curto prazo: uma aplicação no setor de distribuição de energia elétrica. *Revista ADM. MADE*, v. 15, n. 1, p. 75-92, 2011.

BORTOLUZZI, Sandro César et al. Avaliação de desempenho econômico-financeiro: uma proposta de integração de indicadores contábeis tradicionais por meio da metodologia multicritério de apoio à decisão construtivista (MCDA-C). *Revista Alcance*, v. 18, n. 2, 2011.

BRADSHAW, Amanda. Regulatory change and innovation in Latin America: The case of renewable energy in Brazil. *Utilities Policy*, v. 49, p. 156-164, 2017.

BRANDSTÄTT, Christine; BRUNEKREEFT, Gert; JAHNKE, Katy. How to deal with negative power price spikes?—Flexible voluntary curtailment agreements for large-scale integration of wind. *Energy Policy*, v. 39, n. 6, p. 3732-3740, 2011.

BRASIL, Congresso Nacional. Lei No 10.438/02. Plenário. Brasília, 26 de abril de 2002. *Diário Oficial da União*, 29 de abril 2002. Citado na página 19.

BRASIL, MME. *Balanço Energético Nacional*. MME, Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Brasília, DF. Disponível em, 2017.

BRASIL, MME. *Balanço Energético Nacional*. MME, Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Brasília, DF. Disponível em, 2018.

BUNDESMINISTERIUM für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Offshore-Windenergie – Ein Überblick über die Aktivitäten in Deutschland, (<http://www.offshore-stiftung.com>); 2013 [accessed 25.05.17].

CARMOY, G. D. The usa faces the energy challenge. *Energy policy*, Elsevier, v. 6, n. 1, p. 36–52, 1978. Citado na página 18.

CASTRO, N. J. d. et al. Considerações sobre as perspectivas da matriz elétrica brasileira. Pesquisa realizada pelo GESEL–Grupo de Estudos do setor elétrico, junto com o Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. *Textos de Discussão do Setor Elétrico No19*, Rio de Janeiro, 2010. Citado na página 14.

CHAPLINSKY, S.; GUPTA-MUKHERJEE, S. Investment risk allocation and the venture capital exit market. 2013. Citado na página 24.

CHAPMAN, Andrew J.; ITAOKA, Kenshi. Energy transition to a future low-carbon energy society in Japan's liberalizing electricity market: Precedents, policies and factors of successful transition. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 81, p. 2019-2027, 2018.

CHEN, Chen-Tung. Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy sets and systems*, v. 114, n. 1, p. 1-9, 2000.

CHU, T.-C. Selecting plant location via a fuzzy TOPSIS approach. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 20, n. 11, p. 859-864, 2002.

CHU, T.-C.; LIN, Y.-C. A fuzzy TOPSIS method for robot selection. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 21, n. 4, p. 284-290, 2003.

COCHRANE, John H. The risk and return of venture capital. *Journal of financial economics*, v. 75, n. 1, p. 3-52, 2005.

CRESWELL, John W. Projeto de pesquisa métodos qualitativo, quantitativo e misto. In: *Projeto de pesquisa métodos qualitativo, quantitativo e misto*. 2010.

D'AERTRYCKE, G. de M.; EHRENMANN, A.; SMEERS, Y. Investment with incomplete markets for risk: The need for long-term contracts. *Energy Policy*, Elsevier, 2017. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 24.

DAĞDEVIREN, Metin; YAVUZ, Serkan; KILINÇ, Nevzat. Weapon selection using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, v. 36, n. 4, p. 8143-8151, 2009.

DAVIDOV, Sreten; PANTOŠ, Miloš. Stochastic assessment of investment efficiency in a power system. *Energy*, v. 119, p. 1047-1056, 2017.

DE JONG, Pieter; KIPERSTOK, Asher; TORRES, Ednildo A. Economic and environmental analysis of electricity generation technologies in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 52, p. 725-739, 2015.

DE OLIVEIRA, Adilson. The political economy of the Brazilian power industry reform. Program on Energy and Sustainable Development, Stanford University Press, Stanford, CA, 2003.

DOS SANTOS, Marco Aurelio et al. Gross greenhouse gas fluxes from hydro-power reservoir compared to thermo-power plants. *Energy Policy*, v. 34, n. 4, p. 481-488, 2006.

DUCKSTEIN, Lucien; OPRICOVIC, Serafim. Multiobjective optimization in river basin development. *Water resources research*, v. 16, n. 1, p. 14-20, 1980.

DUTRA, Ricardo Marques; TOLMASQUIM, Maurício Tiomno. Estudo de viabilidade econômica para projetos eólicos com base no novo contexto do setor elétrico. *Revista Brasileira de Energia*, v. 9, n. 1, p. 135-158, 2002.

DUTRA, R. M.; SZKLO, A. S. Incentive policies for promoting wind power production in Brazil: Scenarios for the alternative energy sources incentive program (proinfra) under the new Brazilian electric power sector regulation. *Renewable Energy*, Elsevier, v. 33, n. 1, p. 65–76, 2008. Citado na página 19.

ERTUĞRUL, İrfan; KARAKAŞOĞLU, Nilsen. Comparison of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods for facility location selection. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 39, n. 7-8, p. 783-795, 2008.

FIGUEIREDO, P. J. M. Sociedade do lixo: os resíduos, a questão energética e a crise ambiental. In: *Sociedade do lixo: os resíduos, a questão energética e a crise ambiental*. [S.l.]: Unimep, 1995. Citado na página 13.

FOUQUET, R. The slow search for solutions: Lessons from historical energy transitions by sector and service. *Energy Policy*, Elsevier, v. 38, n. 11, p. 6586–6596, 2010. Citado na página 13.

GALLO, A. B. et al. Energy storage in the energy transition context: A technology review. *Renewable and sustainable energy reviews*, v. 65, p. 800-822, 2016.

GARBUSOVA-SCHLIFTER, M.; MADLENER, R. AHP-based risk analysis of energy performance contracting projects in Russia. *Energy Policy*, Elsevier, v. 97, p. 559–581, 2016. Citado 2 vezes nas páginas 24 e 25.

GATZERT, Nadine; KOSUB, Thomas. Risks and risk management of renewable energy projects: The case of onshore and offshore wind parks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 60, p. 982-998, 2016a.

GATZERT, Nadine; KOSUB, Thomas. Insurers' investment in infrastructure: Overview and treatment under Solvency II. In: *The Geneva Papers*. Palgrave Macmillan, London, 2016b. p. 74-101.

GIL, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. Editora Atlas SA, 2008.

GIPE, P. Wind energy comes of age california and denmark. Energy Policy, Elsevier, v. 19, n. 8, p. 756–767, 1991. Citado na página 18.

GOMPERS, Paul et al. Venture capital investment cycles: The impact of public markets. Journal of Financial Economics, v. 87, n. 1, p. 1-23, 2008.

GOULDSON, Andy et al. Innovative financing models for low carbon transitions: Exploring the case for revolving funds for domestic energy efficiency programmes. Energy Policy, v. 86, p. 739-748, 2015.

GRUBLER, Arnulf. Energy transitions research: Insights and cautionary tales. Energy Policy, v. 50, p. 8-16, 2012.

GUIDOLIN, Mariangela; GUSEO, Renato. The German energy transition: Modeling competition and substitution between nuclear power and Renewable Energy Technologies. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 60, p. 1498-1504, 2016.

GWEC, G. W. E. C. Global Wind Report 2006. [S.l.]: Brussels, Belgium, 2006. Citado na página 19.

GWEC, G. W. E. C. Global Wind Report - Annual Market Update 2011. [S.l.]: Brussels, Belgium, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 20.

GWEC, G. W. E. C. Global Wind Report - Annual Market Update 2012. [S.l.]: Brussels, Belgium, 2013. Citado na página 15.

GWEC, G. W. E. C. Global Wind Report - Annual Market Update 2013. [S.l.]: Brussels, Belgium, 2014. Citado na página 20.

GWEC, G. W. E. C. Global Wind Report - Annual Market Update 2014. [S.l.]: Brussels, Belgium, 2015. Citado na página 20.

GWEC, G. W. E. C. Global Wind Report - Annual Market Update 2015. [S.l.]: Brussels, Belgium, 2016. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 20.

HAGE, J. A. A. A estratégia brasileira para a energia e logística: breves comentários. In: MENEZES, Wagner. Estudos de direito internacional: anais do 6o Congresso Brasileiro de Direito Internacional. Curitiba: Juruá. [S.l.: s.n.], 2008. p. 251–261. Citado na página 18.

HARALAMBOPOULOS, D. A.; POLATIDIS, Heracles. Renewable energy projects: structuring a multi-criteria group decision-making framework. Renewable energy, v. 28, n. 6, p. 961-973, 2003.

HAYASHI, Maria Cristina Piumbato Innocentini et al. Um estudo bibliométrico da produção científica sobre a educação jesuítica no Brasil colonial. *Biblios: Revista electrónica de bibliotecología, archivología y museología*, n. 27, p. 1, 2007.

HUANG, J. P.; POH, K. L.; ANG, B. W. Decision analysis in energy and environmental modeling. *Energy*, v. 20, n. 9, p. 843-855, 1995.

IEA, 2011. *Deploying Renewables 2011: Best and Future Policy Practice*. Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris, France.

IEA, 2013. *World Energy Outlook 2013*. International Energy Agency. Paris, France.

IEA, 2015. *World energy outlook 2015*. International Energy Agency. London, England.

IEA, 2016. *World energy outlook 2016*. International Energy Agency. Paris, France.

IEA, 2018. *World energy outlook 2018*. International Energy Agency. Paris, France.

IRENA, I. R. E. A. *Renewable Energy Auctions in Developing Countries*. [S.l.]: Abu Dhabi, United Arab Emirates, 2013. Citado na página 20.

JACKSON, F. China's renewable energy revolution. *Renewable Energy Focus*, Elsevier, v. 12, n. 6, p. 16–18, 2011. Citado na página 15.

JAFFE, A. B.; NEWELL, R. G.; STAVINS, R. N. Environmental policy and technological change. *Environmental and resource economics*, Springer, v. 22, n. 1-2, p. 41–70, 2002. Citado na página 16.

JAHANSHALOO, Gholam Reza; LOTFI, F. Hosseinzadeh; IZADIKHAH, Mohammad. An algorithmic method to extend TOPSIS for decision-making problems with interval data. *Applied mathematics and computation*, v. 175, n. 2, p. 1375-1384, 2006.

JÄNICKE, Martin. Dynamic governance of clean-energy markets: how technical innovation could accelerate climate policies. *Journal of Cleaner Production*, v. 22, n. 1, p. 50-59, 2012.

JOHANSSON, Elisabeth; WITELL, Lars; RÖNNBÄCK, Åsa. Using interventions to change the quality profile of an organisation. *International Journal of Quality and Service Sciences*, v. 5, n. 1, p. 32-45, 2013.

JONG, P. D.; KIPERSTOK, A.; TORRES, E. A. Economic and environmental analysis of electricity generation technologies in brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, v. 52, p. 725–739, 2015. Citado na página 16.

JONG, P. D. et al. Solar and wind energy production in relation to the electricity load curve and hydroelectricity in the northeast region of brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, v. 23, p. 526–535, 2013. Citado na página 16.

JUÁREZ, A. A. et al. Development of the wind power in brazil: Political, social and technical issues. *Renewable and sustainable energy reviews*, Elsevier, v. 39, p. 828–834, 2014. Citado na página 18.

JUNIOR, Francisco Rodrigues Lima; OSIRO, Lauro; CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. A comparison between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methods to supplier selection. *Applied Soft Computing*, v. 21, p. 194-209, 2014.

KANGARI, Roozbeh; RIGGS, Leland S. Construction risk assessment by linguistics. *IEEE transactions on engineering management*, v. 36, n. 2, p. 126-131, 1989.

KERN, Florian; SMITH, Adrian. Restructuring energy systems for sustainability? Energy transition policy in the Netherlands. *Energy policy*, v. 36, n. 11, p. 4093-4103, 2008.

KIM, K.; PARK, H.; KIM, H. Real options analysis for renewable energy investment decisions in developing countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, 2016. Citado na página 24.

KISSEL, Johannes M.; HANITSCH, Rolf; KRAUTER, Stefan CW. Cornerstones of a renewable energy law for emerging markets in South America. *Energy Policy*, v. 37, n. 9, p. 3621-3626, 2009.

KORHONEN, Pekka; WALLENIUS, Jyrki; ZIONTS, Stanley. Solving the discrete multiple criteria problem using convex cones. *Management Science*, v. 30, n. 11, p. 1336-1345, 1984.

KROHLING, Renato A.; CAMPANHARO, Vinicius C. Fuzzy topsis para tomada de decisão multicritério: uma aplicação para o caso de acidentes com derramamento de óleo no mar. Universidade Federal do Espírito Santo–UFES, 2009.

KUMAR, Abhishek et al. A review of multi criteria decision making (MCDM) towards sustainable renewable energy development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 69, p. 596-609, 2017.

LAMPREIA, J. et al. Analyses and perspectives for brazilian low carbon technological development in the energy sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, v. 15, n. 7, p. 3432–3444, 2011. Citado na página 16.

LI, Feng et al. Investment Risk Assessment Model for Wind Power Projects Based on Full Life-Cycle Theory. *East China Electric Power*, v. 40, n. 4, p. 0531-0535, 2012.

LIU, X.; ZENG, M. Renewable energy investment risk evaluation model based on system dynamics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, v. 73, p. 782–788, 2017. Citado na página 24.

LOORBACH, Derk. Transition management for sustainable development: a prescriptive, complexity-based governance framework. *Governance*, v. 23, n. 1, p. 161-183, 2010.

LUND, Henrik. Renewable energy strategies for sustainable development. *Energy*, v. 32, n. 6, p. 912-919, 2007.

MACIAS-CHAPULA, Cesar A. O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional. *Ciência da informação*, v. 27, n. 2, 1998.

MAGILL, Michael; QUINZII, Martine. *Theory of incomplete markets*. Mit press, 2002.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. *Metodologia do trabalho científico*. São Paulo: Atlas, v. 6, 2001.

MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B. Enhancing information for solar and wind energy technology deployment in brazil. *Energy Policy*, Elsevier, v. 39, n. 7, p. 4378–4390, 2011. Citado na página 14.

MATEO, José Ramón San Cristóbal. The renewable energy industry and the need for a multi-criteria analysis. In: *Multi Criteria Analysis in the Renewable Energy Industry*. Springer, London, 2012. p. 1-5.

MAURER, L.; BARROSO, L. A. Electricity auctions: an overview of efficient practices. [S.I.]: World Bank Publications, 2011. Citado na página 20.

MEIER, Peter; MUBAYI, Vinod. Modelling energy-economic interactions in developing countries: A linear programming approach. *European Journal of Operational Research*, v. 13, n. 1, p. 41-59, 1983.

MEIJER, I. et al. The influence of perceived uncertainty on entrepreneurial action in the transition to a low-emission energy infrastructure: The case of biomass combustion in the netherlands. *Technological Forecasting and Social Change*, Elsevier, v. 77, n. 8, p. 1222–1236, 2010. Citado na página 15.

MERKOVÁ, M.; DRÁBEK, J. Use of risk analysis in investment measurement and management. *Procedia Economics and Finance*, Elsevier, v. 34, p. 656–662, 2015. Citado na página 23.

MME, M. d. M. e. E. *Energia Eólica no Brasil e Mundo - Ano de Referência 2015*. [S.I.]: Brasil, 2016. Citado na página 14.

MORGAN, W. Lowell. A critical evaluation of low-energy electron impact cross sections for plasma processing modeling. II: Cl 4, SiH 4, and CH 4. *Plasma chemistry and plasma processing*, v. 12, n. 4, p. 477-493, 1992.

MUÑOZ, Beatriz; GARCÍA-VERDUGO, Javier; SAN-MARTÍN, Enrique. Quantifying the geopolitical dimension of energy risks: A tool for energy modelling and planning. *Energy*, v. 82, p. 479-500, 2015.

NIJKAMP, Peter; VOLWAHSEN, Andreas. New directions in integrated regional energy planning. *Energy policy*, v. 18, n. 8, p. 764-773, 1990.

NORDENSVÄRD, Johan; URBAN, Frauke. The stuttering energy transition in Germany: Wind energy policy and feed-in tariff lock-in. *Energy Policy*, v. 82, p. 156-165, 2015.

ÖNÜT, Semih; SONER, Selin. Transshipment site selection using the AHP and TOPSIS approaches under fuzzy environment. *Waste Management*, v. 28, n. 9, p. 1552-1559, 2008.

ÖZCAN, Evren Can; ÜNLÜSOY, Sultan; EREN, Tamer. A combined goal programming–AHP approach supported with TOPSIS for maintenance strategy selection in hydroelectric power plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 78, p. 1410-1423, 2017.

PINKSE, J.; KOLK, A. Multinational corporations and emissions trading:: Strategic responses to new institutional constraints. *European Management Journal*, Elsevier, v. 25, n. 6, p. 441–452, 2007. Citado na página 15.

PMI, PMI; PMI. Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK). In: Project Management Institute. 2017.

POHEKAR, S. D.; RAMACHANDRAN, M. Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning—a review. *Renewable and sustainable energy reviews*, v. 8, n. 4, p. 365-381, 2004.

POSTMA, T. J.; BROEKHUIZEN, T. L.; BOSCH, F. van den. The contribution of scenario analysis to the front-end of new product development. *Futures*, Elsevier, v. 44, n. 6, p. 642–654, 2012. Citado na página 16.

PRODANOV, Cleber Cristiano; DE FREITAS, Ernani Cesar. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição. Editora Feevale, 2013.

QIN, Xiao-Sheng et al. A MCDM-based expert system for climate-change impact assessment and adaptation planning—A case study for the Georgia Basin, Canada. *Expert Systems with Applications*, v. 34, n. 3, p. 2164-2179, 2008.

RICOSTI, J. F. C. Inserção da energia eólica no sistema hidrotérmico brasileiro. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2011. Citado na página 15.

RIGHTER, R. W. Pioneering in wind energy: the california experience. *Renewable energy*, Elsevier, v. 9, n. 1-4, p. 781–784, 1996. Citado na página 18.

ROSTAING, Hervé. La bibliométrie et ses techniques. *Sciences de la Société*; Centre de Recherche Rétrospective de Marseille, 1995.

ROTMANS, Jan; KEMP, René; VAN ASSELT, Marjolein. More evolution than revolution: transition management in public policy. *foresight*, v. 3, n. 1, p. 15-31, 2001.

SAATY, Thomas Lorie. Decision making with dependence and feedback: The analytic network process. RWS Publ., 1996.

SAATY, Thomas L. Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, v. 1, n. 1, p. 83-98, 2008.

SAHU, B. K.; HILOIDHARI, M.; BARUAH, D. Global trend in wind power with special focus on the top five wind power producing countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, v. 19, p. 348–359, 2013. Citado na página 20.

SAMOUILIDIS, J.-Emmanuel; MITROPOULOS, Costas S. Energy-economy models: A survey. *European Journal of Operational Research*, v. 11, n. 3, p. 222-232, 1982.

SAN CRISTÓBAL, José Ramón. A multi criteria data envelopment analysis model to evaluate the efficiency of the Renewable Energy technologies. *Renewable Energy*, v. 36, n. 10, p. 2742-2746, 2011.

SCHAEFFER, Roberto et al. Energy sector vulnerability to climate change: a review. *Energy*, v. 38, n. 1, p. 1-12, 2012.

ŞENGÜL, Ümran et al. Fuzzy TOPSIS method for ranking renewable energy supply systems in Turkey. *Renewable Energy*, v. 75, p. 617-625, 2015.

SILVA, Neilton Fidelis da et al. Wind energy in Brazil: From the power sector's expansion crisis model to the favorable environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 22, p. 686-697, 2013.

SILVA, Allan Rodrigues et al. Complementarity of Brazil' s hydro and offshore wind power. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 56, p. 413-427, 2016.

SHEZAN, SK A. et al. Performance analysis of an off-grid wind-PV (photovoltaic)-diesel-battery hybrid energy system feasible for remote areas. *Journal of Cleaner Production*, v. 125, p. 121-132, 2016.

SHORT, Walter; PACKY, Daniel J.; HOLT, Thomas. A manual for the economic evaluation of energy efficiency and renewable energy technologies. University Press of the Pacific, 1995.

SHRIMALI, Gireesh; KONDA, Charith; FAROOQUEE, Arsalan Ali. Designing renewable energy auctions for India: Managing risks to maximize deployment and cost-effectiveness. *Renewable Energy*, v. 97, p. 656-670, 2016.

STAFFAS, Louise; GUSTAVSSON, Mathias; MCCORMICK, Kes. Strategies and policies for the bioeconomy and bio-based economy: An analysis of official national approaches. *Sustainability*, v. 5, n. 6, p. 2751-2769, 2013.

STERN, Nicholas. Te Economics of Climate Change: Te Stern Review. A available at, 2007.

STOUTENBOROUGH, James W.; VEDLITZ, Arnold. The role of scientific knowledge in the public's perceptions of energy technology risks. *Energy Policy*, v. 96, p. 206-216, 2016.

STRANTZALI, Eleni; ARAVOSSIS, Konstantinos. Decision making in renewable energy investments: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 55, p. 885-898, 2016.

TELES, E. O. *Modelagem e simulação de apoio à tomada de decisão Na reativação de campos maduros e economicamente Marginais de petróleo e gás*. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia Industrial). – Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

TSOUTSOS, Theocharis et al. Sustainable energy planning by using multi-criteria analysis application in the island of Crete. *Energy Policy*, v. 37, n. 5, p. 1587-1600, 2009.

TURNER, G. et al. Profiling the Risks in Solar and Wind, *Bloomberg and Swiss Re*. 2014.

WALSH, Philip R. Innovation nirvana or innovation wasteland? Identifying commercialization strategies for small and medium renewable energy enterprises. *Technovation*, v. 32, n. 1, p. 32-42, 2012.

WANG, Ling; CHU, Jian; WU, Jun. Selection of optimum maintenance strategies based on a fuzzy analytic hierarchy process. *International journal of production economics*, v. 107, n. 1, p. 151-163, 2007.

WANG, Jue; LIU, San-Yang; ZHANG, Jie. An extension of TOPSIS for fuzzy MCDM based on vague set theory. *Journal of systems science and systems engineering*, v. 14, n. 1, p. 73-84, 2005.

WANG, Tien-Chin; LEE, Hsien-Da. Developing a fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights and objective weights. *Expert systems with applications*, v. 36, n. 5, p. 8980-8985, 2009.

WANG, Y. J.; LEE, H. S.; LIN, K. Fuzzy TOPSIS for multi-criteria decision making. 2003.

WANG, Ying-Ming; ELHAG, Taha MS. Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bridge risk assessment. *Expert systems with applications*, v. 31, n. 2, p. 309-319, 2006.

WANG, Yu-Jie. Applying FMCDM to evaluate financial performance of domestic airlines in Taiwan. *Expert Systems with Applications*, v. 34, n. 3, p. 1837-1845, 2008.

WESSEH JR, Presley K.; LIN, Boqiang. A real options valuation of Chinese wind energy technologies for power generation: do benefits from the feed-in tariffs outweigh costs?. *Journal of Cleaner Production*, v. 112, p. 1591-1599, 2016.

WU, Cheng-Shiung; LIN, Chin-Tsai; LEE, Chuan. Optimal marketing strategy: A decision-making with ANP and TOPSIS. *International Journal of Production Economics*, v. 127, n. 1, p. 190-196, 2010.

YÜKSEL, Ihsan. Developing a multi-criteria decision making model for PESTEL analysis. *International Journal of Business and Management*, v. 7, n. 24, p. 52, 2012.

ZHOU, Peng; ANG, B. W.; POH, K. L. Decision analysis in energy and environmental modeling: An update. *Energy*, v. 31, n. 14, p. 2604-2622, 2006.

APÊNDICE I – QUESTIONÁRIO



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA ESCOLA POLITÉCNICA PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

Prezado Sr/Sra,

Muito obrigado por participar neste estudo. O questionário exigirá aproximadamente 10 minutos para ser respondido. Cabe salientar que todas as informações estarão sobre sigilo e a empresa não será identificada.

Após o término do trabalho, um relatório lhe será enviado com os resultados de nossos estudos.

Obrigada mais uma vez por dispor de tempo para nos ajudar. Sua participação é de grande valia para este estudo. Caso possua alguma dúvida sobre este questionário ou o projeto, favor não hesite entrar em contato conosco.

Atenciosamente,

Sara Nunes (Mestranda – PEI UFBA) - saraoliveiranunes@gmail.com

Prof. Dr. Ednildo Torres (Professor Orientador – PEI UFBA)

Prof. Dr. Eduardo Teles (Professor Orientador – PEI UFBA)

-
1. Entre os indicadores econômicos/financeiros abaixo, quais os 5 mais utilizados pela empresa no processo decisório?

Atribua pesos a cada indicador relacionado com seus respectivos graus de importância atribuídos pela empresa. De tal forma que a soma seja 10.

| | Indicador | Peso |
|----------|------------------|-------------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |
| 6 | | |
| | Somatório | |

2. Entre os fatores externos e internos relacionados abaixo, coloque os 5 mais influentes em ordem crescente na tomada de decisão da empresa para realização ou não de um projeto?

| Fatores Externos | Ordem |
|------------------------------------|--------------|
| Estabilidade política | |
| Estabilidade econômica | |
| Influência dos Stakeholders | |
| Concorrência | |
| Regulação do mercado | |
| Regulação ambiental | |
| Desenvolvimento social | |

| Fatores Internos | Ordem |
|--|--------------|
| Know-How da empresa | |
| Experiência da equipe gerencial | |
| Tempo de implantação do projeto | |
| Custo de implantação do projeto | |
| Logística de implantação do projeto | |
| Riscos de implantação do projeto | |
| Política ambiental da empresa | |

3. Como você caracteriza o perfil de investimento da empresa?

| | |
|--------------------|--|
| Arrojado | |
| Moderado | |
| Conservador | |

4. Estabeleça a ordem de prioridade entre os seguintes fatores para sua empresa:

| Prioridades | Ordem |
|--------------------|--------------|
| Econômico | |
| Social | |
| Ambiental | |

5. Numa escala de 0 a 10, estabeleça o nível de concorrência entre sua empresa e:

| Empresas de Energia | Concorrência |
|--|---------------------|
| Empresas de energias renováveis Nacionais | |
| Empresas de energias renováveis internacionais | |
| Empresas de combustíveis fósseis nacionais | |
| Empresas de combustíveis fósseis Internacionais | |

6. Sua empresa já teve experiência com investimentos em geração de outras fontes de energia? Se sim, quais.

7. Qual o grau de maturidade da equipe em gerenciamento de projetos de geração energia?

8. Numa escala de 0 a 10 (para cada item), qual o nível de influência dos seguintes stakeholders no processo decisório da empresa:

| Stakeholdre | Nível de influência |
|-------------------------------|----------------------------|
| Governo | |
| Investidores | |
| Comunidade local | |
| Instituições de ensino | |
| Fornecedores | |
| Concorrência | |
| ONG | |

9. Sua empresa possui interesse de investir em outra fonte energética? Se sim, qual? Se não, por que?

FIM

Obrigada pela cooperação!

UFBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

Rua Aristides Novis, 02, 6º andar, Federação, Salvador BA

CEP: 40.210-630

Telefone: (71) 3283-9800

E-mail: pei@ufba.br

Home page: <http://www.pei.ufba.br>

