

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO

ROGÉRIO AMARAL BONATTI

**GESTÃO E ORGANIZAÇÃO PARA A CONVERSÃO DO CONHECIMENTO:  
PROCESSOS DE APOIO PARA DECISÕES ESTRATÉGICAS**

Belo Horizonte

2020

ROGÉRIO AMARAL BONATTI

**GESTÃO E ORGANIZAÇÃO PARA A CONVERSÃO DO CONHECIMENTO:  
PROCESSOS DE APOIO PARA DECISÕES ESTRATÉGICAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Organização do Conhecimento da Escola de Ciência da Informação da Universidade Federal de Minas Gerais para obtenção do grau de Doutor em Gestão e Organização do Conhecimento.

Linha de Pesquisa: Gestão e Tecnologia

Orientadora: Profa. Dra. Renata Maria Abrantes Baracho

BELO HORIZONTE

2020

B699g Bonatti, Rogério Amaral

Gestão e organização para a conversão do conhecimento  
[recurso eletrônico]: processo de apoio para decisões estratégicas. /  
Rogério Amaral Bonatti. - 2020.

1 recurso eletrônico (110f. : il., color): pdf.

Orientadora: Renata Maria Abrantes Baracho  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais,  
Escola de Ciência da Informação.

Referências: f. 84-88.

Anexo f. 89-97.

Apêndice f. 132-146.

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Ciência da Informação - Teses. 2. Gestão do conhecimento -  
Teses. 3. Gerenciamento da informação - Teses. 4. Organização  
da informação - Teses. 5. Processo decisório - Teses. 6. Energia  
elétrica - produção. Título. II. Baracho, Renata Maria Abrantes. III.  
Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Ciência da  
Informação.

CDU: 659.2



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E ORGANIZAÇÃO DO**  
**CONHECIMENTO**



**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**GESTÃO E ORGANIZAÇÃO PARA A CONVERSÃO DO CONHECIMENTO:**  
**PROCESSOS DE APOIO PARA DECISÕES ESTRATÉGICAS**

**ROGERIO AMARAL BONATTI**

Tese submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GESTÃO E ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO, como requisito para obtenção do grau de Doutor em GESTÃO E ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO, área de concentração CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, linha de pesquisa Gestão e Tecnologia.

Aprovada em 28 de fevereiro de 2020, pela banca constituída pelos membros:

Prof(a). Renata Maria Abrantes Baracho Porto (Orientadora)  
Escola de Arquitetura/UFMG [por videoconferência]

Prof(a). Cláudio Homero Ferreira da Silva  
CEMIG

Prof(a). Francisco Ricardo Abrantes Couy Baracho  
UFOP

Prof(a). George Leal Jamil  
Informações em Rede C e T [por videoconferência]

Prof(a). Taciana de Lemos Dias  
UFES [por videoconferência]

Prof(a). Ricardo Rodrigues Barbosa  
Aposentado/UFMG

Belo Horizonte, 28 de fevereiro de 2020.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esse trabalho aos meus pais, irmãos e a todos que, de alguma forma, contribuíram para essa etapa de mais um sonho de vida alcançado. Dedico também à toda comunidade da ECI, escola que vou levar sempre em constante e carinhosa lembrança. A todos, com os quais eu convivi durante esse período (professores, funcionários e colegas) me fizeram sentir acolhido e sempre bem-vindo, deixo minha dedicatória e gratidão. Vou sentir saudade de todos os dias que pude estar aqui, com vocês.

## **AGRADECIMENTOS**

Minha mais sincera gratidão a todos os professores que, de muitas formas, contribuíram para a conclusão deste trabalho e minha formação acadêmica. Especialmente, gostaria de agradecer à professora Doutora Renata Maria Abrantes Baracho, pela dedicação e maestria de me conduzir à elaboração de toda essa Tese. Aos colegas e, mais uma vez a todos os funcionários, deixo meus agradecimentos e felicito-me em poder ter a oportunidade de compartilhar com vocês alegrias, angústias e conquistas.

***“Der Irrtum ist viel besser zu erkennen, als die Wahrheit zu finden; jener liegt auf der gleichen, damit lässt sich wohl Frucht werden; diese ruht in der Tiefe, wird zu forschen ist nicht jedermanns Sache.”***

***“É muito mais fácil reconhecer o erro do que encontrar a verdade; aquele está na superfície e por isso é fácil erradicá-lo; esta repousa no fundo, e não é qualquer um que pode investigá-la.”***

*(Johann Wolfgang von Goethe)*

## RESUMO

A definição do tema da pesquisa sobre uma questão do setor energético, surgiu com a viabilização de um projeto de pesquisa realizado entre a Escola de Ciência da Informação da Universidade Federal de Minas Gerais e a Companhia Energética de Minas Gerais S.A., e contou com apoio da Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa. A proposta era, por meio da gestão da informação, fomentar a sustentabilidade da carteira de geração de energia elétrica na matriz energética da concessionária no cenário nacional. Como objetivo principal deste trabalho, procurou-se, pela gestão e organização do conhecimento, propiciar melhorias no processo de tomada de decisões estratégicas. Para isto, empreenderam-se esforços no sentido de efetivar a conversão de conhecimento tácito em explícito e obter elementos que influenciem tais decisões. Logo, sob a perspectiva de uma concessionária energética, o estudo procurou mapear e compreender o processo decisório em investimentos em fontes alternativas renováveis. A atividade de geração tem sido amplamente divulgada entre as organizações e muitos países se voltam para as opções menos poluentes e que ocasionam menor impacto ao meio ambiente. Foram realizados a identificação e o levantamento de parâmetros no processo decisório neste contexto. Inicialmente, procurou-se enumerar os principais recursos informacionais utilizados pelas concessionárias, como publicações científicas e regulamentações específicas do setor energético. O desenvolvimento e a validação de termos que representassem a mensuração de conhecimento tácito e a relevância do tema para novas soluções da crescente demanda de geração de energia elétrica são as principais contribuições esperadas. Entrevistas e questionários possibilitaram informações que, ao serem analisadas, auxiliaram na definição dos interesses de investimentos atuais dessas concessionárias. Realizou-se a proposta da utilização de parâmetros não mensuráveis para se definir uma opção que represente as opiniões dos gestores em face de uma oportunidade de investimento. Para isto, se fez uso de um método multicritério, o qual estudos demonstraram sua aplicabilidade para problemas de mesma natureza e finalidade. Assim, o objetivo deste estudo foi demonstrar a aplicabilidade de conceitos e técnicas associadas à gestão e organização do conhecimento para auxiliar no processo de tomada de decisões estratégicas. Procurou-se demonstrar por um experimento prático a conversão de conhecimento tácito em explícito e obter, assim, elementos inerentes às decisões estratégicas no contexto específico da geração de energia elétrica. Foram realizadas ações para o envolvimento de diversos setores e indivíduos das organizações. Espera-se que a demonstração dos processos identificados e utilizados nesta pesquisa possam contribuir na delimitação de contextos em diversas áreas de aplicação.

**Palavras-chave:** Gestão do Conhecimento, Decisões Estratégicas, Conversão do Conhecimento, Energia Elétrica, Fontes Renováveis.



## ABSTRACT

The research question on the decision-making process of the energy sector was defined with the feasibility of a research project established between Escola de Ciência da Informação da Universidade Federal de Minas Gerais and Companhia Energética de Minas Gerais S.A., and had the support of the Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa. The research project proposal was to provide information management to foster the sustainability of the electricity generation portfolio in the concessionaire's energy matrix in the national scenario. As the main objective of this work, seek, through the management and organization of knowledge, to provide improvements in the strategic decision-making process. For this, undertaking not to obtain an effect of effecting the conversion of knowledge activated in the explicit and obtaining elements that influence these decisions. Therefore, from the perspective of an energy utility, the study sought to map and understand the decisive process in investments in alternative renewable sources. The generation activity was widely disseminated among organizations and many countries turn to less polluting options that have less impact on the environment. The identification and survey of parameters in the decision-making process were carried out in this context. Initially, it was necessary to list the main information resources used by utilities, such as scientific publications and specific regulations in the energy sector. The development and validation of terms that represent the measurement of knowledge and the relevance of the topic for new solutions to the growing demand for electricity generation are the main expected contributions. Interviews and questionnaires provide information that, when analyzed, provided help to define the current investment interests of these concessionaires. It was made a proposal to use non-measurable parameters to define an option that represents the opinions of managers in an investment opportunity. For this, it is used a multicriteria method, wich studies have shown its applicability to problems of the same nature and use. Thus, the objective of this study was to demonstrate the applicability of concepts and techniques applicable to the management and organization of knowledge to assist in the strategic decision-making process. We proceeded to demonstrate by a practical experimnet for the conversion of activated knowledge into the explicit and thus obtain elements inherent to strategic decisions in the specific context of the generation of electric energy. Actions were taken to involve various sectors and participation groups. It is expected that the demonstration of the processes used and the application of this resource on that research can contribute to the delimitation of contexts in several areas of application.

**Keywords:** Knowledge Management, Strategic Decisions, Transformation of Knowledge, Electricity, Renewable Sources.

## Lista de Figuras

Figura 1: Espiral do Conhecimento.....	6
Figura 2: Processos da Gestão do Conhecimento .....	8
Figura 3: classificação dos métodos multicritérios .....	14
Figura 4: Hierarquização de Problemas.....	19
Figura 5: Fluxo Informacional do Processo Decisório.....	29
Figura 6: Levantamento de Fontes e Indicadores.....	34
Figura 7: Parâmetros decisórios - Consolidação .....	37
Figura 8: Parâmetros Intangíveis - Validação .....	37
Figura 9: Processo Decisório .....	53
Figura 10: Use Case 001 - Acesso Inicial .....	59
Figura 11: Use Case 101 - Criação de Nova Votação.....	60
Figura 12: Conclusão de Votação - Participante.....	61
Figura 13: Encerramento e apresentação de Resultados.....	62
Figura 14: Hierarquização - Experimento .....	66
Figura 15: Definição do Empreendimento.....	69
Figura 16: Inserção de Valores - VPL, <i>Payback</i> .....	69
Figura 17: Importância Relativa dos Critérios .....	76
Figura 18: Resultado Final - Critérios Tangíveis .....	77
Figura 19: Processos de Conversão do Conhecimento Utilizados .....	79

## Lista de Gráficos

Gráfico 1: Aplicação AHP por Temas Específicos .....	18
Gráfico 2: Prioridade Global - exemplo .....	25
Gráfico 3: PIB e PIB <i>per capita</i> - Projeção %aa .....	31
Gráfico 4: Potência Instalada por fonte .....	33
Gráfico 5: Indicadores Econômicos.....	49
Gráfico 6: Indicadores do Setor Energético .....	51
Gráfico 7: Consolidação da Seleção de Parâmetros .....	52
Gráfico 8: VPL – Ponderação.....	67
Gráfico 9: Payback - Ponderação .....	68
Gráfico 10: Resultado da Prioridade Global .....	75
Gráfico 11: Custo de Geração por Fonte .....	102
Gráfico 12: Capacidade Instalada por Fonte.....	106

## Lista de Tabelas

Tabela 1: Matriz de Julgamento .....	22
Tabela 2: Normalização da Matriz e Cálculo do VPG .....	22
Tabela 3: Vetores de Prioridade Média Local .....	23
Tabela 4: Vetor de Prioridade Global - Exemplo .....	24
Tabela 5: Prioridade Global - Exemplo .....	24
Tabela 6: Índice de Consistência Randômico .....	25
Tabela 7: Indicadores Econômicos .....	31
Tabela 8: Capacidade Instalada Dez/2005 .....	32
Tabela 9: Usinas e Potência Instaladas .....	32
Tabela 10: Reunião de Definição de Critérios.....	38
Tabela 11: Avaliação de Indicadores Econômicos.....	49
Tabela 12: Avaliação Indicadores do Setor.....	50
Tabela 13: VPL Considerado .....	66
Tabela 14: <i>Payback</i> Considerado .....	67
Tabela 15: Matriz de Julgamento - Experimento.....	70
Tabela 16: Normalização da Matriz de Julgamento e cálculo do VPG .....	71
Tabela 17: Matrizes de Julgamento - Alternativas e Critérios .....	71
Tabela 18: Normalização e Cálculo de PML .....	72
Tabela 19: PML - Tangíveis .....	74
Tabela 20: Cálculo da Prioridade Global.....	75
Tabela 21: Fontes de Geração de Energia .....	99
Tabela 22: Histórico do Uso da Fonte Eólica para Geração de Energia Elétrica.....	100
Tabela 23: Custo Marginal de Expansão .....	101
Tabela 24: Projeção PIB (% ao ano).....	104
Tabela 25: Histórico e Referência do PIB .....	105
Tabela 26: Capacidade Instalada Dez/2005 .....	105

## **Lista de Quadros**

Quadro 1: Escala de Julgamento de Pesos .....	21
Quadro 2: Indicadores do setor energético .....	30
Quadro 3: Requisitos Funcionais .....	55
Quadro 4: Requisitos Não Funcionais.....	57
Quadro 5: Definição de Validação (registro) .....	63
Quadro 6: Reunião Validação - Interna (1º Nível) .....	63

# Sumário

<b>1 Introdução</b> .....	1
1.1 Objetivos .....	2
1.2 Justificativa .....	2
<b>2 Referencial Teórico</b> .....	4
2.1 Conhecimento .....	4
2.2 Gestão do Conhecimento.....	5
2.3 Decisões Estratégicas.....	9
2.4 Decisões de Novos Empreendimentos do Setor Energético .....	11
<b>3 Métodos Multicritérios</b> .....	13
3.1 Método de Análise Hierárquica .....	18
3.1.1 Fundamentos do AHP .....	19
<b>4 Metodologia</b> .....	27
4.1 Identificação do Fluxo Informacional.....	27
4.2 Seleção de Parâmetros.....	34
4.2.1 Parâmetros Não Mensuráveis ou Intangíveis .....	36
4.2.2 Parâmetros Mensurados ou Tangíveis .....	39
4.3 Método Multicritério .....	39
4.4 Levantamento de Requisitos.....	40
4.5 Comparação de Resultados.....	41
<b>5 Resultados</b> .....	42
5.1 Hierarquização do Problema Identificado .....	43
5.1.1 Estrutura e Análise de Entrevistas .....	43
5.1.2 Análise do Questionário de Identificação .....	48
5.1.3 Síntese e Escolha dos Parâmetros .....	51
5.2 Desenvolvimento da Aplicação .....	54
5.2.1 – Requisitos Funcionais .....	54
5.2.2 - Requisitos Não-Funcionais .....	57
5.2.3 – Casos de Uso.....	58
5.3 Validação do Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).....	62
5.4 – Prática Experimental - Simulação .....	64
5.4.1 Hierarquização do Problema Proposto .....	64
5.4.2 Definição dos Critérios Tangíveis do Experimento .....	66
5.4.3 Matrizes de Julgamentos .....	68
5.4.4 Obtenção e Análise do Resultado - Experimento .....	74
5.5 – Comparação de Resultados.....	76
<b>6 Considerações Finais</b> .....	81
<b>Referências</b> .....	84
<b>Anexo 1 – Apresentação dos Questionários</b> .....	89
<b>Apêndice A – Regulação e Documentos Governamentais</b> .....	98
<b>Apêndice B – Fundamentos Matemáticos</b> .....	109

## 1 Introdução

A presente pesquisa teve origem em estudos e foi desenvolvida, em grande parte, concomitante ao projeto de pesquisa e desenvolvimento (P&D) firmado entre a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) com a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), com administração da Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa (Fundep).

Assim como o projeto de pesquisa e desenvolvimento, a elaboração dessa tese envolve assuntos e temas relacionados à gestão da informação e do conhecimento, à administração e à engenharia elétrica, nessa última, especificamente, a contextualização informacional das concessionárias energéticas para a tomada de decisões estratégicas. Para a identificação do fluxo informacional foram levadas em consideração as principais fontes de informações utilizadas pelos gestores e pelos especialistas da área que foram consultados, em diferentes momentos do desenvolvimento do trabalho.

A análise das informações obtidas em entrevistas e a aplicação de questionários, dos quais participaram gestores, especialistas e consultores do setor, auxiliaram na definição dos interesses de investimentos atuais dessas concessionárias. Buscou-se efetivar a proposta da utilização de parâmetros não mensuráveis para definir uma opção que represente as opiniões dos gestores em face de uma oportunidade de investimento. Ao longo do texto, optou-se por utilizar também a terminologia de parâmetros intangíveis, sendo que ambos condizem com o aspecto subjetivo considerado.

Entre os resultados esperados do P&D e durante a elaboração da tese, foi desenvolvida uma aplicação computacional que emprega a fundamentação de um método multicritério específico, o qual se mostrou indicado para o tratamento do aspecto subjetivo em decisões do nível estratégico. A aplicação de tal método propõe um resultado baseado nas comparações entre pares de critérios, julgamentos estes realizados pelo gestor ou gestores envolvidos no processo decisório com base em suas preferências e prévias concepções.

As especificações e técnicas de desenvolvimento de *software* abordados neste trabalho procuram explicitar os processos que caracterizam a transformação do conhecimento, dos quais se buscou fazer o registro.

A tese foi desenvolvida paralelamente ao projeto P&D e, após a finalização do projeto, a tese consolidou a análise do processo de transferência do conhecimento dos gestores nos processos de tomada de decisão. Foi utilizada a coleta de dados, ou seja, os dados brutos do projeto P&D, incluindo entrevistas e *survey* para fazer uma análise consistente do processo. Assim a pesquisa apresenta contribuições metodológicas do processo de transferência de conhecimento que poderá ser seguida e adaptada em diferentes contextos.

## 1.1 Objetivos

Esse estudo teve como objetivo principal demonstrar a aplicabilidade de conceitos e técnicas associadas à gestão e organização do conhecimento que auxiliem no processo de tomada de decisões estratégicas. Para isso procurou-se responder à seguinte questão de pesquisa: como realizar a conversão de conhecimento tácito em explícito e dessa atividade obter elementos que alterem os resultados nas decisões estratégicas?

Entre os objetivos específicos, buscou-se:

- a identificação do ambiente informacional das decisões a serem estudadas, realizando a contextualização da questão de pesquisa;
- a elaboração dos passos seguidos para a determinação dos parâmetros intangíveis e a adequação desses parâmetros em um método multicritério de apoio à decisão;
- a validação, realizada por um experimento, das etapas propostas e sua aplicação em um ambiente real ou próximo de uma situação real;
- e a análise comparativa entre os resultados obtidos pelo experimento do item anterior com os resultados provenientes da mesma situação proposta considerando-se apenas os parâmetros tangíveis ou mensurados.

## 1.2 Justificativa

A escolha de fontes alternativas para a geração de energia elétrica tem sido discutida em trabalhos que procuram demonstrar a evolução do emprego dessas fontes na matriz energética nacional (FERNANDINO; OLIVEIRA, 2010; CASTRO *et al.*, 2010).

A disponibilidade de energia elétrica no Brasil é, majoritariamente, dependente dos recursos hídricos. As hidrelétricas representam sozinhas mais da metade da matriz energética atual do país. Nas últimas décadas, a oferta interna de energia apresentou um crescimento anual médio de 3,2%. Destaca-se o crescimento médio de 6,1% ao ano na oferta das fontes renováveis, especificamente energia elétrica gerada por usinas eólicas, fotovoltaicas e usinas que utilizam biomassa (biodiesel e lixívia, principalmente) (BRASIL, 2017).

Nesse contexto, sob a perspectiva de uma concessionária energética, o estudo procurou mapear e compreender a decisão em investimentos em fontes alternativas renováveis. Considerou quatro fontes, eólica, solar ou fotovoltaica, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa como as alternativas de decisão para tais investimentos. Dessa forma, o ambiente de aplicação da questão de pesquisa concerne à avaliação de novos investimentos no setor energético, para geração de energia elétrica a partir das fontes especificadas.

Para este trabalho buscou-se, pela contribuição prática de gestão do conhecimento com a finalidade específica e bem delimitada, realizar uma aproximação do corpo de gestores de



uma área do conhecimento, distinta da formação do autor e obter, assim, a identificação de elementos constituintes das decisões estratégicas.

O presente trabalho está dividido em cinco outros capítulos. Referencial Teórico que define o embasamento dos conceitos utilizados durante a elaboração do texto e procurando sempre atribuir à literatura os termos discutidos e apresentados. O capítulo Métodos Multicritérios que, diferentemente do Referencial Teórico busca exemplificar alguns dos inúmeros métodos e assim justificar e aprofundar o uso de um específico. Pela Metodologia define-se os procedimentos e registros das etapas cumpridas para a elaboração e na busca de se obter os objetivos definidos. Em Resultados são apresentados os artefatos alcançados e os expõem de maneira e na ordem em que foram desenvolvidos e elaborados. Nas Considerações Finais é exposto o encerramento desta pesquisa e a possibilidade de expansão para outras aplicações, considerando a utilização da proposta de procedimentos e artefatos produzidos e apresentados.

O próximo capítulo delimita a utilização dos conceitos, os quais foram tratados durante todo o texto.

## 2 Referencial Teórico

Durante o desenvolvimento da pesquisa, realizaram-se estudos e levantamento bibliográfico de áreas relacionadas à Ciência da Informação, gestão da informação, processos decisórios e setor energético. Dentro do campo da Ciência da Informação, entre a diversidade de temas abordados pela questão de pesquisa, foram escolhidos trabalhos que apresentassem a abordagem teórica para a conceituação de conhecimento, da gestão do conhecimento e da relação do uso do conhecimento em decisões estratégicas das organizações.

Sobre o contexto da pesquisa é importante ressaltar que o setor especificado condiz com o ambiente de concepção do projeto P&D. A partir de sua concepção, iniciaram-se os estudos e a análise da situação das concessionárias energéticas, estudos esses direcionados para novos empreendimentos de geração de energia elétrica baseada em fontes renováveis.

### 2.1 Conhecimento

A utilização do termo conhecimento é diversa, considerado aqui sob algumas perspectivas. A definição, a diferenciação dos tipos de conhecimento e o uso para decisões estratégicas são as prerrogativas para a delimitação do que tange à pesquisa.

Entre as distinções discutidas sobre dado, informação e conhecimento, de forma sucinta e explanatória, observa-se a trazida pelos autores Davenport e Prusak (1998). Para eles, dados são observações sobre o estado do mundo e podem ser identificados, quantificáveis. Informação são os dados que possuem relevância e que são dotados de propósito específicos e requer a mediação de indivíduos e consenso para a definição de significado. O conhecimento, para estes autores, está presente no âmbito subjetivo e requer, necessariamente, reflexão, alguma síntese e definição de um contexto específico. Caracteriza-se por não se encontrar, primariamente, estruturado e, sendo assim, não pode ser trivial sua disposição em recursos tecnológicos.

Gomes e Braga (2004) afirmam que conhecimento é a ampla compreensão de um determinado assunto, quando o indivíduo detém o saber sobre os conceitos que lhe são pertinentes e os utiliza com finalidade específica.

Para Choo (2003) o conhecimento faz parte dos processos organizacionais envolvidos em decisões estratégicas. Tais processos, associados à necessidade da informação, constituem o conhecimento organizacional e possibilitam a ação. Espera-se que os gestores interpretem as informações recebidas e internalizem este conhecimento, envolvendo assim os demais setores relacionados. Para o autor, todos esses procedimentos têm o intuito de reduzir a incerteza nas decisões a serem tomadas e auxiliam na determinação da melhor alternativa dentre as apresentadas.

Ampliando a discussão sobre o termo, Schmidt e Santos (2002), entre muitos autores que discutem o tema, caracterizam o conhecimento tácito. Para eles, o conhecimento tácito abrange as habilidades desenvolvidas, o aprendizado adquirido somado às percepções, crenças e valores tidos como certos e que refletem na imagem como o ser percebe a realidade. Isto se reflete na forma como o indivíduo lida com o mundo e é composto pelos conhecimentos adquiridos formalmente, por meio da educação e da pesquisa acadêmica. Esta formação e pelas relações pessoais vivenciadas, mais propriamente nas experiências de um indivíduo definem o aspecto subjetivo que caracteriza esse tipo de conhecimento e dificulta sua transmissão e seu compartilhamento.

Kanaane e Ortigoso (2010) diferenciam dois tipos de conhecimento. O conhecimento explícito é relativamente fácil de se codificar, captar ou compartilhar, podendo ser encontrado em textos, gráficos, tabelas, entre outros. Pode ser armazenado em base de dados e publicações, ou seja, é transmissível em linguagem formal e sistemática. O conhecimento tácito, corrobora com a definição anterior, onde é possível perceber o aspecto subjetivo, sendo identificável pela dificuldade de sua formalização e transmissão.

Entre os fatores relacionados ao sucesso nos projetos descritos no trabalho de Kanaane e Ortigoso (2010) estão a cultura de orientação para o desenvolvimento organizacional, relacionando a estruturação técnica e a produção do conhecimento, com o apoio da alta gerência. O valor econômico ou setorial, a clareza de visão e os recursos de comunicação, além do uso de múltiplos canais para a transferência de informação são processos na criação de conhecimento nas organizações.

Por estes e outros trabalhos, considera-se que as organizações têm relacionado o conhecimento como um ativo, ainda que intangível, e o utiliza como insumo estratégico tratando-o como elemento influenciador para o alcance de êxito em suas atividades.

A gestão do conhecimento é um vasto tema de trabalhos, que trazem diferentes abordagens. Alguns são referenciados na próxima seção.

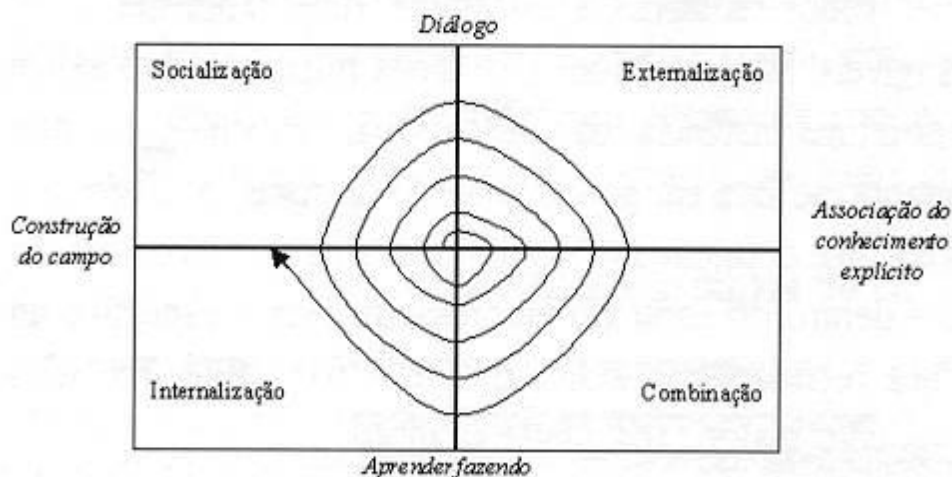
## **2.2 Gestão do Conhecimento**

A discussão e as diferentes abordagens sobre o conhecimento, como apresentado anteriormente, é fragmentado em tipos, e há vários trabalhos que tratam dele com um foco diferente do que se buscou neste trabalho (ZACK, 1999; NICKOLS, 2000; GRANT, 2007). Os conceitos que nortearam a fundamentação desta pesquisa, desde o início, foram os já descritos sobre a gestão do conhecimento e sobre a conversão entre o conhecimento tácito e o conhecimento explícito (NONAKA; TAKEUCHI, 1997), principalmente.

Nonaka e Takeuchi (1997) tratam da criação do conhecimento organizacional definida como um processo que acontece dentro de uma comunidade que interage entre si e que expande seus limites para além da organização. Para eles, a GC é como um processo capaz

de ampliar o conhecimento criado pelos indivíduos, solidificando-o como parte da rede de conhecimentos da organização. Os autores caracterizam o conhecimento tácito e o conhecimento explícito. O conhecimento tácito é o conhecimento pessoal, constituído do know-how subjetivo, dos insights e intuições que uma pessoa tem depois de estar imersa numa atividade por um longo período de tempo. Este é difícil de verbalizar porque é expresso por habilidades baseadas na ação e não pode se reduzir a regras e/ou receitas. Já o conhecimento explícito é o conhecimento formal, frequentemente codificado em fórmulas matemáticas, regras e especificações, e que pode ser expresso formalmente com a utilização de um sistema de símbolos. Os conceitos relacionados ao conhecimento tácito têm para a gestão do conhecimento o objetivo de formalizar este conhecimento dos indivíduos. A avaliação destes conceitos, a elaboração de protótipos e a adequação aos propósitos organizacionais são transferidas para outros níveis da empresa e desencadeiam novos ciclos de criação de conhecimento.

**Figura 1: Espiral do Conhecimento**



Fonte: NONAKA; TAKEUCHI, 1997, p.80.

A gestão do conhecimento e seus processos estão presentes nas organizações públicas e privadas de diversos segmentos (PONS *et al.*, 2014) e, inevitavelmente, possui características do campo da administração (ANDRADE; AMBONI, 2011; SILVA, 2013).

Para gerir o conhecimento na organização consideram-se níveis de conhecimento dos indivíduos, como em áreas de liderança, equipes de gestão do conhecimento e em diferentes classificações de cargos, recursos físicos e financeiros (KUMAR *et al.*, 2015). Na área da administração é possível perceber a ótica da segmentação da empresa em organogramas, em setores e em áreas, podendo classificar ou hierarquizar os indivíduos em suas especialidades, diferenciando-as em funções e em cargos (ANDRADE; AMBONI, 2011).

Sob a perspectiva organizacional, Nonaka e Takeuchi (1997) afirmam que, pela gestão do conhecimento, é possível ampliar o conhecimento criado pelos indivíduos, sendo estabelecido como parte da rede de conhecimentos da organização. Organizações que consideram o conhecimento como um ativo associam o seu uso com inovação, buscando recursos intensivos de tecnologias voltadas para se trabalhar com grande volume de dados.

Alguns autores denominam esta forma de uso do conhecimento como capital intelectual, que pode descrito como:

...a soma do conhecimento de todos em uma empresa, o que lhe proporciona vantagem competitiva. Ao contrário dos ativos, com os quais os empresários e contabilistas estão familiarizados – propriedade, fábricas, equipamentos, dinheiro –, o capital intelectual é intangível. (STEWART, 1998, pg.13).

A classificação e o reconhecimento do capital intelectual ilustram como as organizações visualizam o conhecimento e o identificam como um ativo, normalmente intangível que propicia diferencial competitivo.

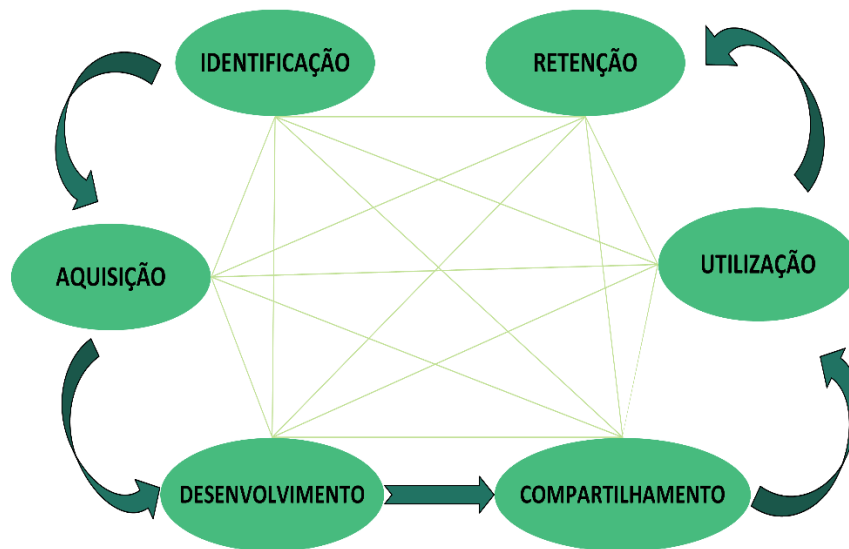
Segundo Bukowitz e Williams (2002), as organizações que tratam a Gestão do Conhecimento como fonte de vantagem competitivo, que têm o intuito de alcançar algum resultado positivo, devem realizar o processamento adequado das informações. Com incentivos no processo de criação do conhecimento interno à organização, permite-se aos indivíduos a possibilidade de desenvolver a criatividade, de se realizar experimentação e aumentar o grau de receptividade para novos saberes.

Algumas organizações demonstram interesse em identificar as habilidades individuais, as quais são consideradas e tratadas como importantes recursos dentro da organização. A gestão do conhecimento, assim, tem o papel de administrar e organizar as informações, visando o aproveitamento do conhecimento tácito, além propiciar a disseminação de práticas para o crescimento organizacional. Nessas organizações que visam utilizar o conhecimento como recurso que agrega valor às suas atividades, incluem-se ações que resultem em benefícios à organização, o que possibilita adequação e resposta às mudanças estratégicas.

A gestão do conhecimento, neste trabalho, aborda a identificação e o uso de parâmetros que compõem uma decisão estratégica. Para isso, são considerados processos como a adequação de vocabulário, por exemplo, o que propicia um significado passível de completo entendimento pelos envolvidos. O trabalho de Probst *et al.* (2002) abrange os processos envolvidos na criação do conhecimento e na sua utilização, ou no aproveitamento para a continuidade do aprendizado, para toda a organização.

Estes processos são ilustrados pela Figura 2 que segue.

**Figura 2: Processos da Gestão do Conhecimento**



Fonte: Adaptação do modelo de processos essenciais da gestão do conhecimento e elementos construtivos da gestão do conhecimento (PROBST *et al.*, 2002, p.33 e 36).

Probst *et al.* (2002) afirmam que os processos de gestão do conhecimento impacta nas ações e diretrizes das organizações e incluem avaliações constantes das competências individuais e da própria organização.

Considerou-se para a finalidade deste estudo que a gestão do conhecimento pode ser realizada pelo acompanhamento das intenções dos gestores, que aplicam sua orientação estratégica em busca dos resultados organizacionais. Alguns destes processos de gestão podem ser descritos como a criação e a captura do conhecimento, quando este será utilizado para alcançar os objetivos da organização. Outro processo é o compartilhamento do conhecimento, onde estabelece a conversão, a organização e a disseminação do conhecimento entre os indivíduos. Por fim, considera-se a utilização do conhecimento para agregar valor para a empresa e para seus clientes.

Assim, a gestão do conhecimento que engloba estes processos de forma cíclica e contínua dentro da organização, pode ser considerada como uma gestão eficaz do conhecimento (DALKIR, 2011).

A combinação desses processos com indicadores e medições que tratam de diferentes percepções dos gestores pode resultar em novos indicadores dentro de uma organização, os quais são potenciais insumos em decisões estratégicas.

A gestão do conhecimento, quando vinculada à tomada de decisões, está relacionada à gestão da informação, ao tratamento e à análise da informação. A estratégia baseia-se na síntese do trabalho e uso do conhecimento para geração de novos conhecimentos, os quais podem ser usados como direções dentro da organização (TARAPANOFF, 2006).

Uma orientação gerencial que tem a visão do conhecimento como recurso estratégico, deve realizar o gerenciamento dos indivíduos baseado em suas experiências e vivências, uma vez que o conhecimento, em si, não é gerenciável. Contudo, mesmo que o conhecimento não possa ser gerenciado como um ativo convencional, existem soluções e práticas para gerenciar ativos intelectuais que visam estabelecer as competências organizacionais e os processos, com o objetivo de propiciar o desenvolvimento de conhecimento e a aprendizagem dentro da organização (DALKIR, 2011).

As decisões estratégicas são relacionadas, por vezes, ao aspecto subjetivo do conhecimento e não descrito em meios formais, que estão associados ao conhecimento explícito. Assim, buscou-se identificar parâmetros que não são dados mensurados e que dependem da internalização de sua representatividade em relação a outros para se determinar o grau de importância relativa entre eles.

O levantamento destes parâmetros, a avaliação dos conceitos, a elaboração de artefatos, a avaliação e a adequação destes constructos, correspondem aos processos de conversão do conhecimento, definidos por Nonaka e Takeuchi (1997), descritos na espiral do conhecimento: socialização, externalização, combinação e internalização, respectivamente.

Sob o aspecto de inovação e de evolução em determinado ambiente de negócios, a identificação dos indicadores de tendências, a análise da concorrência e a compreensão das estruturas dos grupos estratégicos do setor são partes do entendimento crítico sobre as oportunidades e sobre as ameaças em relação aos concorrentes e ao mercado. A atualização e a busca por identificação de novos parâmetros que compõem as decisões estratégicas auxiliam na determinação de ações que, normalmente, envolve diversos setores e indivíduos da organização (CHIAVENATO; SAPIRO, 2003).

Na próxima seção, sobre decisões estratégicas, são apresentados conceitos relativos à elaboração e à identificação dos procedimentos decisórios, e buscou-se a relação destes com as características do setor energético.

### **2.3 Decisões Estratégicas**

Criar uma vantagem competitiva durável é um dos objetivos primários das organizações. Pela estruturação estratégica, é possível que as organizações possam alcançá-lo e consolidarem, assim, uma posição privilegiada e valiosa no mercado e buscam fazê-lo ao criar um diferencial de seus competidores (PORTER; LEE, 2015).

No campo da administração de empresas discute-se estratégia e a tomada de decisões estratégicas sob a perspectiva organizacional. Mintzberg e Quinn (2001) diferenciam estratégia e decisões estratégicas. Para os autores, enquanto a primeira é considerada um padrão integrador de metas, políticas e sequências de ações, as decisões estratégicas, no que lhe concerne, determinam a direção de um empreendimento e sua viabilidade.

A combinação de estratégia, estrutura e contexto contribui para uma visão dinâmica da configuração de valor em negócios, mas é baseado apenas no conteúdo. Do ponto de vista do processo estratégico, a configuração organizacional é definida por modelos de interação social e de compartilhamento de conhecimento (BULGACOV *et al.*, 2012).

A estratégia é vista, também, como um conjunto de comportamentos e habilidades, rotinas, processos e mecanismos de governança de aprendizado e conhecimento focados em mudança e inovação (MEIRELLES; CAMARGO, 2014).

O envolvimento das partes interessadas nos processos de *feedback* e de aprendizado dentro das organizações faz parte de uma abordagem integrativa para a elaboração de estratégias e é essencial para se entender a configuração e a reconfiguração de valor no negócio. A estratégia voltada para os patrocinadores e envolvidos no negócio (*stakeholders*) consiste em um conjunto de propostas que a empresa, explícita ou implicitamente, faz às partes interessadas. Em contrapartida, espera-se que haja troca de contribuições, comprometimento e apoio por parte destes (ZOLLO *et al.*, 2018).

A estratégia de uma empresa pode ser dada como bem-sucedida na medida em que gera coesão, confiança e satisfação entre as partes. Portanto, a adoção de uma decisão estratégica das partes interessadas depende da cultura das partes interessadas ou dos valores fundamentais de uma empresa (ZOLLO *et al.*, 2018).

A estratégia pode ser definida por padrões e planos que se integram às políticas e aos objetivos das organizações através do estabelecimento das metas e ações para todos os envolvidos. A estratégia, bem definida, pode garantir melhor alocação de recursos em antecipação às ocorrências ou às circunstâncias do ambiente externo, aprimorando assim a resposta da organização às mudanças. (CHIAVENATO; SAPIRO, 2003).

Quando são definidas as estratégias, a organização realiza progressos e atinge suas metas de modo satisfatório, sem dispende tempo e recursos em demasia (KWASNICKA, 2007).

Assim, a definição das estratégias e o seu planejamento devem direcionar os esforços dos indivíduos para um resultado comum e que atenda aos objetivos da organização. Deve-se também prover o entendimento correto por todos os envolvidos dos propósitos e políticas da organização o que permite a compreensão e aplicação da estrutura estratégica para o desenvolvimento das atividades levando-se em consideração as prioridades estabelecidas e as exceções justificadas (OLIVEIRA, 2011).

As decisões estratégicas, assim, dizem respeito ao direcionamento da organização em relação a qualquer aspecto do ambiente organizacional que altere a estratégia em curso. Portanto, estas decisões estão relacionadas com a estratégia organizacional.

Saaty (1990) afirma que os direcionamentos estratégicos tratam de elementos que possuem dimensões distintas envolvidas nos processos decisórios das organizações. Esse



autor definiu o *Analytic Hierachy Process* (AHP) e descreve os principais propósitos de se criar uma classificação hierárquica destes elementos. Para ele, no que diz respeito à tomada de decisões estratégicas:

...organizar os objetivos, os atributos, as questões e os interessados em uma hierarquia serve a dois propósitos. Fornece uma visão geral das relações complexas inerentes à situação e auxilia o gestor avaliar se as questões em cada nível são da mesma ordem de grandeza, para que ele possa comparar esses elementos homogêneos com precisão (SAATY, 1990, p.9).

Essa definição trazida pelo autor condiz com a questão específica do setor de negócios analisado neste trabalho. Considerou-se, em hipótese, que a estruturação do problema em uma hierarquia e a definição dos critérios e das alternativas, envolvidos no processo decisório, são relevantes e influenciam na decisão dos gestores acerca de um problema ou de uma situação identificada.

Para Oliveira (2011) as decisões estratégicas dentro de uma organização estão relacionadas à visão da organização e dos seus gestores. Na organização, o comportamento dos indivíduos envolvidos no planejamento estratégico é influenciado por estruturas mentais ou modelos, que interferem na sua visão de mundo, na percepção do outro, enfim estão arraigados no seu agir e pensar sobre algo. Assim, os processos decisórios de uma organização visam obter melhores resultados de investimentos e mitigar os efeitos negativos que as incertezas existentes no mercado possam acarretar. Para a elaboração da tese, os estudos foram baseados nas decisões do setor energético, como mencionado anteriormente.

A próxima seção trata de algumas das prerrogativas das decisões consideradas e características inerentes ao setor energético.

## **2.4 Decisões de Novos Empreendimentos do Setor Energético**

A definição do tema da pesquisa sobre uma questão do setor energético, surgiu com a viabilização do projeto de pesquisa (P&D). Como mencionado anteriormente, a proposta de fomentar a sustentabilidade da carteira de geração de energia elétrica na matriz energética da concessionária no cenário nacional. Para isso, contou com etapas e entregas que serão mencionadas no decorrer deste trabalho.

A expansão da geração de energia elétrica é esperada, como mostra as publicações dos órgãos reguladores (BRASIL, 2013, 2019; ANEEL, 2019). Com essa expansão necessária ao adequado atendimento da demanda de energia elétrica, possibilita o crescimento e variação de investimento por parte das concessionárias energéticas.

Em análise de estudos desenvolvidos pelo Ministério de Minas e Energia (MME) em parceria com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), percebe-se que o país tem sido capaz de atender a demanda crescente no setor de

energia, e para isso conta com forte participação das fontes renováveis para a geração de energia elétrica (hidrelétrica, eólica, etanol, biomassa, principalmente).

Pode-se afirmar, neste contexto, que o Brasil está inserido em um cenário promissor pela oferta de alternativas de produção energética e dos recursos em abundância nas mais variadas fontes (TOLMASQUIM, 2012).

Os investimentos das empresas que trabalham com energia (geração, transmissão, distribuição e comercialização) têm sido objeto de regulamentação no Brasil, com marco importante a partir da Lei 9.991 /2000 e com alteração significativa pela Lei 12.783/2013. Outras e demais resoluções da agência reguladora disponíveis no sítio eletrônico<sup>1</sup> são complementares a essas leis.

O processo regulatório do setor energético brasileiro faz uso de importantes indicadores encontrados em publicações governamentais, em projeções e na regulamentação específica. Estes e outros indicadores levantados nesta pesquisa são utilizados na aplicação do método multicritério proposto para o auxílio ao processo decisório das concessionárias energéticas.

Para limitar o escopo desta pesquisa foram considerados e estudados os processos decisórios do setor energético, com a finalidade específica de se promover a sustentabilidade da participação dessas concessionárias na matriz de geração de energia elétrica nacional. No capítulo de metodologia são abordados os passos de estudo que propiciaram a disposição do problema ou questão de pesquisa em uma estrutura hierárquica para adequar-se à aplicação do método multicritério definido.

O próximo capítulo elucida alguns métodos multicritérios e identifica as características fundamentais do *Analytic Hierarchy Process* (AHP), método escolhido para a aplicação do experimento proposto nesta pesquisa.

---

<sup>1</sup> Sítio eletrônico da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) - ([www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)): na aba Acesso à Informação e na aba Biblioteca é possível pesquisar a regulamentação atual.

### 3 Métodos Multicritérios

Em tomadas de decisões estratégicas e os processos envolvidos, normalmente, opta-se por alguns critérios em detrimento a outros, sendo selecionados pelos gestores, usualmente sendo utilizado em algum recurso computacional de apoio. Esse tipo de escolha, onde mais de um aspecto e ponto de vista são considerados, é chamado de decisão baseada em multicritério, multiatributo ou multiobjetivo (GOMES *et al.*, 2002).

Existem diferentes métodos de decisão multicritério. Alguns destes métodos utilizam decomposição hierárquica do conjunto de ações possíveis, categorizando-as em melhores ações, piores ações e ações que necessitam de revisão (GOMES *et al.*, 2002; BORTOLUZZI *et al.*, 2011). Como resultado espera-se a definição de ações satisfatórias, se possível apenas uma ação específica. Estas ações podem ser tratadas com ferramentas, como sistema de apoio à decisão, que utiliza simulação e análise de cenários.

Análise de decisão multicritério, do inglês *Multiple-criteria decision analysis* (MCDA) ou *Multiple-criteria decision making* (MCDM) é um tema oriundo da pesquisa operacional e trata da fundamentação, normalmente matemática e das ferramentas computacionais. Ambos, a fundamentação e as ferramentas, têm o propósito de apoiar a avaliação subjetiva de um número finito de alternativas de decisão sob um número finito dos critérios de desempenho. Esta avaliação é realizada por um único tomador de decisão ou por um grupo (LOOTSMA, 1999). Assim, os métodos multicritérios usam conceitos de diferentes campos, que inclui matemática, administração, economia, informática, engenharia de software e sistemas de informação.

Desde a década de 1960, os métodos multicritérios têm sido tema de pesquisas e há grande número de publicações científicas e livros com aplicações práticas. Tais métodos têm o objetivo de propiciar aos gestores uma alternativa preferencial, por meio de classificação das alternativas em categorias, definindo assim uma preferência subjetiva dos participantes. Discussão sobre alguns destes métodos podem ser encontrados em trabalhos de revisão de literatura (VAIDYA; KUMAR, 2006; HO, 2008; BEHZADIAN *et al.*, 2010).

Alguns trabalhos sobre gestão de energia elétrica trazem a utilização destes métodos, sozinhos ou associados a outros métodos para um determinado fim. Para a avaliação e seleção dos métodos foram considerados alguns mais importantes que tratam de geração de energia e suas tecnologias, assim como objetivam o desempenho do sistema energético. Kaya e Kahraman (2011) trazem uma metodologia modificada de um método multicritério para selecionar a melhor tecnologia de geração de energia de acordo com os aspectos técnicos, econômicos ambientais e sociais. Os autores Bi *et al.* (2018) utilizam de uma variação de método multicritério para investigar o desempenho das empresas geradoras de energia que utilizam carvão e, também, para a tentativa de se estabelecer uma redução na emissão de poluentes.

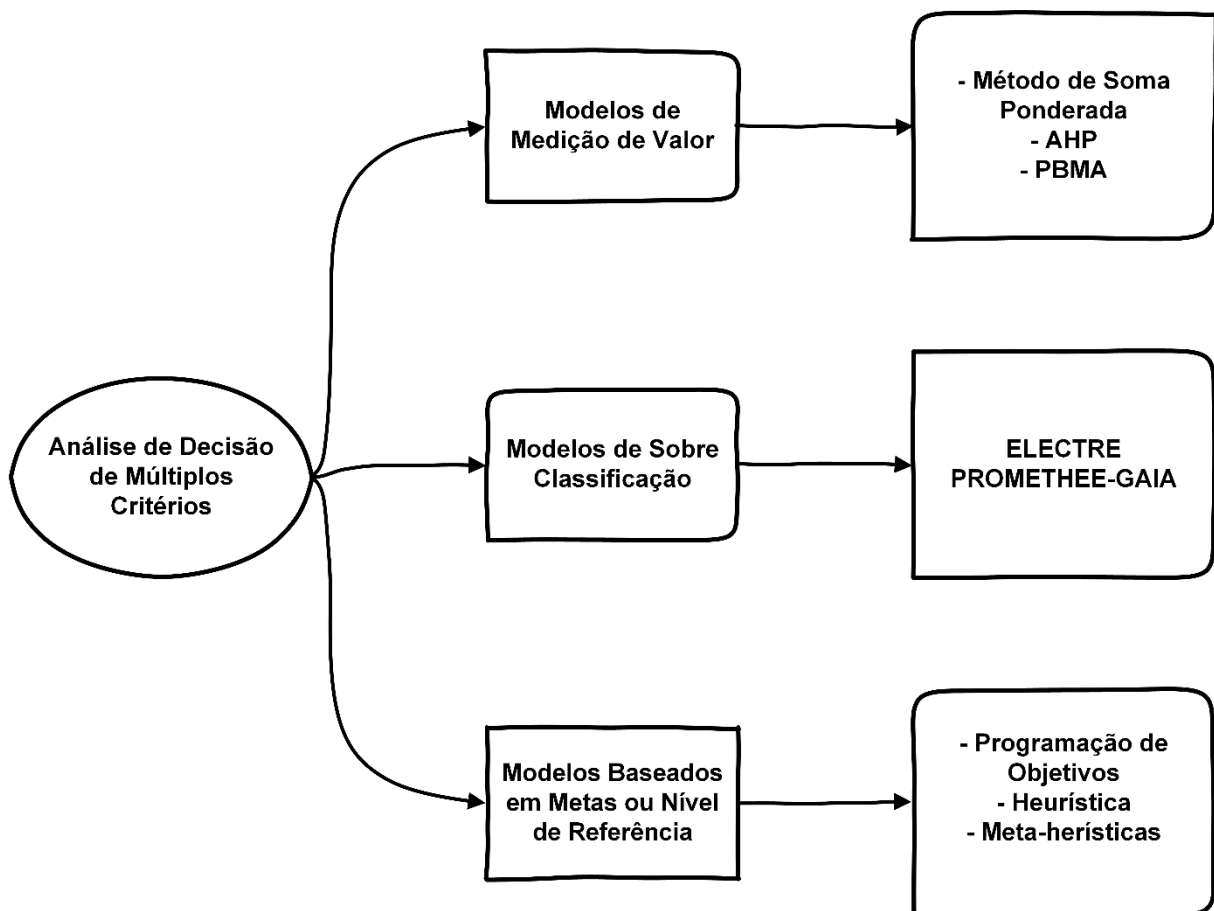
Para esta pesquisa, foram estudados diversos métodos e foi definida a utilização de um método amplamente utilizado e de fácil compreensão para sua utilização entendimento por partes dos usuários, no caso gestores e decisores do setor energético onde, por meio da opinião de especialistas em determinado assunto, possa auxiliar em soluções de problemas complexos.

Ainda sobre decisões estratégicas, os gestores avaliam as alternativas disponíveis e escolhem uma opção com base em critérios específicos (NUTT, 2011). Este estudo identifica a hierarquia na tomada da decisão para geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis. Apresentados em outro capítulo deste trabalho, foram selecionados os parâmetros considerados mais relevantes pelos gerentes durante a tomada de decisões desta natureza, especificamente.

Thokala e Duenas (2012) propõem uma classificação das abordagens de métodos multicritérios em três categorias: modelos de mensuração de valor, modelos de sobre classificação (*outranking*) e modelos baseados em metas ou nível de referência.

A figura abaixo apresenta essa classificação dos autores.

**Figura 3: classificação dos métodos multicritérios**



Fonte: Adaptado de Thokala e Duenas, 2012, p.1173.

Os métodos, em siglas, apresentados na figura anterior são o *Programme Budgeting and Marginal Analysis* (PBMA), o *Analytic Hierarchy Process* (AHP), o *Elimination Et Choix Traduisant*

*la Réalité* (ELECTRE) e o *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations* (PROMETHEE-GAIA), respectivamente.

Os modelos de mensuração de valor, dentre eles o AHP utilizado no desenvolvimento desta pesquisa, são aqueles que permitem que funções de valoração sejam aplicadas para se mensurar uma opção em relação a outra. Alguns exemplos de métodos estabelecidos que utilizam essa abordagem são os métodos baseados na *multi-attribute utility theory* (MAUT). Estes métodos, como no caso do modelo de soma ponderada (*Weighted Sum Method*) e o método de análise marginal, são indicados para se avaliar os benefícios e custos de um investimento proposto, principalmente e inclusive na área de saúde (PEACOCK *et al.*, 2007; THOKALA; DUENAS, 2012). Além destes, existem os métodos baseados em análise hierárquica, como o AHP (SAATY; VARGAS, 2001; DANNER *et al.*, 2017), o qual será discutido nas próximas subseções.

A abordagem de Thokala e Duenas (2012), fornece a conceituação de alguns métodos baseados na mensuração de valor, dentre eles, o AHP. Para os autores, o grau em que uma opção de decisão é preferível em relação às demais é representado pela definição das ponderações sobre os valores. Estas ponderações são obtidas, inicialmente, para cada critério individual e, posteriormente, agregadas em valores de nível superior.

Nos métodos sobre classificação, as alternativas são comparadas aos pares, inicialmente em termos de cada critério, com o objetivo de confirmar e mensurar a preferência de um critério em relação aos demais. As informações de preferência dos critérios, então, são agregadas para estabelecer a preferência e a seleção de uma alternativa em detrimento às outras (THOKALA; DUENAS, 2012).

Os modelos baseados em metas envolvem a derivação das alternativas mais próximas de atingirem os níveis considerados satisfatórios, predefinidos para cada critério (THOKALA; DUENAS, 2012).

Alguns trabalhos tratam de características específicas de outros métodos multicritérios (BALMAT *et al.*, 2011; BEHZADIAN *et al.*, 2010; HUANG *et al.*, 2011). A seguir são descritas de forma sucinta algumas dessas características dos métodos descritos em problemas similares ao desta pesquisa.

Primeiramente, teoria fuzzy ou dos conjuntos difusos é uma extensão da teoria dos conjuntos clássica que permite resolver problemas relacionados ao tratamento de dados imprecisos e incertos. A teoria fuzzy leva em consideração a informação insuficiente e a evolução do conhecimento disponível (BALMAT *et al.*, 2011). Permite entrada imprecisa e possibilita definição de regras para abranger problemas complexos. Justamente por tal complexidade, por vezes, podem ser difíceis de se desenvolver.

A teoria fuzzy pode ser considerada bastante difundida e tem sido usada em aplicações como engenharia, econômica, ambiental, social, médica e gerencial. Muitos desses problemas

requerem o tratamento de informações imprecisas. É muito recorrente se deparar com trabalhos que tratam de decisões que se utilizam da teoria fuzzy ou sua associação com outros métodos.

Esogbue *et al.* (1992) tratam de decisões no planejamento de recursos hídricos aplicando metodologias da teoria fuzzy. Para definirem as ações, os autores optam por incorporar dados estruturais e não estruturais no modelo aplicado. Por este modelo, os autores propuseram fornecer uma classificação de ações que reduza danos causados por inundações recorrentes.

Khadam e Kaluarachchi (2003) sugerem que, primeiramente, a análise de custo-benefício é o principal método para análise de decisão ao abordar projetos ambientais. Demonstram que esta análise tem limitações e propuseram várias técnicas de avaliação de risco. Para isso, utilizaram três métodos diferentes para se chegar a uma classificação alternativa, sendo uma análise estruturada de decisão, uma abordagem heurística de importância da ordem dos critérios e uma abordagem da teoria fuzzy.

Assim, as aplicações deste método tratam da imprecisão de dados e informações e pode ser necessária uma quantidade considerável de testes antes de serem empregados em problemas reais.

Outro método bastante difundido é o PROMETHEE, citado anteriormente uma de suas variações PROMETHEE-GAIA. Entre suas características se destaca na necessidade de várias iterações e está entre os métodos de sobre classificação (*outranking*). Existem várias versões com diferentes aplicações, incluindo o PROMETHEE I para classificação parcial das alternativas e o PROMETHEE II para classificação completa das alternativas, ambos desenvolvidos e apresentados na década de 1980. Surgiram outras variações do método, como o PROMETHEE III para classificação com base em intervalo, o PROMETHEE IV para classificação completa ou parcial das alternativas quando o conjunto de soluções viáveis é contínuo. Variações mais recentes são o PROMETHEE V para problemas com restrições de segmentação e o PROMETHEE VI para a representação do cérebro humano (BEHZADIAN *et al.*, 2010).

Esse método apresenta facilidade de uso e não supõe, necessariamente, que os critérios sejam proporcionais ou ponderados. Tem a desvantagem de não especificar como é feita a atribuição de pesos. Apesar de necessária atribuição de valores, não fornece uma definição clara de como é realizada a ponderação.

O PROMETHEE tem sido utilizado em gestão ambiental, hidrologia e gestão da água, gestão comercial e financeira, química, logística e transporte, fabricação e montagem, gestão de energia e agricultura. O PROMETHEE é utilizado há muitas décadas e sua facilidade de uso o tornou um método comum à medida que sua forma de realizar as iterações têm melhorado (BEHZADIAN *et al.*, 2010).

Um método classificado como de mensuração de valor e bastante evidenciado em trabalhos recentes é o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) já mencionado. A mensuração de valor

realizada no método AHP avalia os critérios possíveis envolvidos no processo decisório de forma ágil e, baseado em matrizes de julgamentos, é de fácil entendimento e com diversificadas aplicações. Pela fundamentação matemática aplicada às variáveis do problema, obtém-se uma hierarquia. Essa hierarquia é considerada uma abstração da estrutura do sistema em estudo (SAATY, 2008).

A principal característica do método AHP é o uso de comparações em pares, que são usadas para comparar as alternativas em relação aos vários critérios e para estimar o peso ou ponderação destes critérios (LOKEN, 2007). O criador do método, Saaty (2008), afirma que as comparações entre pares são obtidas questionando diretamente as pessoas, que podem ou não ser especialistas, mas estão familiarizadas com o problema. Considera ainda que as pessoas são frequentemente inconsistentes, mesmo com as prioridades bem definidas e requer medidas para se trabalhar tal inconsistência.

Huang *et al.* (2011) afirmam que o AHP permite e auxilia na resolução de problemas complexos, que envolvam critérios subjetivos na tomada de decisão.

Bentes *et al.* (2012) examinam uma empresa de telecomunicações no Brasil e avaliam seu desempenho organizacional usando o AHP para priorizar perspectivas e indicadores relacionados. O AHP é usado em combinação com o *Balanced Scorecard* (BSC), uma estrutura para avaliação de desempenho, para classificar corretamente as alternativas. O BSC avalia especificamente o desempenho organizacional de várias perspectivas distintas. Esta estrutura revelou os critérios e as alternativas associadas. Assim, o AHP foi usado para realizar as comparações, as ponderação e as classificações. Com quatro critérios e três alternativas, o AHP conseguiu lidar com as múltiplas medidas e perspectivas descritas no trabalho.

Um conjunto de critérios pode, então, ser classificado como a combinação de comparações entre pares (tomado em grupos de dois), com eventuais inconsistências encontradas (devido à multiplicidade de comparações emparelhadas entre todos os critérios do grupo, realizadas separadamente) sendo interpretadas como erros do processo cognitivo. Os erros são normalmente eliminados, tomando alguma média conveniente dos resultados das comparações emparelhadas.

Sousa *et al.* (2017) usam o AHP para identificar perdas de qualidade no processo de produção dentro de uma organização. Os fatores que geram perda na qualidade foram considerados os critérios a serem priorizados. Os autores desse estudo conseguiram afirmar que havia perda na qualidade e através do método, demonstraram um ranking das perdas na qualidade relativa a esses critérios e foi possível, assim, apresentar um modelo de priorização das perdas em qualidade na organização.

Este estudo visa contribuir para o processo de investigação e levantamento de parâmetros inerentes às decisões estratégicas do setor energético. A motivação por tal pesquisa foi a identificação da necessidade de se compreender os processos cognitivos dos

indivíduos envolvidos no processo decisório e assim identificar elementos que possam auxiliar a tomada de decisões, mas que, não necessariamente, estejam descritos ou sejam citados nas fontes de informações utilizadas.

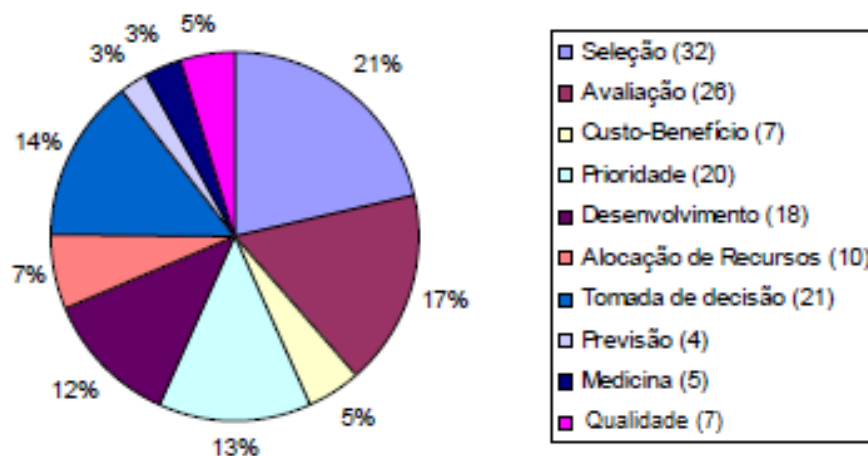
A próxima seção aborda e conceitua o método baseado em mensuração de valores utilizado nessa pesquisa e descreve a identificação dos parâmetros associados.

### 3.1 Método de Análise Hierárquica

A diversidade de aplicações em diferentes áreas do conhecimento foi um diferencial para a aplicação do AHP nessa pesquisa. Vaidya e Kumar (2006) fazem uma revisão de literatura das aplicações da AHP. Nesse trabalho os autores referenciam 154 artigos publicados em jornais e revistas internacionais. No levantamento realizado por estes autores foi possível perceber a relevância e a recorrência da escolha por este método multicritério.

A seguir, o Gráfico 1 ilustra a divisão destas aplicações por áreas e nota-se a abrangência dos trabalhos que fizeram uso deste método multicritério:

**Gráfico 1: Aplicação AHP por Temas Específicos**



Fonte: adaptado de VAIDYA; KUMAR, 2006.

Para Costa (2002), o AHP está baseado em três princípios que sintetizam as etapas para a sua aplicação:

- Construção de hierarquias: o problema é estruturado em níveis hierárquicos e é uma etapa fundamental para a compreensão do mesmo.

- Definição de prioridades: fundamenta-se na capacidade de se perceber as relações entre objetos e situações diversas. Utiliza-se a comparação entre os pares de critérios.

- Consistência lógica: permite avaliar o modelo de priorização construído em relação à consistência utilizando-se de conceitos matemáticos, principalmente princípios e propriedades de matrizes.



Segundo Dutra e Fogliatto (2007), o AHP tem sido bem referenciado em aplicações práticas, devido a sua flexibilidade. Dentre as aplicações descritas pelos autores estão: alocação de recursos, previsões, avaliação e classificação de fornecedores.

### 3.1.1 Fundamentos do AHP

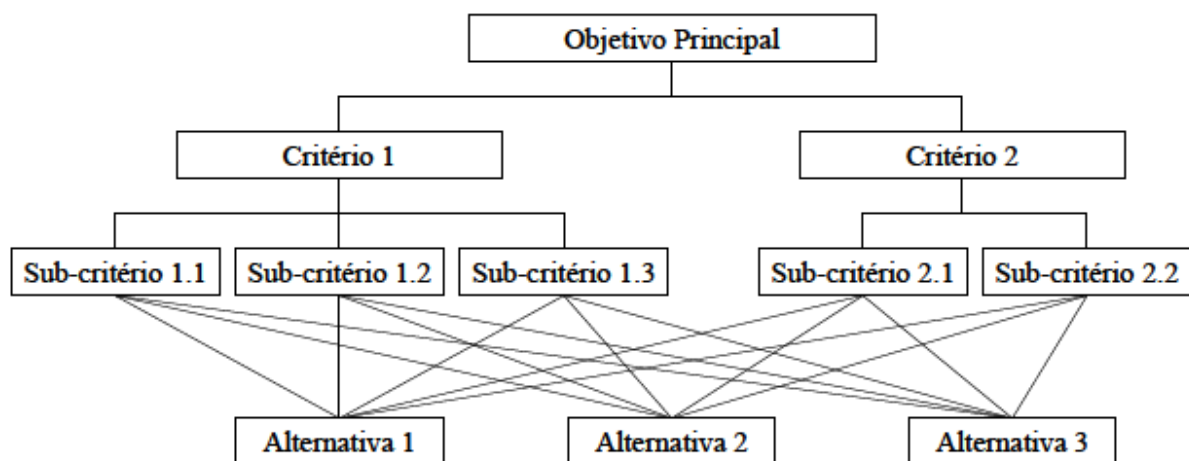
Pela definição de Saaty (1990, 2001), as decisões baseadas no AHP são realizadas em duas fases: a primeira diz respeito à estruturação do problema em níveis hierárquicos, o que facilita a compreensão e avaliação do mesmo. A outra etapa condiz com a avaliação par a par entre os critérios ou a definição de prioridades.

Para a aplicação desta metodologia é necessário que tanto os critérios quanto as alternativas possam ser estruturadas de forma hierárquica, sendo que no primeiro nível da hierarquia corresponde ao propósito geral do problema, o segundo aos critérios e o terceiro as alternativas a serem consideradas.

No capítulo de metodologia está descrito os procedimentos adotados para a identificação e adequação dos indicadores. Destes indicadores foram considerados os termos que melhor representam os parâmetros utilizados nas decisões do setor energético. A utilização do termo critério nesta seção condiz com a aproximação da tradução mais exata da especificação do método. Ao utilizar a hierarquia dos problemas propostos nesta pesquisa, então, os critérios aqui representados e ilustrados condizem com os parâmetros definidos pelos procedimentos metodológicos destacados anteriormente.

Assim, a hierarquia entre objetivo (meta), critérios e alternativas é ilustrado na Figura 3, e permite apresentar outros níveis de critérios, além dos ilustrados. Para o presente estudo são considerados três níveis, sendo eles o objetivo global, os critérios e as alternativas, eliminando-se assim níveis subsequentes de critérios.

**Figura 4: Hierarquização de Problemas**



Fonte: Adaptado de Saaty 1990, 2001.

A fase de avaliação par a par consiste na consideração, por parte dos avaliadores ou gestores, da percepção do relacionamento entre os elementos envolvidos e as situações de tomada de decisão. Realizam-se então as comparações entre pares dos critérios e alternativas, dentro de determinado contexto, em observância a um critério específico ou aos julgamentos paritários. A matriz resultante é ilustrada a seguir:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1j} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2j} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & 1 & \dots & a_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & 1 & \dots \\ 1/a_{1j} & 1/a_{2j} & 1/a_{3j} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

A comparação realizada entre os pares gera, então, matrizes quadradas. Destas matrizes observa-se que o número na linha  $i$  e na coluna  $j$  dá a importância do critério  $C_i$  em relação à  $C_j$ .

Os elementos  $a_{ij}$  indicam o julgamento do par de critérios ( $C_i, C_j$ ) e  $\alpha$  o valor da intensidade de importância. Saaty (1990) define as seguintes regras para cada elemento  $a_{ij}$  da matriz:

Se  $a_{ij} = \alpha$  então  $a_{ji} = 1/\alpha$ ,  $\alpha \neq 0$ .

Se  $C_i$  é definido com a mesma importância relativa de  $C_j$ , então  $a_{ij} = 1$ .

$a_{ii} = 1$  para todo  $i$ .

A explicação matemática dos conceitos aqui utilizados, desde matrizes ao cálculo de autovetores, são detalhados em trabalhos anteriores (BARACHO *et al.*, 2014; BONATTI; BARACHO, 2015) e estão apresentadas no Apêndice B do presente trabalho. Já a aplicação da situação em que se basearam parte dos resultados e das considerações estão descritos nos respectivos capítulos.

Costa (2002) sugere que, para a aplicação do método multicritério é necessário cumprir as seguintes etapas:

- Julgamentos paritários: julgamento par a par entre os elementos de um nível da hierarquia com o uso de escala específica. Como resultado, estas comparações determinam as importâncias relativas (peso) de cada critério. São geradas matrizes recíprocas, onde a parte superior corresponde aos julgamentos e a inferior se refere ao peso diretamente inverso do julgamento realizado.

- Normalização das matrizes de julgamento: obtenção de quadros normalizados através da soma dos elementos de cada coluna das matrizes de julgamento e posterior divisão de cada elemento destas matrizes pelo somatório dos valores da respectiva coluna. O cálculo compreende o somatório dos elementos de cada coluna e a divisão de cada elemento da coluna pelo respectivo somatório. A matriz que resulta do processo é chamada de matriz normalizada.

A comparação pareada de critérios e a geração das matrizes de julgamento têm o objetivo de representar matematicamente a preferência do indivíduo. O método de Saaty faz esses cálculos de comparações aos pares, com base matemática robusta.

Para a comparação entre pares de critérios utiliza-se uma tabela de importância relativa. O próximo quadro mostra a escala de julgamento proposta por Saaty (1990, 2001).

**Quadro 1: Escala de Julgamento de Pesos**

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

Fonte: Adaptado de Saaty, 1990, 2001.

Continuando a sequência de etapas necessárias identificadas por Costa (2002), realiza-se o cálculo das prioridades globais representadas por um vetor, onde:

- cálculo das prioridades globais: nesta etapa deseja-se identificar um vetor de prioridades global que armazene a prioridade associada a cada alternativa em relação ao objetivo principal.

Em termos matemáticos, esse vetor resultante sobre a matriz normalizada é o peso relativo do critério, sendo o cálculo realizado distintamente para cada um dos níveis de julgamento. Esse cálculo é, em definição, determinado por:

$$W = [W_k] \text{ onde } W_k = \frac{\sum_{i=1}^n a'_{ij}}{n} \text{ para } 1 \leq j \leq n, \text{ e } 1 \leq k \leq n.$$

Pela expressão, cada um dos elementos do vetor resultante é a média das linhas da matriz de julgamento já normalizada.

A próxima tabela representa uma matriz de julgamento utilizada na validação do método em trabalho anterior (BONATTI, 2015) e ilustra parte do desenvolvimento da metodologia, sobre

o julgamento entre os pares de critérios. Os elementos que compõem a coluna representam os critérios considerados e estão também, na mesma ordem, dispostos nas linhas.

**Tabela 1: Matriz de Julgamento**

<b>Global</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>
<b>C1</b>	1	2	5	7	3
<b>C2</b>	1/2	1	2	5	3
<b>C3</b>	1/5	1/2	1	5	1/2
<b>C4</b>	1/7	1/5	1/5	1	1/3
<b>C5</b>	1/3	1/3	2	3	1

Fonte: elaborado pelo autor.

A normalização dessa matriz de julgamentos resulta no vetor de prioridade global (VPG). Para obtê-lo, realiza-se a divisão de cada elemento pelo somatório de sua respectiva coluna. O vetor obtido está destacado na próxima tabela como VPG:

**Tabela 2: Normalização da Matriz e Cálculo do VPG**

<b>Global</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>	<b>VPG</b>
<b>C1</b>	0,46	0,50	0,49	0,33	0,38	<b>0,43</b>
<b>C2</b>	0,23	0,25	0,20	0,24	0,38	<b>0,26</b>
<b>C3</b>	0,09	0,12	0,10	0,24	0,06	<b>0,12</b>
<b>C4</b>	0,07	0,05	0,02	0,05	0,04	<b>0,05</b>
<b>C5</b>	0,15	0,08	0,20	0,14	0,13	<b>0,14</b>

Fonte: elaborado pelo autor.

O resultado final do julgamento é a associação desse vetor (VPG) com os vetores de prioridade média local (PML).

Ainda de acordo com Costa (2002):

- o cálculo das prioridades médias locais (PML), se assemelha ao cálculo da prioridade global e consiste nas médias das linhas da matriz normalizada, gerando assim o vetor de prioridades (autovetor). As matrizes consideradas, entretanto, são as matrizes de julgamento das alternativas sob a perspectiva de cada critério considerado.

A PML permite uma avaliação de todas as alternativas em relação a cada critério, uma por uma. Não é possível, no entanto, fazer um julgamento global da perspectiva de apenas um critério. O mesmo processo segue para todos os critérios identificados. Todo esse processo é realizado pelo protótipo.

É necessário obter todas as matrizes de julgamento e o respectivo cálculo de todos as PML. Após o cálculo de todos estes vetores, o cálculo é aplicado também à todas as alternativas em relação ao objetivo geral.

Para o exemplo proposto, foram encontrados os vetores de prioridade local. A normalização e o cálculo da PML se repete para cada um dos critérios, neste caso sobre as cinco matrizes resultantes dos julgamentos das fontes (alternativas) e dos critérios.

De posse do vetor de prioridade global (VPG) e os vetores de prioridade média local (PML) pôde-se obter a prioridade global (PG), que representa o resultado final alcançado pelos julgamentos e pelos cálculos realizados.

A Tabela 3 apresenta o resultado das matrizes de julgamento normalizadas e o PML sob o foco de cada um dos critérios:

**Tabela 3: Vetores de Prioridade Média Local**

Disponibilidade do Recurso Energético					PML C1
C1	EOL	FOTO	PCH	BIO	
EOL	0,54	0,62	0,47	0,42	0,51
FOTO	0,18	0,21	0,32	0,25	0,24
PCH	0,18	0,10	0,16	0,25	0,17
BIO	0,11	0,07	0,05	0,08	0,08

Rentabilidade					PML C2
C2	EOL	FOTO	PCH	BIO	
EOL	0,54	0,36	0,57	0,62	0,52
FOTO	0,11	0,07	0,06	0,03	0,07
PCH	0,27	0,36	0,28	0,26	0,29
BIO	0,08	0,21	0,09	0,09	0,12

Domínio da Tecnologia					PML C3
C3	EOL	FOTO	PCH	BIO	
EOL	0,11	0,12	0,12	0,07	0,10
FOTO	0,05	0,06	0,09	0,03	0,06
PCH	0,53	0,41	0,60	0,67	0,55
BIO	0,32	0,41	0,20	0,22	0,29

Impacto Ambiental					PML C4
C4	EOL	FOTO	PCH	BIO	
EOL	0,43	0,44	0,37	0,37	0,40
FOTO	0,43	0,44	0,47	0,52	0,47
PCH	0,06	0,05	0,05	0,04	0,05
BIO	0,09	0,06	0,11	0,07	0,08

Alinhamento Regulatório					PML C5
C5	EOL	FOTO	PCH	BIO	
EOL	0,51	0,52	0,45	0,53	0,51
FOTO	0,26	0,26	0,27	0,27	0,26
PCH	0,10	0,09	0,09	0,07	0,09
BIO	0,13	0,13	0,18	0,13	0,14

Fonte: elaborado pelo autor.

Tanto o vetor de prioridade global como os vetores de prioridade média local aferidos são, então, utilizados para o cálculo da prioridade global, sendo o resultado final a ser obtido pela aplicação do método. Os elementos da PG representam, dessa forma, os desempenhos das alternativas sob a perspectiva do objetivo global. A determinação da PG é o resultado da agregação de pesos sobre a hierarquia do problema. O resultado é um único valor de peso para as cada uma das alternativas consideradas.

Neste exemplo apresentado, o vetor de prioridade global (VPG) pode ser representado em outra disposição para melhor entendimento do cálculo da prioridade global, a ser demonstrado.

Para visualizar o VPG em uma única linha de valores, para cada critério, segue a tabela:

**Tabela 4: Vetor de Prioridade Global - Exemplo**

<i>Obj. Global</i>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>
	0,43	0,26	0,12	0,05	0,14

Fonte: elaborado pelo autor.

O próximo cálculo representa a PG calculada a partir das matrizes de julgamentos e os vetores definidos para este exemplo. Para a realização do cálculo da PG considera-se todas as alternativas e os critérios, representados pelas PML e pelo VPG, identificados anteriormente. A disposição do somatório a seguir consiste na multiplicação dos elementos do vetor de prioridade global pelas respectivas posições dos vetores de prioridades médias, de cada um dos critérios considerados.

Assim,

$$PG_{A1} = (0,43 \times 0,51 + 0,26 \times 0,52 + 0,12 \times 0,10 + 0,05 \times 0,40 + 0,14 \times 0,51) = \mathbf{0,46}$$

$$PG_{A2} = (0,43 \times 0,24 + 0,26 \times 0,07 + 0,12 \times 0,06 + 0,05 \times 0,47 + 0,14 \times 0,26) = \mathbf{0,19}$$

$$PG_{A3} = (0,43 \times 0,17 + 0,26 \times 0,29 + 0,12 \times 0,55 + 0,05 \times 0,05 + 0,14 \times 0,09) = \mathbf{0,23}$$

$$PG_{A4} = (0,43 \times 0,08 + 0,26 \times 0,12 + 0,12 \times 0,29 + 0,05 \times 0,08 + 0,14 \times 0,14) = \mathbf{0,12}.$$

Para todas as alternativas o cálculo se repete alterando apenas os valores que competem à representatividade das alternativas sob o foco dos critérios. O vetor das prioridades globais das alternativas resultante é:

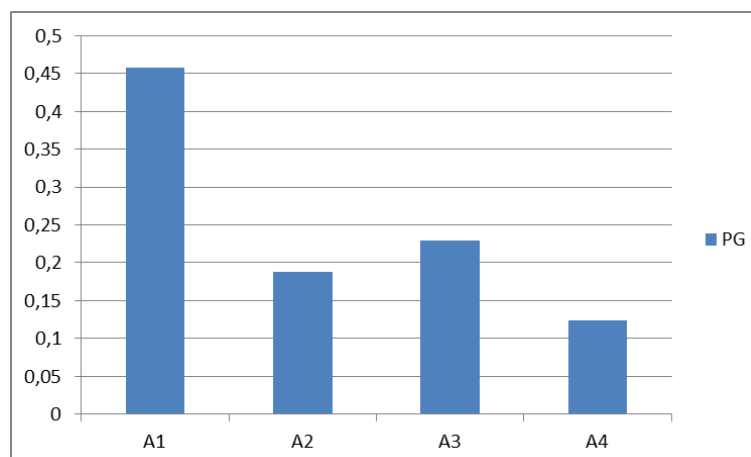
**Tabela 5: Prioridade Global - Exemplo**

	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>
<b>PG</b>	0,46	0,19	0,23	0,12

Fonte: elaborado pelo autor.

Esse valor representa a Prioridade Global para o problema específico aqui ilustrado e também pode ser representado pelo gráfico a seguir:

Gráfico 2: Prioridade Global - exemplo



Fonte: elaborado pelo autor.

A Prioridade Global representa, dentre as alternativas (A1, A2, A3 e A4), a que mais se adequa à opinião do gestor ou gestores, baseada nos julgamentos realizados entre os pares de critérios e alternativas.

Como a base do método AHP é a realização de um julgamento de valor, pode-se esperar em algumas situações, avaliações inconsistentes. Prevendo essa eventualidade, Saaty (1990) propõe procedimentos que permitem avaliar a consistência dos julgamentos. Para Freitas e Trevizano (2005) essa etapa define a consistência lógica, baseando-se na habilidade de estabelecer relações coerentes entre objetos ou ideias e garantir que estas relações apresentem consistência mensurável.

Para isso, o Índice de Consistência (IC) (*Consistency Index -CI*) avalia o grau de inconsistência da matriz de julgamentos paritários, e é obtido pela seguinte equação:

$$IC = \frac{|\lambda_{\max} - N|}{N - 1}$$

Onde,  $N$  é a ordem da matriz e  $\lambda_{\max}$  é o maior autovalor da matriz de julgamentos par a par.

Assim o método AHP se propõe a calcular a Razão de Consistência dos julgamentos, denotada por  $RC = IC/IR$ , onde  $IR$  é o Índice de Consistência Randômico obtido para uma matriz recíproca de ordem  $N$ , com elementos não-negativos e gerada randomicamente.

Sendo o  $IR$  o índice de consistência obtido para uma matriz randômica recíproca, com elementos não negativos, utiliza-se a aproximação por Saaty (1990) como é demonstrado:

Tabela 6: Índice de Consistência Randômico

Ordem da Matriz (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Valores de IR	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51

Fonte: Adaptado de Saaty (1990).

Ainda de acordo com Saaty (1990, 2001), a condição de consistência dos julgamentos é que **RC** seja  $\leq 0,10$ . Se **RC** for  $\geq 0,10$ , para o autor, talvez seja necessário refazer a matriz de julgamentos.

Essa seção apresenta o método AHP, os conceitos matemáticos envolvidos e a explicação dos procedimentos a serem utilizados para a elaboração da análise multicritério.

O próximo capítulo trata dos passos metodológicos seguidos para atingir os objetivos e determinar a aplicação do experimento desta pesquisa.



## 4 Metodologia

Para responder à questão de pesquisa, como a identificação de parâmetros intangíveis pode alterar decisões estratégicas, adotou-se a abordagem qualitativa e fez-se uso de estudo de caso. Seguindo o escopo do objetivo geral desta pesquisa, foi realizado um estudo comparativo sobre as decisões estratégicas que fazem uso de parâmetros intangíveis em relação aos resultados obtidos considerando-se apenas os parâmetros mensurados e identificados. Para o desenvolvimento, considerou-se o setor específico que trata de decisões em novos empreendimentos para geração de energia elétrica a partir de fontes alternativas. Esta pesquisa é fundamentada no aprofundamento e em continuidade de estudos anteriores (BONATTI; BARACHO, 2015) e em sua característica exploratória, segundo Sellitz *et al.* (1974), formulou-se tal problema para investigação.

Esta é uma pesquisa que retrata um problema real. Sendo estudado um fenômeno complexo e que define uma relação entre as concessionárias energéticas e a comunidade, gera valor para ambas as partes e envolve diversas variáveis (YIN, 2010).

Para cumprimento dos objetivos traçados, foram realizadas entrevistas em dois momentos cronologicamente distintos, devidamente registrados e dois questionários, aplicados paralelamente às entrevistas.

As primeiras entrevistas se referem ao levantamento de indicadores, além do trabalho de identificação do fluxo informacional do setor energético, condizente ao contexto específico mencionado anteriormente. Paralelamente à realização das entrevistas foi elaborado um questionário que teve o objetivo de se validar os termos recorrentes nas primeiras entrevistas e que pudessem agrupá-los em duas categorias, a saber, Indicadores Econômicos e Indicadores do Setor Energético.

A segunda parte das entrevistas realizadas se refere ao processo de condensação destes indicadores em termos que fossem passíveis de aplicação de um método multicritério específico. Para isso, se observou a delimitação do número de critérios a serem utilizados e procurou-se, por meio da disponibilização de outro questionário, validar a representatividade das sugestões dos termos que foram levantados no início da obtenção das respostas dessas respectivas entrevistas.

A identificação das variáveis que compõem o cenário do setor estudado, a avaliação de métodos multicritérios e o estudo comparativo dos resultados obtidos são etapas metodológicas descritas nas próximas subseções.

### 4.1 Identificação do Fluxo Informacional

A identificação de indicadores, a avaliação do ambiente de negócios e a evolução setorial são partes da análise de oportunidades e de ameaças em relação aos concorrentes ou

a um setor de mercado (CHIAVENATO; SAPIRO, 2003). Para Strohmaier (2005), processos de negócios impõem implicações para o desenvolvimento de infraestruturas de conhecimento organizacional e para a definição de um fluxo informacional o que possibilita maior compreensão destes processos e os papéis dos envolvidos.

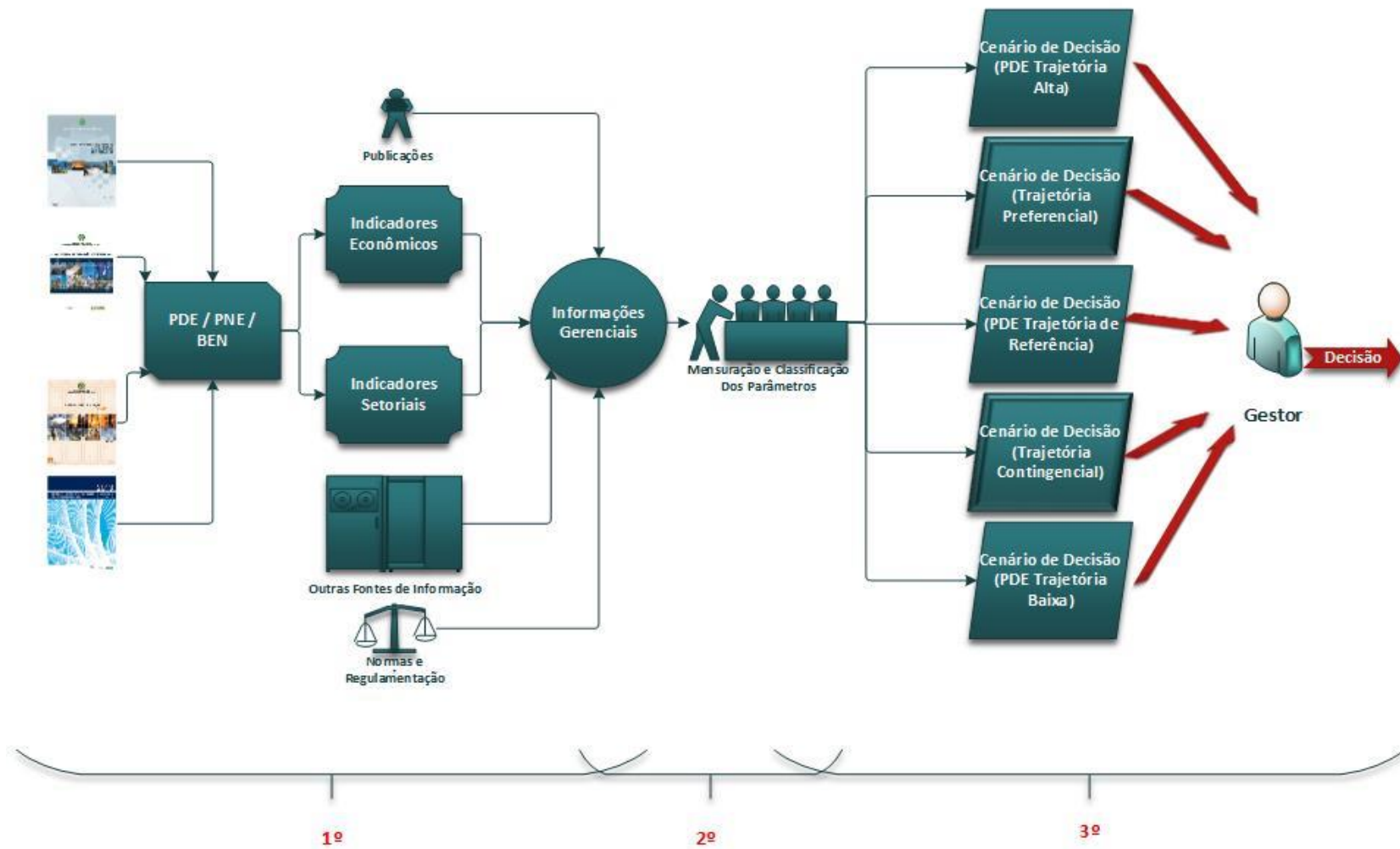
O fluxo informacional representa alguns dos estágios do processo decisório do setor analisado. Os estágios assinalados representam os documentos e as fontes de informação consideradas para o cenário de tomada de decisões estratégicas, a elaboração de uma proposta de investimento baseado na demanda e disponibilidade dos recursos energéticos e a aplicação de um método multicritérios específico, respectivamente. O método considerado no caso o *Analytic Hierarchy Process*, que foi definido por Saaty (1990, 2001) na década de 1980, o qual é abordado em capítulo reservado ao estudo deste e outros métodos multicritérios.

As fontes de informação ilustradas foram apresentadas em trabalho anterior (BARACHO *et al.*, 2014). Realizado o estudo inicial dos documentos governamentais e de legislação específica do setor, tais como especificados no Apêndice A – Regulação e Documentos Governamentais, foi possível coletar informações inerentes ao tipo de negócio proposto e definir a representação gráfica do fluxo informacional do setor estudado (BONATTI *et al.*, 2016; BONATTI; BARACHO, 2015; BARACHO *et al.*, 2014).

Realizou-se, então, entrevistas semiestruturadas sobre os indicadores que foram inicialmente identificados. No total, vinte e um gestores e especialistas participaram dessa fase. O roteiro foi direcionado para a coleta e a correta identificação dos indicadores que influenciam a tomada de decisões estratégicas do setor. Notou-se que alguns termos foram recorrentes nas entrevistas. A amostra, sendo composta por gerentes e pessoas de alto poder decisório das concessionárias energéticas além de consultores e especialistas com avançados anos de atuação no mercado de geração de energia, auxiliou e promoveu a definição dos termos mais relevantes para as decisões do setor energético.

A aplicação de um questionário, nessa etapa de pesquisa, contou com a participação de dezessete respondentes de alto poder decisório de concessionárias energéticas e do setor energético. Este questionário auxiliou na definição dos termos que mais condizem que o setor estudado, na opinião dos respondentes e dos entrevistados. O questionário seguiu a mesma disposição de roteiro das entrevistas e as respostas de ambos são apresentadas no capítulo de resultados.

Figura 5: Fluxo Informacional do Processo Decisório



Nos documentos mencionados como fontes informacionais na figura anterior e, pelas respostas obtidas da apresentação destes aos entrevistados pelo questionário, foi possível confirmar a frequência de alguns termos. A categorização destes termos em Indicadores Econômicos e Indicadores do Setor Energético foi utilizada então para a próxima etapa, onde se procurou associar estes termos entre si, pela característica ou origem. O objetivo dessa síntese de indicadores foi buscar a equivalência de significados, e permitiu a definição dos parâmetros intangíveis, considerados no decorrer deste trabalho.

O próximo quadro agrupa e categoriza os indicadores entre econômicos e do setor energético:

**Quadro 2: Indicadores do setor energético**

Indicadores Econômicos	Indicadores do Setor Energético
<b>Crescimento Demográfico</b>	Carga de Energia (MW médio)
<b>PIB per Capita</b>	Carga de Demanda
<b>Consumo de Energia Elétrica*</b>	Capacidade Instalada
<b>Consumo de Energia Elétrica per Capita</b>	Estimativa de Investimentos / Benefícios
<b>Intensidade Elétrica do PIB (KW/R\$)</b>	Emissões de Poluentes (CO2 principal)
	Projeções de Consumo Total
<b>*inclui autoprodução</b>	Natureza da Fonte de Energia Elétrica

Fonte: BONATTI; BARACHO 2015, p.65.

Realizou-se o acompanhamento das publicações estudadas e das quais se obteve, inicialmente, este levantamento de indicadores. Alguns documentos tiveram significativa alteração em termos de conteúdo e sobre o formato de apresentação, como o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2029 (BRASIL, 2019). No entanto, apresentam ainda a elaboração e a descrição destes indicadores. Neste documento, como nos PDE anteriores consultados, pode-se encontrar a previsão de crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) em porcentagem ao ano, assim como os demais indicadores.

Foi realizada análise comparativa e de atualização de todos os demais indicadores considerados. Outros termos recorrentes e utilizados neste trabalho são detalhados no Apêndice A, que trata da regulação e da documentação governamental.

**Tabela 7: Indicadores Econômicos**

Indicadores Econômicos	Histórico		Projeção	
	2002-2006	2007-2011	2013-2017	2018-2022
PIB mundial (% a.a.)	4,2	3,5	3,9	4,0
Comércio mundial (% a.a.)	7,3	3,7	5,1	5,3
PIB nacional (% a.a.)	3,3	4,2	4,5	5,0

Fonte: Plano Decenal de Expansão de Energia 2022. Brasil, 2013, p.20.

A previsão representada pela Tabela 7, considerando-se a edição e o ano de publicação utilizado quando se desenvolveu o levantamento do setor em questão, demonstra a estimativa, para o ano de 2018-19, para a taxa do PIB, algo que giraria em torno dos 5% ao ano, de crescimento. Esta análise comparativa dos indicadores baseou-se nos documentos atualizados até a etapa final de revisão desta pesquisa.

No próximo gráfico são apresentadas as projeção de dois dos indicadores anteriores, na mesma publicação governamental, em 2019.

**Gráfico 3: PIB e PIB *per capita*- Projeção %aa**

Fonte: BRASIL, 2019 – Plano Decenal de Expansão Energética 2029, p.23.

No gráfico acima está representado a situação real dos anos anteriores e a expectativa destes indicadores, das quais se percebe recuo significativo. No momento em que foi apresentado para os especialistas e para os gestores que acompanharam o desenvolvimento da pesquisa, afirmou-se que a expansão econômica e da demanda energética são passíveis dos efeitos decorrentes da baixa de alguns indicadores mencionados.

Procurou-se também notar a variação e o crescimento das fontes renováveis e alternativas energéticas, como fonte eólica e biomassa. Estas fontes, como descrito no início deste capítulo, são consideradas como as alternativas possíveis para as decisões que são o objeto de pesquisa e que, por esta, foram consideradas. Pela releitura de documentos

governamentais tais como o Relatório da ANEEL (2019), o Plano Decenal de Expansão Energética (2019), entre outras publicações do setor, percebeu-se a consistência da importância dada a estas novas fontes energéticas. Os dados atuais demonstram que estas atingiram e superaram as previsões anteriores.

As fontes consideradas para este trabalho, no cenário de geração de energia elétrica em 2005, eram pouco representativas. A Tabela 8 demonstra o parque gerador existente em dezembro de 2005 e que, em termos absolutos, não eram consideradas, exceto as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) como ilustrado:

**Tabela 8: Capacidade Instalada Dez/2005**

Fonte	Capacidade Instalada (MW)
Hidrelétrica	69.631
Termelétrica	19.770
Nuclear	2.007
PCH	1.330
<b>Subtotal</b>	<b>92.738</b>
Interligação com a Argentina	2.178
Parcela de Itaipu da ANDE	5.600
<b>Total</b>	<b>100.516</b>

Fonte: BRASIL, 2006 – Plano Decenal de Expansão Energética 2015, p.63.

Confirmando as considerações anteriores, o relatório da ANEEL de março de 2019 demonstra que tais fontes alternativas, não somente a eólica, citada aqui como exemplo, estão com expansão considerável, sendo um potencial foco de investimentos:

**Tabela 9: Usinas e Potência Instaladas**

Tipo	Quantidade	% do total	Potência instalada (kW)	% do total
Usina Hidrelétrica de Energia – UHE	217	2,9	98.581.478	59,8
Pequena Central Hidrelétrica – PCH	426	5,7	5.183.756	3,1
Central Geradora Hidrelétrica – CGH	698	9,4	708.002	0,4
Central Geradora Undi-elétrica - CGU	1	0,0	50	0,0
Usina Termelétrica de Energia – UTE	3001	40,4	41.337.216	25,1
Usina Termonuclear – UTN	2	0,0	1.990.000	1,2
Central Geradora Eolielétrica – EOL	606	8,2	14.872.793	9,0
Central Geradora Solar Fotovoltaica – UFV	2469	33,3	2.074.002	1,3
<b>Total</b>	<b>7.420</b>	<b>100</b>	<b>164.747.296</b>	<b>100</b>

Fonte: ANEEL, Boletim de Informações Gerenciais, 2019, p.4.

Em outro bloco de entrevistas, estas realizadas no momento de entrega dos produtos e de etapas, os gestores e especialistas participantes confirmaram a expectativa e o otimismo pelo crescimento do setor em detrimento ao cenário econômico não tão favorável. Esse momento é identificado como aplicação e validação, no capítulo de Resultados.

Tal crescimento é confirmado na publicação do PDE 2026 (BRASIL, 2017), que afirma:

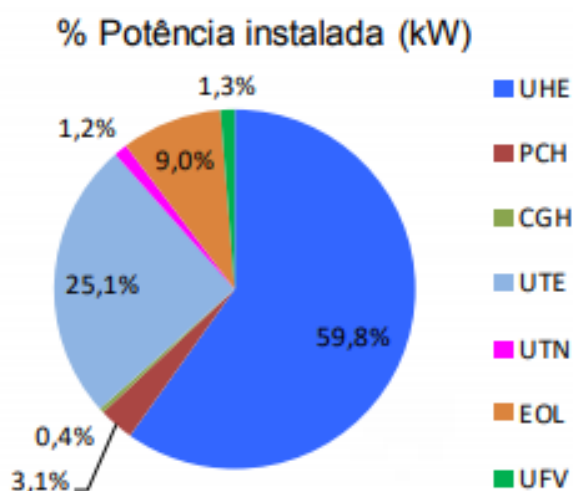
“A partir de meados de 2016, houve um movimento de recuperação de expectativas dos agentes, que pôde ser observado nos indicadores de confiança dos consumidores e dos empresários, mas não materializada nos indicadores econômicos” (BRASIL, 2017, p.20).

A participação destas fontes na matriz energética é, como demonstrado, algo recente e tem demandado a atenção das concessionárias energéticas. Como dados utilizados para se determinar a crescente importância desta participação, procurou-se nos documentos públicos como material de referência.

O próximo gráfico ilustra a participação destas fontes no cenário de potência de geração de energia elétrica instalada. Algumas das siglas utilizadas no gráfico não foram utilizadas neste trabalho e para o esclarecimento segue a descrição das mesmas, na ordem em que aparecem: Usinas Hidrelétricas (UHE), Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH onde a potência máxima de geração é de 1 MW), Usinas Termoeletricas (UTE – carvão), Usinas Termoeletricas (UTN – gás), Usinas Eólicas (EOL) e Usinas Fotovoltaicas.

Todas essas fontes e outras não utilizadas neste trabalho estão representadas no próximo gráfico:

**Gráfico 4: Potência Instalada por fonte**



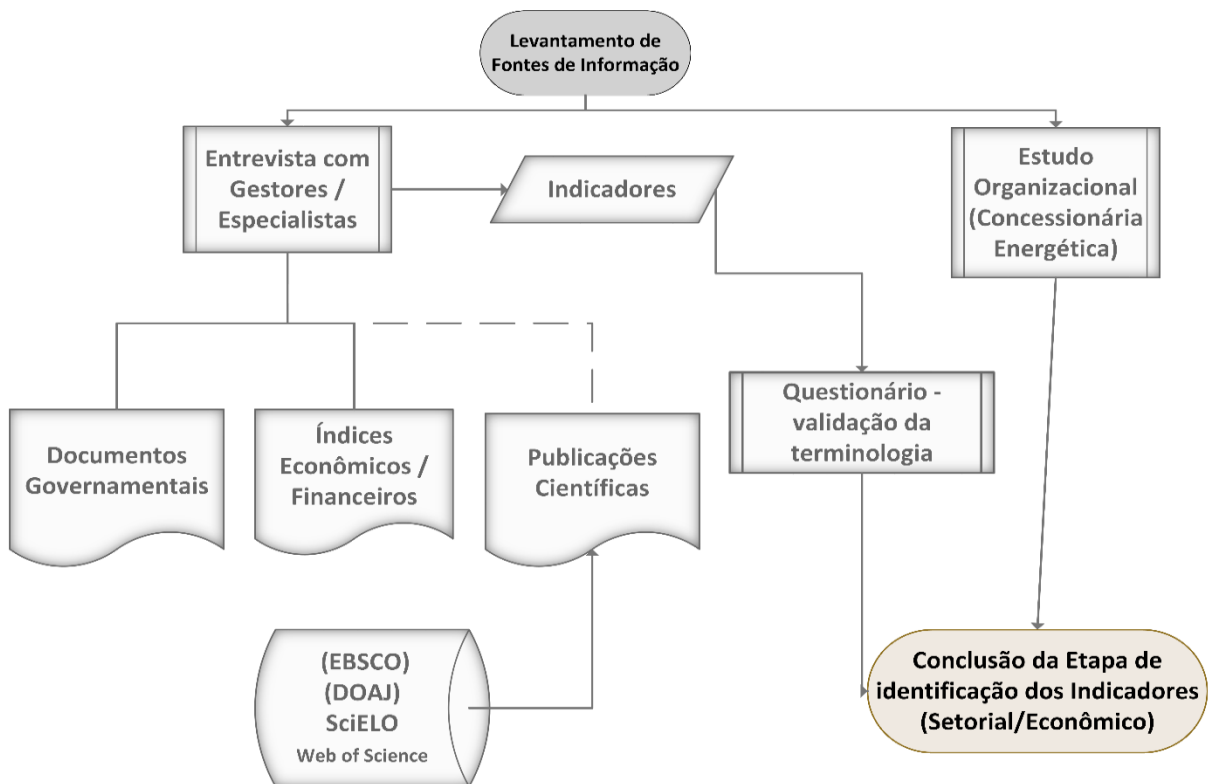
Fonte: ANEEL, Boletim de Informações Gerenciais, 2019, p.4.

O acompanhamento destes índices e indicadores teve o objetivo de se manter atualizado o objeto de estudo. O contato, realizado com pessoas diretamente envolvidas com

os setores estratégicos, foi o mecanismo principal de captação dos indicadores e que serão utilizados na aplicação do método multicritério escolhido.

Os procedimentos metodológicos são ilustrados na Figura 5 e encerra essa etapa de identificação das fontes de informação e o levantamento de indicadores:

**Figura 6: Levantamento de Fontes e Indicadores**



Fonte: elaborado pelo autor.

Passou-se então para outra etapa metodológica, de caracterização destes indicadores como parâmetros a serem apresentados aos gestores em momento de uma decisão para novo empreendimento voltado para geração de energia elétrica.

## 4.2 Seleção de Parâmetros

Procurou-se ao longo do processo de levantamento dos indicadores, associá-los aos parâmetros a serem utilizados nas decisões para novos empreendimentos do setor energético. Os parâmetros, para cada empreendimento de novos parques de geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis, são apresentados aos gestores com o intuito de se promover a identificação dos que são mais relevantes, impactando na decisão final (Saaty, 1990).

Segundo Kvale (1996), a finalidade das entrevistas semiestruturadas é a obtenção da descrição de fenômenos e seus aspectos, do ponto de vista do entrevistado. Para Triviños



(1992), a entrevista semiestruturada se caracteriza pela utilização de questões básicas que são apoiadas em teorias e hipóteses que se relacionam ao tema da pesquisa.

Por estes questionamentos, foi possível obter novas hipóteses, a partir da análise das respostas obtidas. A aplicação deste tipo de entrevistas teve o propósito de realizar o detalhamento de dados e informações, confirmação ou refutação de hipóteses. Em todas as entrevistas realizadas foram utilizados roteiros de perguntas a serem aplicadas em uma conversa livre, dada a abertura e disposição do entrevistado.

Para Martins (2008), questionários são instrumentos de coleta e constituem-se de um conjunto de perguntas a respeito do objeto estudado, podendo ser questões abertas ou fechadas. Para este trabalho, optou-se por utilizar a maior parte de perguntas fechadas. As poucas questões abertas possibilitaram aos respondentes a inserção de novos termos que considerassem imprescindível, ou de suma importância para o processo decisório do setor energético.

A orientação na elaboração e a ordem das perguntas dos questionários seguiram a recomendação de ser ordenado em subseções separadas por conteúdo. Para cada seção ou subseção do questionário há uma declaração curta sobre seu conteúdo e finalidade. Tais introduções auxiliam os respondentes a darem sentido ao questionário, particularmente quando ele aborda uma variedade de temas (BABBIE, 2001).

Os questionários online foram enviados aos respondentes pela ferramenta disponível por [pesquisaonline.com](http://pesquisaonline.com)<sup>2</sup>. Os resultados dos questionários aplicados e a estrutura deles estão no Anexo 1 – Apresentação dos Questionários. Tanto para a participação das entrevistas e aplicação de questionários, foram considerados o perfil profissional e de atuação no setor, a característica estratégica dos termos considerados e a possibilidade de sua utilização em tomada de decisões estratégicas.

As entrevistas foram realizadas nas cidades de Belo Horizonte, Cataguases e Rio de Janeiro, no Brasil. Buscou-se realizar contato com gestores e executivos que são responsáveis por acompanhar investimentos do setor e definir diretrizes o que limitou a quantidade de entrevistas pela dificuldade de acesso mas, ainda assim, teve importantes participações, como no caso dos representantes da Empresa de Pesquisa Energética (EPE). O autor também teve a oportunidade, ao participar de um congresso de Ciência da Informação internacional de contatar gestores da Alemanha e pôde-se realizar entrevistas internacionais com os responsáveis pelo departamento de Bioenergia de Leipzig (Alemanha). Estas entrevistas contaram com a participação do diretor de *Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH* (UFZ) e com o coordenador de transferência internacional de conhecimento e de tecnologia do

---

<sup>2</sup> Sítio eletrônico para a aplicação desenvolvida por Enuvo (Zurique, suíça). Ferramenta disponibilizada gratuitamente para algumas instituições de pesquisa, como a UFMG. Disponível em: <https://www.onlinepesquisa.com/>>. Acesso em: 16 Dez 2019.

*Deutsches Biomasseforschungszentrum* (DBFZ), também de Leipzig. Foram apresentadas as ações da Alemanha, que possui incentivo forte do governo para alternativas energéticas e se propôs, ainda neste encontro, uma abertura para correspondências e compartilhamento de produção.

Estas entrevistas serão discutidas mais detalhadamente na apresentação de resultados. Após o início da aplicação das entrevistas procurou-se identificar os parâmetros mensurados e não mensurados para a realização do experimento. A determinação dos parâmetros não mensuráveis ou intangíveis, como têm sido aqui tratados, foi realizada em decisão conjunta com o grupo de pesquisa envolvido, que conta com gestores, especialistas, pesquisadores e consultores, além dos resultados obtidos pelas entrevistas e pelas respostas aos questionários aplicados.

Kvale (1996) caracteriza métodos para a análise de entrevistas e, como se procurou por meio destas a equivalência dos significados propostos para a consideração dos termos utilizados como parâmetros, consideram-se os pontos levantados pelo autor no que ele denomina de condensação de significados. A partir da análise das entrevistas, procurou-se determinar e limitar os parâmetros a serem considerados para os fenômenos a serem propostos e analisados.

Foram analisados, além das respostas dos entrevistados, os dados obtidos pelos questionários. Procurou-se, assim, determinar a relevância dos termos ao se avaliar novos empreendimentos de geração de energia elétrica. Por aproximação e adequação dos indicadores, foram selecionados oito termos que poderiam ser utilizados como os parâmetros do processo decisório.

Pela necessidade de hierarquização de um problema e a aplicação de um método multicritério específico, apresentou-se pelo questionário a conversão de termos, mais acertadamente, a consolidação dos indicadores em parâmetros intangíveis considerados fundamentais para as decisões propostas, como é descrito na próxima seção.

#### **4.2.1 Parâmetros Não Mensuráveis ou Intangíveis**

Com a finalidade de se associar os indicadores identificados a parâmetros que compõem as decisões estratégicas, os seguintes instrumentos foram utilizados: a realização de entrevistas semiestruturadas e aplicação de questionário, ambos com o mesmo propósito e realizados paralelamente (segundo momento de entrevistas e segundo questionário, como mencionado no início do capítulo). Ao todo, foram consideradas vinte e cinco entrevistas e vinte e oito respostas de questionários. O objetivo foi apresentar os possíveis parâmetros que iriam compor a estrutura hierárquica do problema ou decisão a ser solucionada. A amostra, em sua maioria, foi distinta dos primeiros participantes, mas teve entrevistados que participaram de ambos os momentos.

A próxima figura mostra os termos considerados. Foi pedido aos respondentes que se determinasse a importância dos termos em relação aos demais, com o objetivo de validá-los e adequá-los, se fosse o caso, ao uso do método multicritério.

### Figura 7: Parâmetros decisórios - Consolidação

Adicione os valores por ordem de importância no processo de avaliação para novos empreendimentos (1 - Mais Importante; 2; ...; 7; 8 - Menos importante)

↕	<input type="text"/>	Disponibilidade de Recurso Energético:
↕	<input type="text"/>	Vocação da Empresa para Investimento na produção de EE a partir da fonte especificada:
↕	<input type="text"/>	Rentabilidade (Fontes de Financiamento e benefícios de Investimento):
↕	<input type="text"/>	Tipo de Fonte para o Novo Empreendimento (Renovável ou não, Tradicional / Alternativa):
↕	<input type="text"/>	Impacto Ambiental:
↕	<input type="text"/>	Domínio da Tecnologia:
↕	<input type="text"/>	Alinhamento Regulatório:
↕	<input type="text"/>	Projeção da Imagem da Empresa (visibilidade):

Fonte: elaborado pelo autor.

Ainda com o propósito da validação e já se procurando realizar a condensação dos significados, foram apresentados, em outra seção do questionário, seis termos. A hipótese que determinou a escolha destes termos foi de que, se são importantes e são mencionados no processo decisório, mas não há valores associados, são termos possivelmente considerados como parâmetros intangíveis, como mostra a Figura 8:

### Figura 8: Parâmetros Intangíveis - Validação

#### Parâmetros no processo decisório

Qual destes critérios são utilizados na Tomada de Decisão de novos empreendimentos? \*

selecione os critérios que fazem parte do processo decisório

- Disponibilidade do recurso energético
- Rentabilidade (previsão de retorno)
- Impacto Ambiental
- Domínio da Tecnologia
- Alinhamento Regulatório
- Demanda de Mercado (indústria, comércio e sociedade)
- Se tiver algum critério que seja indispensável, por favor, informe:

Fonte: elaborado pelo autor.

Em uma reunião realizada e documentada nos registros das reuniões do P&D, os membros participantes discutiram a possibilidade de se limitar um número de parâmetros que fosse aplicável ao problema proposto, sem perda de significado pela condensação de tais termos. Dentre os argumentos apresentados, foi levantada a questão sobre a quantidade de ações necessárias ao gestor responsável pelos julgamentos relativos à tomada de decisão do problema proposto.

A próxima tabela mostra o número total dos parâmetros considerados.

**Tabela 10: Reunião de Definição de Critérios**

<b>Data: 04/05/2017</b>	
<b>Instituições dos Participantes: UFMG / UFOP / CEMIG</b>	<b>Quantidade: 7</b>
<b>ASSUNTOS TRATADOS</b>	
<b>1 – Consolidação de datas</b>	
<b>2 – Definições</b>	
<b>7 parâmetros – 5 intangíveis e 2 tangíveis</b>	
<b>Soma dos pesos = 1 (ponderação de critérios e alternativas)</b>	
<b>Cada um dos 7 parâmetros tem 1 coluna</b>	
<b>A matriz terá sempre 7 colunas</b>	
<b>Os tangíveis estão nas duas últimas colunas</b>	
<b>É necessário a escolha de, no mínimo, 3 alternativas para o empreendimento</b>	

Fonte: Elaborado pelo autor. Adaptado de registros da pesquisa.

Desses, cinco são denominados os parâmetros não mensuráveis ou intangíveis, obtido pela referida condensação de significado citada anteriormente. Os outros dois são obtidos pela aplicação do modelo econômico, denominados parâmetros mensurados ou tangíveis.

Constatada a aceitação por parte dos respondentes, foram estes considerados como parâmetros no processo decisório para novos empreendimentos de geração de energia elétrica. Exceto o parâmetro Demanda do Mercado, os demais fizeram parte da elaboração e apresentação do recurso computacional. Essa eliminação se deu, em grande parte, pelo grupo considerar que a demanda é uma premissa para análise de novos investimentos. Sendo assim, não haveria necessidade de se apresentar tal premissa como critério em uma escolha.

A seguir, é descrita a determinação dos parâmetros mensurados e como são obtidos, pelo uso de um modelo econômico-financeiro.

## 4.2.2 Parâmetros Mensurados ou Tangíveis

A elaboração de um modelo econômico-financeiro foi desenvolvido à parte deste trabalho e, da sua aplicação, se obteve os parâmetros mensurados ou tangíveis. Esse modelo foi citado e apresentado em trabalhos anteriores (BONATTI *et al.*, 2016; BARACHO *et al.*, 2017 [2], 2018), e dentre as etapas cumpridas pela sua aplicação, estão:

- previsão dos fluxos de caixa futuros;
- determinação da taxa de desconto para trazer os fluxos de caixa a valor presente (assim como trazer os dispêndios futuros a valor presente);
- cálculo os índices determinísticos, que são os parâmetros que indicam se o investimento é atrativo ou não do ponto de vista econômico-financeiro.

Como resultado encontram-se os seguintes índices:

VPL (Valor Presente Líquido): este índice é definido como a diferença entre os fluxos de entrada e saída de recursos de um projeto de investimentos na sua data inicial;

TIR (Taxa Interna de Retorno) que consiste na taxa de desconto que anula o VPL do projeto, igualando o valor presente das entradas e saídas.

*PAYBACK* (Tempo de Retorno Financeiro do Investimento) que estipula o tempo necessário para que o fluxo de caixa se iguale ao investimento. Ele se aplica à tomada de decisão através da comparação de tempo de retorno do investimento entre projetos.

Ao se fazer uso de tais índices, para a aplicação do método multicritério, foram considerados apenas dois como parâmetros (com valores calculados, logo, mensurados). Se chegou a esta determinação após diversas discussões e testes de aplicação com o grupo de pesquisa. Na aplicação do método, demonstrou-se que, com um número maior de parâmetros, o processo de participação dos gestores poderia se tornar moroso, devido à quantidade de iterações que seriam necessárias. Isso fica mais esclarecido no capítulo em que se demonstra a aplicação do método no experimento.

## 4.3 Método Multicritério

Após estudo exploratório sobre métodos multicritérios, e por decisão dos interessados do trabalho associado, o *Analytic Hierarchy Process* (AHP), apresentado por Saaty (1990), foi a opção de aplicação de métodos multicritérios para o processo decisório considerado. Realizou-se um estudo aprofundado sobre este método e sobre suas particularidades, assim como suas aplicações práticas.

Reforçando, Saaty (1999, 2001, 2005) justifica a definição deste método como instrumento para tomada de decisão que envolve julgamento, preferências, sentimentos e riscos. Para o autor, isso pertence, em parte, ao pensamento racional. No pensamento racional, usa-se lógica baseada em suposições explícitas para derivar suas conclusões. No entanto, ao

tomar decisões, obtêm-se informações sobre comparações e preferências que pertencem ao domínio dos sentimentos e emoções.

Saaty (2005) afirma que para uma teoria de decisão ser confiável deve descrever e explicar como as pessoas tomam decisões. A generalização desta característica deve ser aplicável a diferentes tipos de negócios e organizações. Deve, ainda, ter o objetivo de organizar o pensamento humano sob a perspectiva subjetiva, considerando aspectos inerentes ao indivíduo, como instintos e sentimentos.

Na fase inicial da elaboração do problema para que se tornasse viável a aplicação de um método multicritério, definiram-se as alternativas, estas que são as opções possíveis de resultado ao final dos julgamentos para a tomada de decisão. Dentre elas, após a aplicação do método, uma se apresenta como a solução sobre determinado problema proposto. Para a consolidação das alternativas, realizou-se a busca por textos científicos sobre os seguintes termos que haviam sido apresentados como possíveis alternativas pelo grupo de pesquisa: energia renovável (renewable energy), energia solar (solar energy), energia eólica (wind energy), pequenas centrais hidroelétricas (PCH) e biomassa (biomass). Na busca destes termos nas bases de dados disponíveis pelo portal CAPES, priorizando artigos atuais e que se mostraram mais relevantes para a pesquisa. Assim, as alternativas a serem consideradas como resultados da aplicação do método foram definidas como as seguintes fontes de energia: solar, eólica, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa.

Definido os parâmetros e as alternativas, houve a elaboração do protótipo computacional baseado na aplicação deste método multicritério. A concepção e o desenvolvimento são resultados parciais obtidos deste trabalho. Observou-se, para o desenvolvimento, as etapas de levantamento de requisitos, criação de casos de uso (*Use Case*) e também a definição da arquitetura de sistemas a ser utilizada.

Paralelamente a elaboração dessa pesquisa, o desenvolvimento do recurso computacional proporcionou encontros presenciais nos quais foram discutidos os objetivos e características do recurso. Destes encontros, foram obtidos os requisitos descritos nas próximas seções.

#### **4.4 Levantamento de Requisitos**

A etapa de levantamento ou engenharia de requisitos envolve o reconhecimento de um problema, ou de uma situação e o estudo das necessidades dos usuários (IEEE, 1990). Considerando um desenvolvimento incremental para o recurso computacional, foram desenvolvidos pequenos e frequentes entregas do sistema. Os requisitos foram baseados em cenários levantados em conversas entre os envolvidos e foram usados como base para decidir a funcionalidade que deveria ser incluída para uma próxima entrega (SOMMERVILLE, 2011).

Assim, estabelecidos os parâmetros e as alternativas sobre os quais o sistema devesse ser desenvolvido, buscou-se levantar os requisitos, divididos em dois níveis, como descrito por Sommerville (2011):

1- Requisitos de usuário são declarações, em uma linguagem natural com diagramas, de quais serviços o sistema deverá fornecer a seus usuários e as restrições com as quais este deve operar.

2- Requisitos de sistema são descrições mais detalhadas das funções, serviços e restrições operacionais do sistema de software. O documento de requisitos do sistema (às vezes, chamado especificação funcional) deve definir exatamente o que deve ser implementado. Pode ser parte do contrato entre o comprador do sistema e os desenvolvedores de software (SOMMERVILLE, 2011, p.58).

Além, o autor identifica como os requisitos de sistema ou de *software* são caracterizados, em dois tipos:

1- Requisitos funcionais. São declarações de serviços que o sistema deve fornecer, de como o sistema deve reagir a entradas específicas e de como o sistema deve se comportar em determinadas situações. Em alguns casos, os requisitos funcionais também podem explicitar o que o sistema não deve fazer.

2. Requisitos não funcionais. São restrições aos serviços ou funções oferecidos pelo sistema. Incluem restrições de timing, restrições no processo de desenvolvimento e restrições impostas pelas normas. Ao contrário das características individuais ou serviços do sistema, os requisitos não funcionais, muitas vezes, aplicam-se ao sistema como um todo (SOMMERVILLE, 2011, p.59).

Dessa forma, foram estabelecidos os requisitos funcionais e os não funcionais, além da elaboração dos diagramas de classe e fluxogramas. Esta etapa corresponde à disposição do método multicritério em recurso computacional que será melhor apresentado em um capítulo específico e também na apresentação dos resultados.

O recurso computacional foi apresentado presencialmente, validado e realizado os testes de funcionalidade, tendo o aceite por parte dos interessados e clientes. Contudo, o objetivo desta pesquisa inclui, além, a comparação dos resultados desta validação com os obtidos pela consideração da mesma situação, mas onde foram utilizados apenas os parâmetros mensurados, provenientes do modelo econômico-financeiro apresentado.

#### **4.5 Comparação de Resultados**

O resultado obtido pela validação do recurso computacional foi registrado e se refere a uma situação específica, simulada e apresentada a um grupo de gestores em um momento específico e registrado em documento de controle do P&D. Para a votação realizada foram considerados os parâmetros tangíveis e os parâmetros intangíveis anteriormente descritos. Foi realizado uma simulação da mesma situação, mas foram considerados apenas os parâmetros mensurados, já obtidos pela aplicação do modelo econômico-financeiro apresentado, e teve o intuito de se comparar ambos os resultados, e serão detalhadas ao longo da apresentação dos resultados e nas considerações finais.

## 5 Resultados

No desenvolvimento da pesquisa foi relacionado o conhecimento dos indivíduos e sua importância para a tomada de decisão estratégica nas organizações com a gestão da organização e do conhecimento. Dentre os objetivos definidos deste trabalho está o propósito de se estabelecer uma relação para a extração de conhecimento tácito dos gestores. Desta extração era esperado elementos que fossem utilizáveis e que influenciassem no processo decisório de uma situação específica. Para o contexto considerado no desenvolvimento da tese e do P&D, foi definido que se resolvesse pela escolha ou pela indicação de maior aceitabilidade de uma das fontes geradoras de energia elétrica para novos empreendimentos de geração de energia elétrica.

O P&D foi composto de várias etapas e, das entregas, foram identificadas respostas de algumas das questões da tese. No desenvolvimento de ambos os trabalhos e no decorrer do cumprimento das etapas propostas, foi possível realizar a definição de processos para a extração do conhecimento tácito dos gestores, promovendo a identificação e o uso de parâmetros em decisões estratégicas. Algumas das etapas de resultado deste trabalho, assim, condizem com entregas de produtos, incluindo a finalização e a avaliação do recurso empregado para auxiliar as decisões estratégicas consideradas.

O cenário de aplicação e de estudo se refere às concessionárias energéticas que pretendem realizar prospecção e avaliação de novos empreendimentos. Especificamente, os empreendimentos se referem à geração de energia elétrica a partir de fontes alternativas. Nos resultados obtidos foram sempre consideradas apenas as fontes levantadas, sendo necessária ao menos duas para a efetivação da aplicação do método multicritério, mas no desenvolvimento do *software*, optou-se pela exigência de escolha de, no mínimo, três das alternativas.

Como outra contribuição desta pesquisa, foi realizada a análise comparativa dos resultados obtidos. Foram considerados o resultado final da experimentação, na qual foram observados os parâmetros tangíveis e os intangíveis, comparado com o experimento, para a mesma situação proposta, levando-se em consideração apenas os parâmetros tangíveis e identificados pelo modelo financeiro.

Para as duas experimentações mencionadas são demonstradas a hierarquização do problema a ser considerado, a execução ou a aplicação do método AHP e a apresentação dos resultados finais, representados pelas prioridades globais que abrangem toda a perspectiva dos nós de julgamentos.

Inicialmente, é considerado a hierarquização do problema incluindo os parâmetros tangíveis e intangíveis.



## 5.1 Hierarquização do Problema Identificado

Para a elaboração da hierarquia proposta por Saaty (1990, 2001) foram definidos um objeto global, os critérios e as alternativas relacionadas à tomada de decisão. Estes elementos constituem os fatores que influenciam nos resultados a serem considerados em decisões estratégicas (RAFAELI; MÜLLER, 2007; CAMPOLINA, 2017).

Assim, levou-se em consideração para o experimento o ‘objetivo global’ sob a perspectiva do gestor de uma concessionária energética. Este objetivo é descrito como a inserção ou continuidade nos empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis alternativas.

Os ‘critérios’ que compõem a hierarquia se baseiam nos indicadores e parâmetros identificados, citados anteriormente no capítulo de metodologia. Para a identificação inicial foi aplicado um questionário, sua estrutura completa se encontra no Anexo 1, e foram realizadas as entrevistas descritas com essa finalidade, também especificadas no capítulo de metodologia.

As ‘alternativas’, conforme descrito anteriormente, dizem respeito às fontes renováveis de geração de energia elétrica. Foram consideradas as usinas Eólicas, usinas fotovoltaicas (Solar), usinas de Biomassa e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH).

A estruturação das entrevistas e a análise das respostas obtidas pela aplicação do questionário possibilitaram a identificação de processos de gestão do conhecimento, processos estes que permitiram a extração de conhecimento tácito dos gestores e especialistas. Como resultado, destes processos foi realizada a conversão dos indicadores em parâmetros tangíveis e intangíveis, utilizados como critérios no método aplicado.

A seguir, a apresentação da estrutura e consolidação das respostas das entrevistas que tiveram essa primeira finalidade.

### 5.1.1 Estrutura e Análise de Entrevistas

Uma parte do direcionamento das entrevistas realizadas foi para a prospecção de quais fontes de informação / recursos informacionais utilizados nos processos de tomada de decisão da organização. A identificação de alguns elementos presentes nessas fontes auxiliou outras etapas da pesquisa, entre elas, o levantamento dos processos que envolvem as tomadas de decisão estudadas, sua periodicidade de revisão e os atores envolvidos.

A principal concessionária energética considerada e parte integrante da concepção e elaboração da pesquisa foi a Companhia Energética de Minas Gerais S.A. (Cemig). Essa organização se caracteriza pela atuação no mercado de geração e, posteriormente, distribuição e comercialização. Atuante no setor energético há anos, tem entre a competência em instalação e uso de PCHs, UHEs e termelétrica a gás natural. No cenário nacional a empresa se mostra competitiva e, entre as maiores, investe em importantes questões como as que se buscou responder no desenvolvimento deste trabalho.

A empresa constituiu nos últimos anos uma capacidade instalada considerável entre UHEs, PCHs, usinas eólicas e cogeração, além da comercialização da biomassa de cana. A empresa também desenvolve estudos sobre PCHs, usinas eólicas e solares, destacando-se ainda oportunidades de estudos para implantação de usinas a biomassa de origem vegetal e animal.

Houve também participação de pesquisadores do *Deutsches Biomasseforschungszentrum*<sup>3</sup> (DBFZ) localizado na cidade de Leipzig, Alemanha. Nesse encontro realizado em avançado centro de pesquisa e de referência de fontes renováveis para a geração de energia elétrica, foi possível perceber a preocupação em se adotar e de se desenvolver novas técnicas voltadas para a geração, principalmente. Quando se tem o objetivo de alterar a matriz energética efetivamente, como se caracteriza o caso da Alemanha e, de acordo com os entrevistados, se dá em outros países europeus, os esforços governamentais (insumo e benefícios para as pesquisas) se voltam para as técnicas de geração de energia a partir de diferentes tipos de fontes. Até 2015, os insumos estavam voltados para pesquisa e empreendimentos para a geração de energia por meio das fontes Eólica e Solar, principalmente.

As entrevistas aos executivos da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) exerceram importante colaboração para o entendimento do setor, além de compartilharem as perspectivas sobre as diferentes fontes para geração de energia elétrica, micro geração e regulamentação geral, condizentes ao contexto da pesquisa.

Foram realizados demais encontros de grande relevância para o enriquecimento das respostas, como com representantes da *Efficientia*<sup>4</sup>, empresa atuante na implantação de projetos de eficiência energética nos clientes da Cemig e em outros setores da Cemig (comercialização, gerência de fontes alternativas, entre outros).

A avaliação das informações obtidas pelas entrevistas com gestores teve o objetivo de se definir os tipos de investimentos que detêm maior atenção das concessionárias, além de se categorizar os riscos, e determinar-se as vantagens e as desvantagens desses empreendimentos. Como objetivo dessa etapa, buscou-se determinar os fatores que viabilizam

---

<sup>3</sup> *Deutsches Biomasseforschungszentrum*. Disponível em: (<https://www.dbfz.de/aktuelles.html>). Acesso em: 13 Dez. 2019.

<sup>4</sup> A *Efficientia*, na época da pesquisa, era uma empresa pertencente ao Grupo Cemig atuante, desde 2002, na implantação de projetos de eficiência energética nos clientes da Cemig. Em 2011, a Empresa se estruturou para atuar em novas frentes de negócios na área energética e de *utilities*, consolidando a responsabilidade da empresa em desenvolver e implantar projetos ambiental e economicamente sustentáveis. Disponível em: < [https://www.cemig.com.br/pt-br/a\\_cemig/nosso\\_grupo/Paginas/Efficientia.aspx](https://www.cemig.com.br/pt-br/a_cemig/nosso_grupo/Paginas/Efficientia.aspx)>. Acesso em: 31 Mar. 2018.

e os que inviabilizam os investimentos nas quatro fontes de energias alternativas renováveis estudadas.

A elaboração das questões contou com a participação de gestores e do grupo de pesquisa, envolvidos desde a concepção do projeto de pesquisa mencionado e, ao final, chegou-se ao roteiro de perguntas como numeradas e descritas a seguir:

1. Qual a visão da empresa em relação à utilização de Energia Renovável para a geração de Energia Elétrica?

2. A empresa possui empreendimentos em Energia Renovável (PCH, Biomassa, Eólica ou Solar)? Se sim, quais são e onde estão localizados esses empreendimentos?

3. A empresa possui interesse em novos empreendimentos em Energia Renovável? Se sim, como são definidos os tipos de investimentos para novos empreendimentos sob cada aspecto (GEL-FRA)?

Devem ser considerados:

- aspectos legais;
- posicionamento de gestores;
- sistema computacional utilizado.

4. Como são identificados e categorizados os riscos para tais investimentos?

5. Poderia, por favor, citar as vantagens e desvantagens para este tipo de negócio no Brasil?

6. Quais são os fatores que viabilizam o investimento em Energias Renováveis? (Se possível, fonte por fonte).

7. Quais são os fatores que inviabilizam o investimento em Energias Renováveis? (Se possível, fonte por fonte).

8. Quais as fontes de informação / recursos informacionais utilizados no processo de tomada de decisão da organização?

9. Essas fontes permitem a obtenção de parâmetros utilizados na tomada de decisão? Quais são esses parâmetros? Devem ser considerados:

- técnicos;
- econômico-financeiros;

10. É possível identificar os métodos de decisão utilizados? Se sim, qual a periodicidade de revisão / aprimoramento das etapas? Quem participa?

Em resumo, as fontes descritas e identificadas são avaliadas sob o aspecto da implementação existente e planejada e sob o ponto de vista de gestores e especialistas da área. É importante salientar que essas perguntas variam de acordo com a característica da empresa entrevistada, levando-se em consideração o grau de participação na geração (ou interesse) e na caracterização do respondente. Como os encontros presenciais permitem, optou-se por tentar explorar os conhecimentos do entrevistado, deixando-o mais livre em relação aos temas

em que se sinta mais confortável. Permite-se assim a maior fluência e deliberação sobre os temas abordados.

### **5.1.1.1 Organização e Análise Das Respostas**

Pelas respostas obtidas, pôde-se relacionar temas e respectivas considerações.

Seguem, separados pelos temas identificados, a estruturação destas respostas.

#### **Existência de investimentos em fontes renováveis, tipo e interesse da empresa em novos investimentos.**

A visão dos entrevistados, de modo geral, se mostra positiva quanto ao uso de fontes renováveis para geração de energia elétrica e considera que seja de interesse das concessionárias energéticas a ampliação por meio de novos empreendimentos.

Foi considerada e, omitindo-se a fonte por questões de privacidade, realizada por uma das concessionárias que participaram do estudo, a venda de ativos como pequenas usinas hidrelétricas, usinas de biomassa e parques eólicos, obter acréscimo de caixa e, porventura aplicar em novos empreendimentos.

Todas as empresas que foram pesquisadas possuem intenção e projetos de investimentos em geração de energia elétrica com as fontes alternativas mencionadas.

#### **Definição dos tipos de investimentos, riscos, vantagens e desvantagens, fatores que os viabilizam e inviabilizam.**

Em relação aos aspectos legais, os projetos são desenvolvidos a partir de estudos que definem o investimento necessário. A questão da complexa obtenção das licenças ambientais e o prazo que costuma ser longo, foi ressaltada por todos entrevistados.

Sob a ótica dos gestores, avalia-se a viabilidade a partir dos aspectos econômico-financeiros, como disponibilidade de crédito, incentivos governamentais e venda via leilões eletrônicos de energia. Dessa forma, a participação ou não de novos empreendimentos provém também da demanda de geração por tais fontes.

#### **Riscos**

Os principais riscos que foram citados são:

- i) Entraves ambientais (PCH, principalmente);
- ii) Importação de equipamentos;
- iii) Variação cambial;
- iv) Contexto cultural (resistência da população / órgãos públicos);
- v) Riscos de projeto como estudos não confiáveis e não possuir histórico de atuação prática;
- vi) Estimativa equivocada do potencial gerador;

- vii) Incerteza na obtenção do insumo (citado em uso da biomassa).

### **Vantagens**

Dentre as vantagens mais citadas pode se listar:

- i) Custo de transmissão menor;
- ii) Vantagem ambiental, considerada pela geração por fonte que não agride o meio ambiente;
- iii) Ficar próximo à demanda de carga;
- iv) Montagem menos complexa.

### **Desvantagens**

Pelas desvantagens pode-se considerar:

- i) Dependência de locais apropriados para implantação;
- ii) Custo dos equipamentos;
- iii) Preços não competitivos;
- iv) Baixa rentabilidade;
- v) Financiamento raro e caro.

### **Fatores que viabilizam e inviabilizam investimentos**

Com base no exposto acima, foi possível identificar, com os entrevistados, os seguintes fatores que cooperam para a viabilização deste tipo de empreendimento:

- i) Demanda de energia em geral;
- ii) Possibilidade iminente do projeto ser vendido no leilão;
- iii) Uso de tecnologia nacional;
- iv) Licenciamento ambiental menos difícil.

Os fatores que inviabilizam ou são desmotivadores para este tipo de empreendimento, de acordo com os entrevistados foram:

- i) Ausência de incentivos governamentais;
- ii) Regulação falha e inapropriada, obsoleta;
- iii) Custo da tecnologia, esta sofre pesada influência da variação monetária, devido à importação de equipamentos.

### **Fontes de informação / recursos informacionais utilizados nos processos de tomada de decisão da organização**

Para a consideração das fontes, solicitou-se aos entrevistados que fossem ressaltadas aquelas que trouxessem parâmetros / critérios de maior importância para as decisões consideradas. As mais frequentes nas respostas foram:

- i) Plano Decenal de Expansão Energética;

- ii) Balanço Energético;
- iii) Indicadores de mercado (sites não citados);
- iv) Indicadores políticos (sites não citados).

### **Métodos de tomada de decisão**

As entrevistas procuraram identificar métodos de apoio à decisão que são utilizados, porventura, pelos gestores. Os respondentes consideraram que as decisões são realizadas, principalmente por:

- i) Decisões em reuniões anuais de planejamento estratégico;
- ii) Projeção financeira do investimento;
- iii) BSC (*Balanced Score Card*);
- iv) Contratação de consultorias especializadas para avaliar e definir os parâmetros dos projetos.

Estas entrevistas e a aplicação do primeiro questionário, relacionado no Anexo 1, possibilitaram a definição do contexto informacional do setor energético e a estrutura de processos relacionados, desde a identificação das fontes informacionais até a consideração de aspectos sobre o conhecimento tácito dos gestores. Para a pesquisa foram considerados dezessete respondentes válidos.

O resultado pela aplicação do questionário é descrito na próxima subseção, assim como os objetivos de cada parte da estrutura das questões.

#### **5.1.2 Análise do Questionário de Identificação**

Para a consolidação dos indicadores que surgiram na primeira parte da elaboração desta pesquisa, foi aplicado o primeiro questionário. Procurou-se determinar a representatividade de cada um dos indicadores e, posteriormente, considerar a síntese desses em um ou mais termos. Realizou-se a consolidação das respostas obtidas por este questionário que contou com dezessete respondentes, gestores atuantes ou consultores do setor energético. Os termos associados aos elementos identificados nos documentos de estudo foram considerados como indicadores representativos no processo decisório especificado.

A estrutura dos principais pontos aferidos foram apresentados anteriormente no capítulo de metodologia. Nesta seção são demonstrados os resultados após a obtenção das respostas dos participantes.

Da questão sobre a adequação dos indicadores para os processos decisórios do setor energético, obteve-se o conjunto de respostas mostrados na próxima tabela. Foram omitidos termos que surgiram pela inserção permitida nas respostas, mas não houve representatividade de nenhum deles, além da consideração dos respondentes que os inseriram.

Tabela 11: Avaliação de Indicadores Econômicos

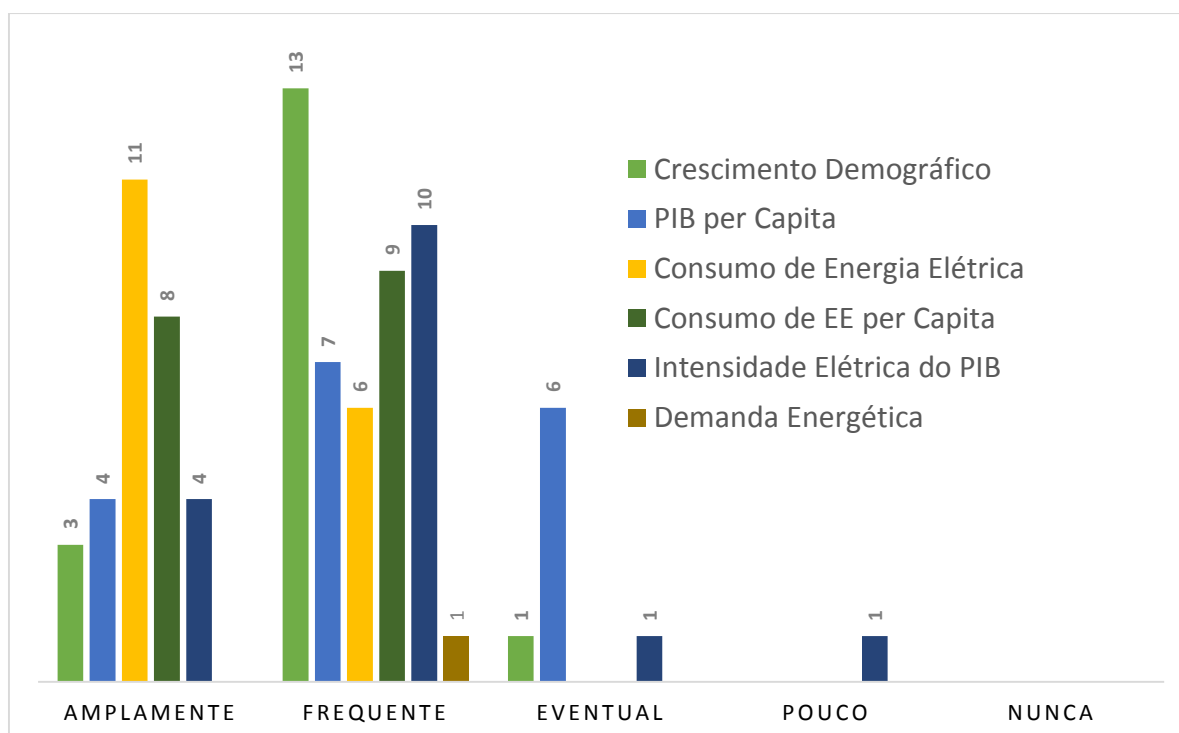
Indicador	Amplamente Utilizado (1)		Utilizado com Frequência (2)		Utilização Eventual (3)		Pouco Utilizado (4)		Nunca Utilizado (5)	
	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%
Crescimento Demográfico:	3x	17,65	13x	76,47	1x	5,88	-	-	-	-
PIB per Capita:	4x	23,53	7x	41,18	6x	35,29	-	-	-	-
Consumo de Energia Elétri...	11x	64,71	6x	35,29	-	-	-	-	-	-
Consumo de EE per Capita:	8x	47,06	9x	52,94	-	-	-	-	-	-
Intensidade Elétrica do PIB..	4x	25,00	10x	62,50	1x	6,25	1x	6,25	-	-
Demanda Energética	-	-	1x	100,00	-	-	-	-	-	-

Fonte: dados da pesquisa.

A frequência de respostas se concentrou entre amplamente utilizado e utilizado com frequência, notadamente. Salienta-se também a ausência de respostas que os identificassem como algo nunca utilizado ou que fosse considerado irrelevante ao processo de tomada de decisão do setor para esse tipo de investimento.

O próximo gráfico exemplifica a síntese das respostas obtidas e relacionadas na tabela anterior, onde se questionou a aplicação de tais indicadores nos processos de decisões estratégicas no setor energético:

Gráfico 5: Indicadores Econômicos



Fonte: elaborado pelo autor.

Foi permitido aos respondentes a inserção de outros indicadores além dos estabelecidos. Como explicado anteriormente, não houve nenhum representativo, considerando que do conjunto de respostas não houve votos além dos respondentes que o inseriram (apenas um voto). Entretanto, alguns foram recorrentes em respostas das entrevistas, entre eles a viabilidade econômico-financeira, a taxa de juros e a rentabilidade. Por apresentarem apenas um voto cada, não são ilustrados nas tabelas mas são avaliados como influentes na conversão de indicadores em parâmetros do processo decisório.

Na sequência de perguntas dispostas pelo questionário, foi apresentado aos respondentes a mesma estruturação da pergunta anterior mas sobre os indicadores que fossem representativos para o setor energético. Assim segue a consolidação das respostas sobre os indicadores representativos para o setor energético, de maneira geral, apresentado na próxima tabela:

**Tabela 12: Avaliação Indicadores do Setor**

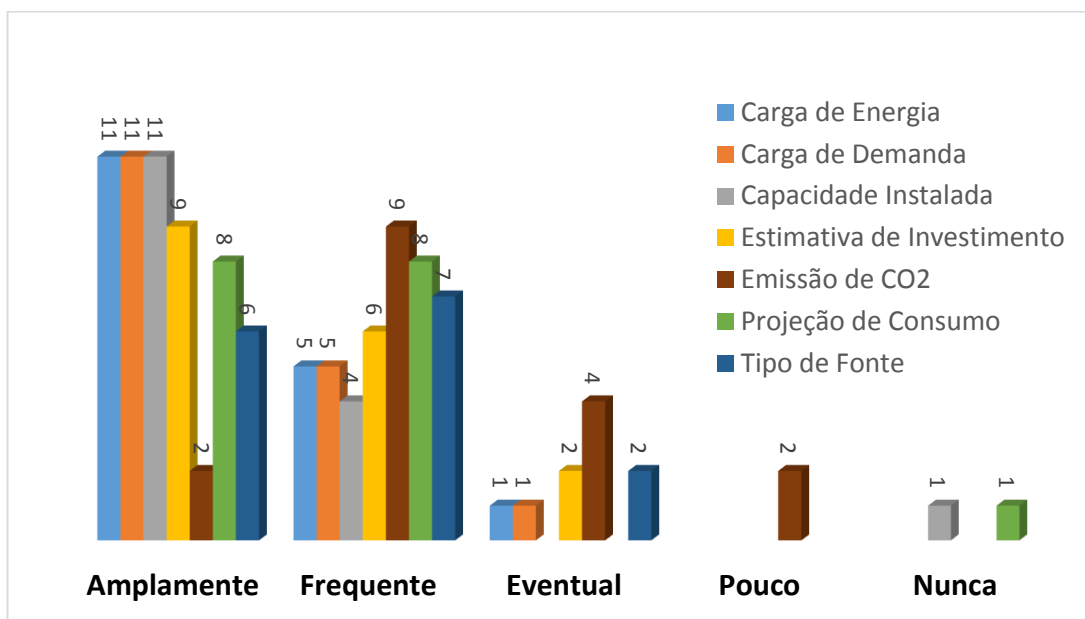
Indicador	Utilizado									
	Amplamente Utilizado		com Frequência		Utilização Eventual		Pouco Utilizado		Nunca Utilizado	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)					
	$\Sigma$	%	$\Sigma$	%	$\Sigma$	%	$\Sigma$	%	$\Sigma$	%
Carga de Energia (MW mé...	11x	64,71	5x	29,41	1x	5,88	-	-	-	-
Carga de Demanda:	11x	64,71	5x	29,41	1x	5,88	-	-	-	-
Capacidade Instalada:	11x	68,75	4x	25,00	-	-	-	-	1x	6,25
Estimativa de Investimento...	9x	52,94	6x	35,29	2x	11,76	-	-	-	-
Emissões de CO2:	2x	11,76	9x	52,94	4x	23,53	2x	11,76	-	-
Projeções de Consumo To...	8x	47,06	8x	47,06	-	-	-	-	1x	5,88
Tipo de Fonte:	6x	40,00	7x	46,67	2x	13,33	-	-	-	-

Fonte: dados da pesquisa.

Da mesma forma, como na questão anterior, surgiram outros indicadores não ilustrados pela tabela por terem apenas uma ocorrência (um voto). No entanto, dentre eles, qualidade da energia e perdas elétricas foram citados também por alguns entrevistados. Foi identificado pelos dados que alguns respondentes omitiram opinião em relação a um ou mais indicador, não alterando, contudo, o objetivo da questão.

O próximo gráfico ilustra, como o anterior, a síntese das respostas obtidas.



**Gráfico 6: Indicadores do Setor Energético**

Fonte: elaborado pelo autor.

A quantidade de treze indicadores considerados relevantes para o processo decisório, pela análise de tais respostas, era incompatível com aplicação do método multicritério selecionado. Se fossem considerados tais indicadores como os critérios do referido método, pela sua definição (SAATY, 1990, 2001), seriam necessários noventa e um julgamentos entre eles, para cada participante.

Esse número foi considerado excessivamente alto, considerando que mais de um gestor pode participar do processo decisório e neste, cada um dos gestores precisa realizar todos os julgamentos para se computar seu voto. Era necessário realizar a síntese desses parâmetros, e para isso, realizou outra fase de entrevistas e aplicação de outro questionário.

### 5.1.3 Síntese e Escolha dos Parâmetros

Para a adequação dos parâmetros descritos como tangíveis e intangíveis em termos que fossem aplicáveis ao método, foram realizadas outro levante de entrevistas nas quais foi apresentado um sumário organizado pelo grupo de pesquisa, em associação dos indicadores em termos que pudessem representar um ou mais destes.

As vinte e cinco entrevistas foram realizadas, principalmente, na concessionária energética envolvida. O objetivo desse bloco de entrevistas foi apresentar os possíveis parâmetros que iriam compor a estrutura hierárquica do problema ou decisão a ser solucionada.

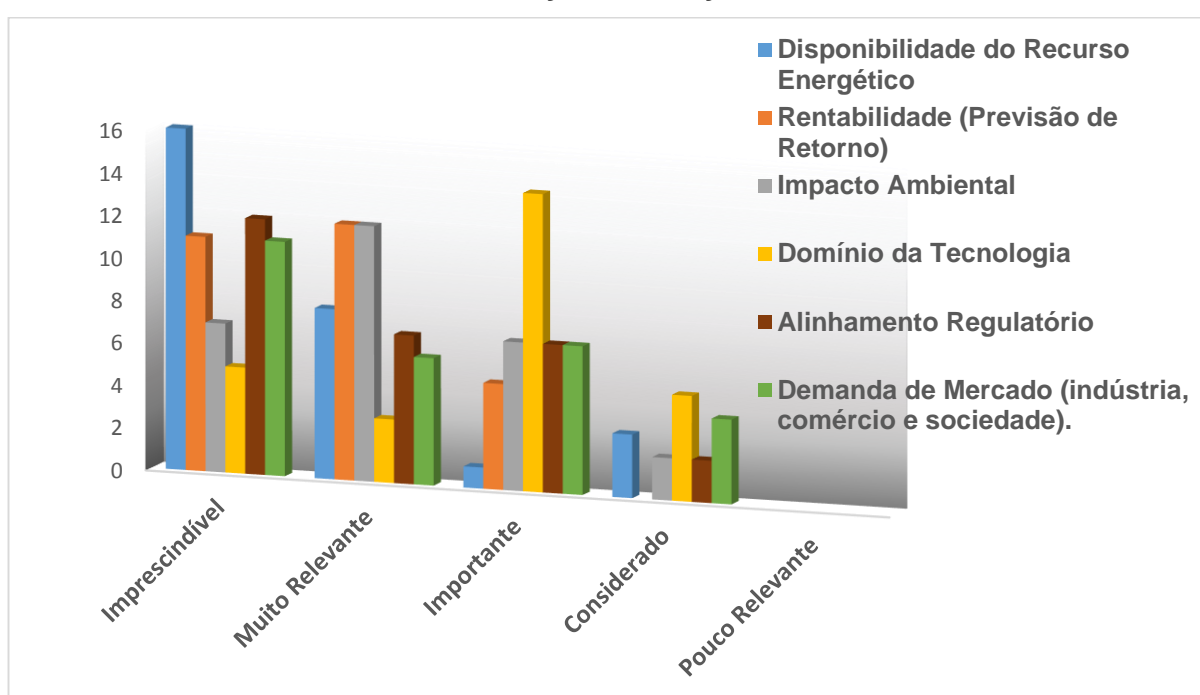
Em discussão com os envolvidos na pesquisa, especialistas e gestores da concessionária energética participante, optou-se por seis termos que poderiam representar a síntese dos indicadores levantados. Estes termos definidos foram:

- Disponibilidade do Recurso Energético;

- Rentabilidade (Previsão de Retorno);
- Impacto Ambiental;
- Domínio da Tecnologia;
- Alinhamento Regulatório;
- Demanda de Mercado (indústria, comércio e sociedade).

No próximo gráfico é demonstrado o resultado da consolidação dos termos selecionados e que foram apresentados pelo questionário, que como no primeiro aplicado, teve o objetivo de se validar e analisar a relativa representatividade para o contexto estudado.

**Gráfico 7: Consolidação da Seleção de Parâmetros**



Fonte: elaborado pelo autor.

Estes termos foram assim considerados como parâmetros no processo decisório para novos empreendimentos de geração de energia elétrica, exceto o parâmetro Rentabilidade (previsão de retorno). Este, na reunião citada anteriormente, foi avaliado como não condizente com a característica subjetiva esperada, não se podendo afirmar que seja um parâmetro não mensurável, como os demais. Os demais cinco parâmetros ilustrados pelo gráfico anterior, esses fizeram parte da elaboração e apresentação do recurso computacional.

Para os parâmetros tangíveis, resultado da aplicação do modelo econômico-financeiro, considerou o Valor Presente Líquido e a taxa de retorno esperada para compor o processo de decisão.

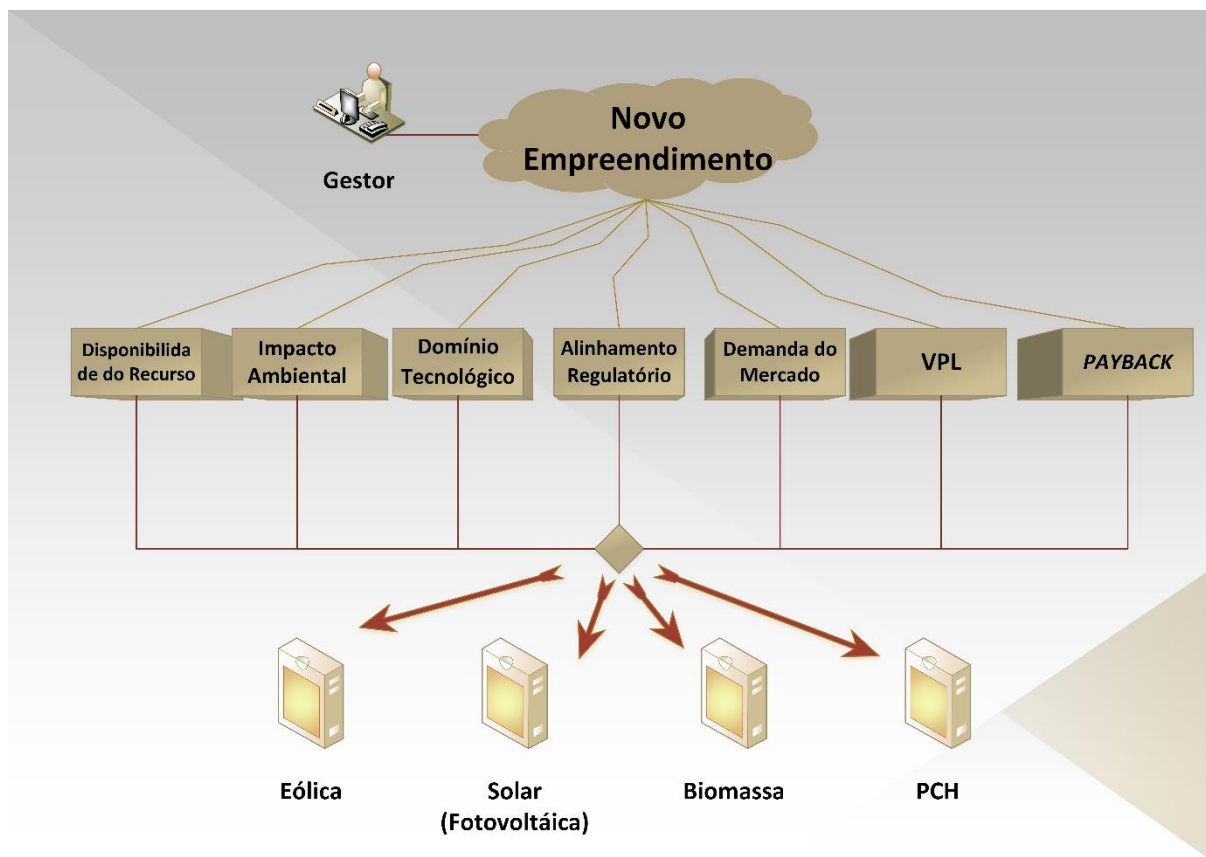
Assim, com a finalidade de se seguir a definição do método multicritério e para adequação do problema à sua aplicação, foram escolhidos no total sete critérios. Entre eles, os cinco parâmetros intangíveis (Disponibilidade do Recurso Energético, Rentabilidade, Impacto

Ambiental, Domínio da Tecnologia e Alinhamento Regulatório) e os dois mensurados pelo modelo financeiro, o Valor Líquido Presente (VPL) e a taxa de retorno esperada (*payback*).

As 'alternativas', por sua vez, dizem respeito às fontes renováveis de geração de energia elétrica, consideradas nesta pesquisa como as opções de resultado, sendo Eólica, Solar (fotovoltaica), Biomassa e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) as fontes analisadas.

A estrutura da hierarquia para a aplicação está representada na figura abaixo:

**Figura 9: Processo Decisório**



Fonte: elaborado pelo autor.

A utilização desta quantidade de critérios permitiu o desenvolvimento de um recurso computacional que fosse ágil e intuitivo, do ponto de vista do gestor (usuário). Este recurso automatiza o processo de votação ou julgamento entre os critérios que resulta na ponderação e indicação do mais condizente com os julgamentos realizados. Sobre o desenvolvimento da aplicação, são descritos os passos utilizados que fizeram parte da concepção do *software* desenvolvido, principalmente, os quais foram associados ao processo de conversão do conhecimento esperado.

Entre as atividades relacionadas ao desenvolvimento estão, o levantamento de requisitos, a criação de casos de uso e a definição da arquitetura, como escolha de linguagem e plataforma de programação. Para estes itens relativos ao desenvolvimento, especificamente, será reservada uma próxima seção neste capítulo.

A validação do método e o emprego dos conceitos matemáticos fundamentaram a continuidade do trabalho. O desenvolvimento do recurso computacional especificado para a realidade das concessionárias energéticas, permitiu avaliar sua aplicabilidade no âmbito da tomada de decisões para empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis alternativas.

Em continuidade da aplicação do método, é necessário obter a intenção do gestor pela realização de votação entre pares de critérios e alternativas. São geradas, sempre, matrizes de julgamento, uma forma de se representar e de se mensurar as preferências dos envolvidos. A próxima subseção traz a fundamentação do desenvolvimento da aplicação computacional.

## 5.2 Desenvolvimento da Aplicação

O desenvolvimento do recurso computacional foi um dos objetivos alcançados e uma das etapas finais do P&D. A identificação dos requisitos foi realizada por meio de entrevistas, sempre presenciais, com o grupo de pesquisa envolvido, o gerente de projetos da concessionária energética e contou com a presença de especialistas da área de engenharia elétrica, da ciência da computação e da ciência da informação.

A plataforma de desenvolvimento foi baseada na arquitetura de software *Model-View-Controller* (MVC). Essa arquitetura é um padrão de desenvolvimento que distingue a aplicação em três camadas. A camada de interação do usuário (*View*), a camada de manipulação dos dados (*Model*) e a camada de controle (*Controller*). Assim, foi possível utilizar a aplicação como ferramenta para auxiliar os envolvidos no processo decisório, em um ambiente informatizado com padrões de sistemas Web. Para isso se utilizou o *framework* web Django, a linguagem de programação Python e banco de dados relacional. O algoritmo que se baseou nas etapas de aplicação do método multicritério foi testado e validado de acordo com esse método.

O desenvolvimento teve a fundamentação baseada em um modelo da aplicação, realizada de forma manual pelo grupo de pesquisa, simulando uma sessão de tomada de decisão. Esta simulação e as reuniões realizadas tiveram como resultado o levantamento de requisitos, descritos em funcionais e não funcionais e dispostos nas próximas seções.

### 5.2.1 – Requisitos Funcionais

Na identificação dos requisitos funcionais para o desenvolvimento da aplicação computacional foram consideradas, de acordo com a definição, as declarações de serviços assim como o sistema deve reagir às entradas específicas. Tais requisitos definem o comportamento de como o sistema deve se comportar nas situações esperadas.

A definição da linguagem e ambiente de programação foi definida e realizada de acordo com o estabelecido e acordado entre os participantes, procurando atender os objetivos dos interessados e que fossem aplicáveis dentro das características definidas pelo escopo a ser

atendido. As reuniões que se referem ao desenvolvimento da aplicação, desde sua concepção, foram documentadas nos materiais de referência do projeto, e por isto, são aqui referenciadas como fonte e origem do levantamento de requisitos.

Todas as reuniões foram registradas em atas pertencentes ao P&D e, assim, apenas o resultado na forma dos requisitos foi utilizada como referência neste trabalho. A seguir, a especificação das reuniões realizadas e das quais se baseou a definição dos requisitos.

MR001 - Reunião realizada presencialmente na UFMG em 20/04/2017;

MR002 - Reunião realizada presencialmente na UFMG em 04/05/2017;

MR003 - Reunião realizada presencialmente na UFMG em 18/05/2017;

MR004 - Reunião realizada presencialmente na UFMG em 25/05/2017.

O próximo quadro exhibe os requisitos registrados e o campo fonte se refere ao código da reunião que resultou em sua identificação:

**Quadro 3: Requisitos Funcionais**

ID	Fonte	Descrição	Importância
RF001	MR003	O sistema deve apresentar carga inicial de pelo menos um usuário “gestor”	Essencial
RF002	MR001	O sistema deve exigir login/senha do usuário “gestor” no sistema para acesso	Essencial
RF003	MR001	O sistema deve permitir o cadastro de outro usuário “gestor” somente por outro usuário “gestor”	Essencial
RF004	MR001	O sistema deve permitir a exclusão de um usuário “gestor” somente por outro usuário “gestor”	Essencial
RF005	MR002	O sistema deve permitir que somente um usuário “gestor” crie uma nova sessão de votação para um “projeto/empreendimento”	Essencial
RF006	MR002	O sistema deve permitir ao usuário “gestor” o cadastro de metadados para a identificação do “projeto/empreendimento”	Essencial
RF007	MR002	O sistema deve permitir que o usuário “gestor” insira a descrição textual do “projeto/empreendimento”	Essencial
RF008	MR003	O sistema deve permitir que o usuário “gestor” faça o cadastro de no mínimo 2 (duas) fontes para a sessão de votação do “projeto/empreendimento”	Essencial
RF009	MR002	O sistema deve permitir que o usuário “gestor” defina a quantidade de usuários “votantes” para cada “projeto/empreendimento”	Essencial

<b>RF010</b>	<b>MR003</b>	O sistema deve gerar tokens de acesso em número igual aos usuários “votantes” para cada sessão de votação relativa a um “projeto/empreendimento”	Essencial
<b>RF011</b>	<b>MR003</b>	O sistema deve permitir que os tokens de acesso gerados para os usuários “votantes” acessem somente a sessão de votação a qual o usuário “votante” participará	Essencial
<b>RF012</b>	<b>MR003</b>	O sistema deve exigir que os usuários “votantes” acessem por login a sessão de votação através dos tokens de acesso recebidos pelo usuário “gestor”	Essencial
<b>RF013</b>	<b>MR003</b>	O sistema deve apresentar ao usuário “votante” a informação de que, em caso de não conclusão/interrupção, a sua participação na sessão de votação deve ser refeita para que seja validada	Essencial
<b>RF014</b>	<b>MR003</b>	O sistema deve realizar ao fim da etapa 1, o teste de consistência das respostas do usuário “votante”	Essencial
<b>RF015</b>	<b>MR003</b>	O sistema deve apresentar ao usuário “votante” a inconsistência das suas respostas na etapa 1, se houver, e permitir novo processo de votação	Essencial
<b>RF016</b>	<b>MR003</b>	O sistema deve apresentar ao usuário “votante” a consistência das suas respostas na etapa 1	Essencial
<b>RF017</b>	<b>MR003</b>	O sistema deve apresentar ao usuário “votante” a confirmação da sua conclusão de votação na etapa 1	Essencial
<b>RF018</b>	<b>MR003</b>	O sistema deve direcionar o usuário “votante” a etapa 2	Essencial
<b>RF019</b>	<b>MR003</b>	O sistema deve apresentar ao usuário “votante” a confirmação da sua conclusão na sessão de votação do “projeto/empreendimento”	Essencial
<b>RF020</b>	<b>MR003</b>	O sistema deve armazenar os resultados individuais da sessão de votação afim de gerar os resultados finais	Essencial
<b>RF021</b>	<b>MR003</b>	O sistema deve concluir automaticamente a sessão de votação pelo término do número de votações possíveis	Essencial
<b>RF022</b>	<b>MR003</b>	O sistema deve permitir que o usuário “gestor” encerre uma sessão de votação manualmente	Essencial
<b>RF023</b>	<b>MR003</b>	O sistema deve permitir que somente o usuário “gestor” tenha acesso aos resultados finais da sessão de votação do “projeto/empreendimento” em aberto	Essencial

<b>RF024</b>	<b>MR003</b>	O sistema deve permitir que somente o usuário “gestor” tenha acesso aos resultados finais da sessão de votação de “projeto/empreendimento” anteriores	Essencial
<b>RF025</b>	<b>MR003</b>	O sistema deve apresentar o resultado final de acordo com critérios estabelecidos	Essencial
<b>RF026</b>	<b>MR002</b>	O sistema não deve permitir a criação ou a alteração dos “critérios” ou “alternativas”	Essencial
<b>RF027</b>	<b>MR003</b>	O sistema deve apresentar uma página de descrição dos critérios em duas colunas	Essencial
<p>* <b>RF007</b> – metadados para a identificação do “projeto/empreendimento” número do leilão / cidade / nome do projeto / data.</p> <p>* <b>RF024</b> – apresentação do resultado final:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- critérios apresentados em lista e respectivos percentuais de importância;</li> <li>- resultado global: tabela com ponderação entre critérios (7) x fontes (até 4).</li> </ul>			

Fonte: adaptado de BARACHO *et al.*, 2017 [1] – Relatório de Pesquisa.

Serão apresentados, a seguir, os requisitos não funcionais identificados e os casos de uso que ilustram a definição da aplicação.

## 5.2.2 - Requisitos Não-Funcionais

Os requisitos não funcionais servem como restrições aos serviços ou às funções do sistema. Além de especificidades técnicas podem incluir restrições no processo de desenvolvimento. Os requisitos não funcionais, muitas vezes, são aplicados ao sistema como um todo.

Segue o quadro com os requisitos não funcionais especificados para a aplicação desenvolvida:

**Quadro 4: Requisitos Não Funcionais**

<b>ID</b>	<b>Fonte</b>	<b>Importância</b>	<b>Descrição</b>
<b>RNF01</b>	<b>MR 01-04</b>	Essencial	1- o sistema deverá ser capaz de realizar teste de consistência das matrizes de julgamentos geradas pelas votações individuais, em relação à 1ª etapa de votação.
			2- o sistema deverá ser capaz de gerar o resultado final ao se encerrar os votantes ou por demanda do usuário.
<b>RNF02</b>	<b>MR 01-04</b>	Essencial	O sistema deve estar disponível todos os dias da semana, entre 08:00 – 20:00.

<b>RNF03</b>	<b>MR 01-04</b>	Essencial	O suporte ao produto será feito exclusivamente através de site web, com acesso a base de conhecimento sobre o produto.
<b>RNF04</b>	<b>MR 01-04</b>	Essencial	1- O sistema não deve registrar o vínculo usuário “votante” e respectivo voto.  Obs: O controle de quem já votou e quem falta votar é do usuário “votante” e usuário “gestor”.
			2- O sistema não garante que todos usuários “votantes” irão votar.
			3- O sistema não garante que cada usuário “votante” votou apenas uma vez
			4- O sistema não controla abstenção ou impedimento para uma das sessões de votações
<b>RNF05</b>	<b>MR 01-04</b>	Essencial	1- O sistema deverá ser acessado completamente via browser HTTP/HTML
		Essencial	2-O sistema deve apresentar formato de votação por <i>slider</i>
		Essencial	3- O sistema fazer uso de <i>tooltip</i> (breve descrição) para cada critério
		Não essencial	4- O sistema deverá apresentar design responsivo.
<b>RNF00</b>	<b>MR 01-04</b>	Essencial	O sistema deverá apresentar compatibilidade com navegador Chrome

Fonte: adaptado de BARACHO *et al.*, 2017 [1] – Relatório de Pesquisa.

Com a definição destes requisitos foi possível estudar os cenários e as funcionalidades esperadas. Para a compreensão e registro do desenvolvimento foram desenvolvidas representações gráfica sob o formato dos casos de uso, descritos na próxima subseção.

### 5.2.3 – Casos de Uso

A utilização de casos de uso (*Use Cases*) está fortemente presente nas definições dadas pela *Unified Modeling Language* (UML). Pela definição, a UML versão 2.0 define treze tipos de diagramas, divididos em três categorias: seis tipos de diagramas representam estrutura de aplicação estática; três representam tipos gerais de comportamento; e quatro representam diferentes aspectos das interações (BOOCH *et al.*, 2012).

Para a representação da implementação do *software* optou-se por um diagrama de comportamento, o Diagrama de Caso de Uso (recomendado por algumas metodologias durante

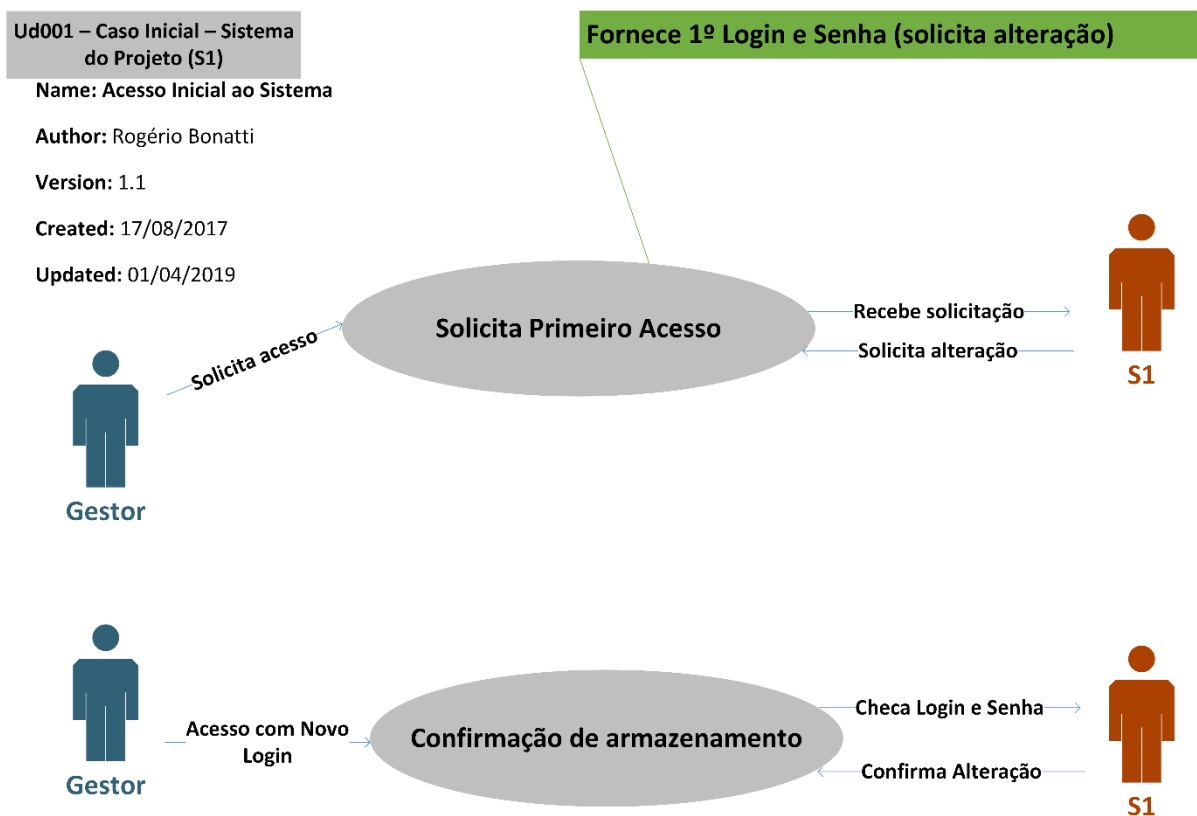


a coleta de requisitos) e que auxiliam a determinar os papéis dos envolvidos na execução das funcionalidades especificadas.

Estas e outras funcionalidades são ilustradas nos próximos *Use Cases* com o objetivo de enfatizar o processo de concepção de um sistema computacional, processo esse pertencente ao ciclo de vida do projeto de desenvolvimento de *software* (SOMMERVILLE, 2011).

No caso de uso inicial está representado a primeira execução do sistema, no ambiente de utilização da aplicação. Considerou-se a existência de um cadastro prévio de um ator com papel de administrador (ex.: gestor). Para a validação do primeiro acesso é necessária a alteração de dados pelo usuário (gestor) e então, se realizada com sucesso, a este será dado privilégios de administrador do *software*.

**Figura 10: Use Case 001 - Acesso Inicial**



Fonte: BARACHO *et al.*, 2017 [1] – Relatório de Pesquisa (elaborado pelo autor).

O gestor, com privilégios de administrador do sistema, pode realizar desde a criação de outros atores com perfil de administrador, como definir um novo ambiente de votação a ser realizada e a quantidade de participantes, criando uma senha de acesso para os usuários participantes. Essa senha, também referenciada como *token*, permite acesso exclusivo ao processo de uma única votação. Para a votação, o gestor define também as fontes de geração de energia elétrica que serão consideradas como as opções de alternativas.

Figura 11: Use Case 101 - Criação de Nova Votação

ud101 – Definir votação SP&D

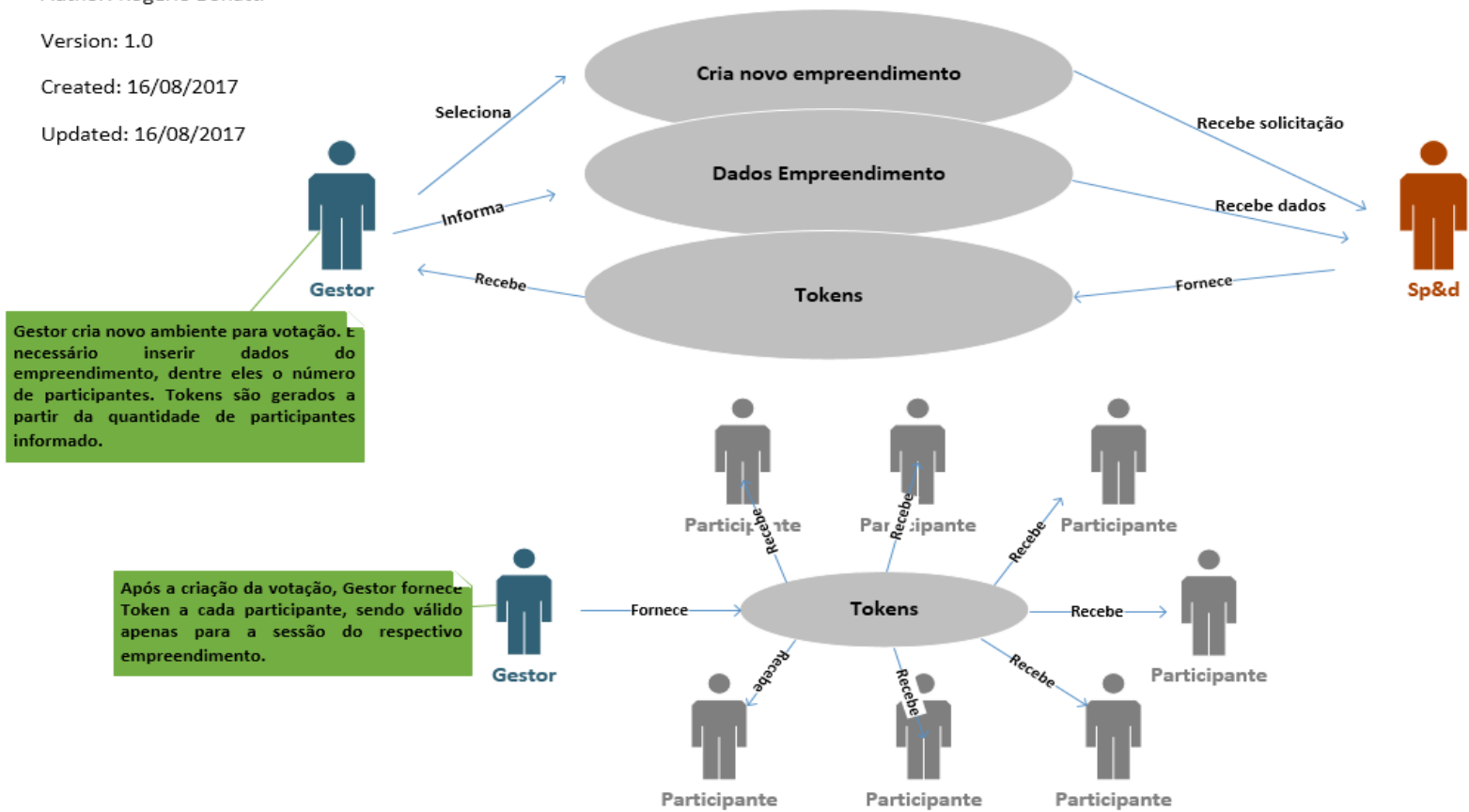
Name: Definição de votação

Author: Rogério Bonatti

Version: 1.0

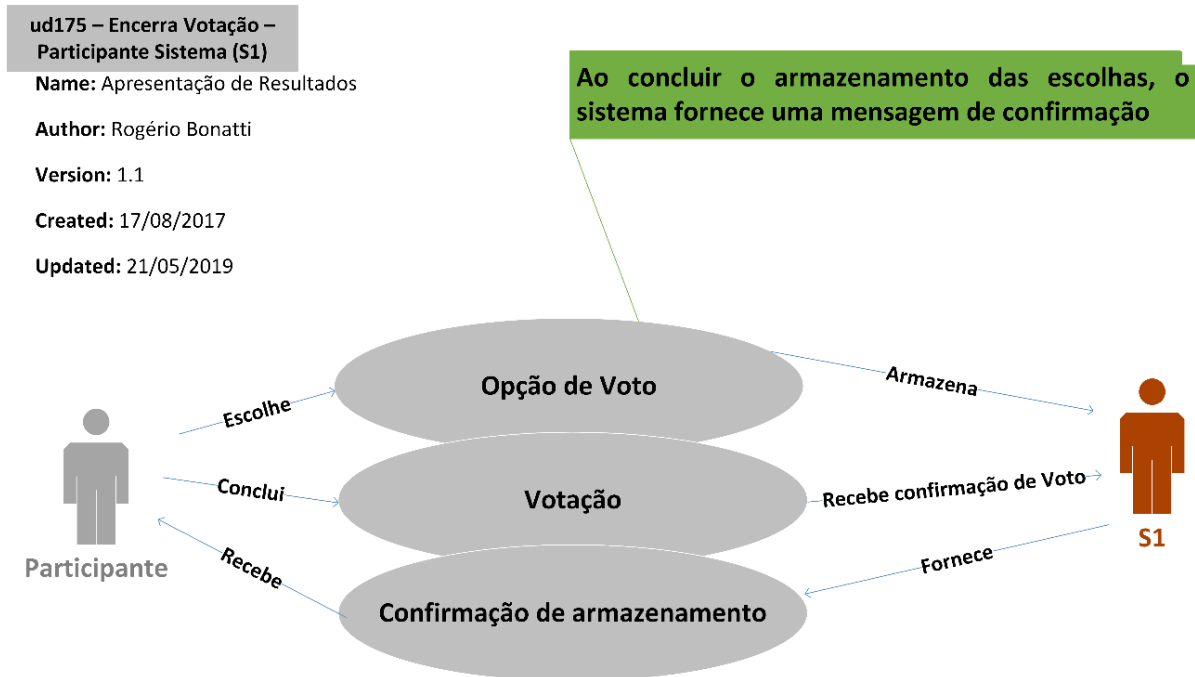
Created: 16/08/2017

Updated: 16/08/2017



Os processos de definição do empreendimento pelo gestor e o fornecimento das *tokens* aos participantes é ilustrado pela figura anterior. A fase de finalização do processo de votação para escolha de uma fonte energética é representada pelo próximo *Use Case*, onde se encerra a etapa da votação, do ponto de vista do participante.

**Figura 12: Conclusão de Votação - Participante**



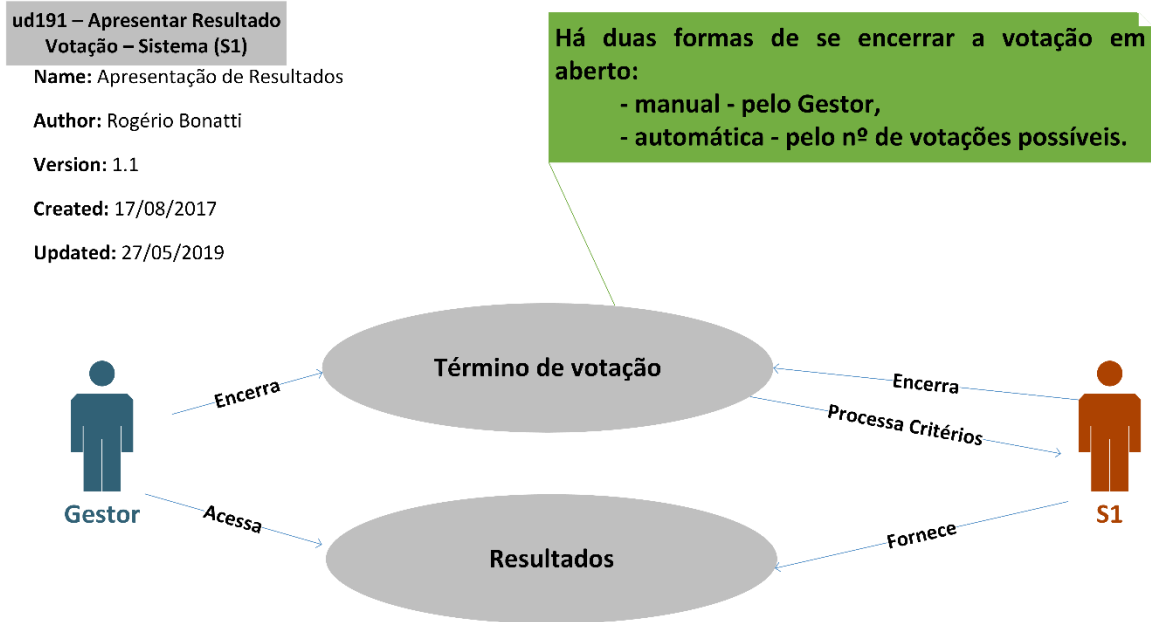
Fonte: BARACHO *et al.*, 2017 [1] – Relatório de Pesquisa (elaborado pelo autor).

Foi especificado que em caso do participante deixar o ambiente do sistema de votação, todos os dados que foram escolhidos por ele, são perdidos. Apenas após a confirmação de armazenamento (votação completa e confirmada) o participante pode sair do ambiente sem comprometimento dos dados aferidos.

Para cada um dos votos computados, em sua totalidade, são geradas as matrizes de julgamento. Estas matrizes são utilizadas nos cálculos posteriores que são, a prioridade média local de cada um dos critérios, o vetor de prioridade global que corresponde a ponderação dos critérios em relação às alternativas e a prioridade global.

A próxima figura ilustra o encerramento da votação em aberto, onde há duas formas de ocorrer. Por opção do Gestor (manual) ou pelo sistema (automática – quando o número de votações esperadas serem realizadas).

**Figura 13: Encerramento e apresentação de Resultados**



Fonte: BARACHO *et al.*, 2017 [1] – Relatório de Pesquisa (elaborado pelo autor).

Para esta pesquisa, o levantamento de requisitos realizado na fase de concepção do projeto de *software* auxiliou na compreensão do problema sob a perspectiva do usuário e é parte do processo de conversão do conhecimento tácito dos envolvidos em conhecimento explícito.

A próxima seção traz os resultados obtidos para a situação de problema elaborada como proposta de validação da aplicação e como produto do P&D.

### 5.3 Validação do Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)

Dentro do ciclo de vida de projetos de softwares estão previstas as etapas de entrega e de finalização do produto, onde se apresenta as funcionalidades e as submetem a diferentes formas de avaliação (SOMERVILLE, 2011). Estas etapas foram, também, resultados obtidos em fases intermediárias do desenvolvimento deste trabalho.

Para a validação da aplicação foi estabelecido que se realizasse sessões com simulações práticas aproximadas da realidade. A metodologia desta etapa incluiu reuniões presenciais que tiveram características distintas e finalidades específicas. Estas foram separadas em três momentos ou níveis, de acordo com o registro do P&D.

O próximo quadro traz a especificação dos assuntos e das atividades tratadas em cada uma das reuniões. Pelo registro, para cada reunião foi atribuído um nível de validação. A determinação das reuniões que foram realizadas, determinou as avaliações com a especificação dos participantes. Assim, cada nível da validação teve e cumpriu diferentes objetivos.

**Quadro 5: Definição de Validação (registro)**

Data: 20/04/2017	
<b>Instituições dos Participantes: UFMG / UFOP / CEMIG</b>	<b>Qtde: 7</b>
<b>ASSUNTOS TRATADOS</b>	
1- Planejamento workshop "Seminário Cemig"	
2- Validação do protótipo: 1º nível - interno (simulação do protótipo, participantes UFMG, presencial) 2º nível - interno + externo (engenheiro Cemig e participantes UFMG, presencial) 3º nível - geral ( <b>Validação - Cemig / UFMG / UFOP e demais consultores e especialistas</b> )	
3- Atividade da especificação de sistema, levantamento de requisitos	
4- Atividade do levantamento das reuniões	

Fonte: elaborado pelo autor. Adaptado de registro da pesquisa.

Então, em um primeiro momento foi realizada uma reunião entre os envolvidos diretos no desenvolvimento do recurso computacional, como os desenvolvedores e representantes da concessionária energética, responsáveis pelo P&D.

Esse nível de validação teve o objetivo de avaliação sobre a apresentação da aplicação, verificando assim o alinhamento do desenvolvimento do sistema. Nesta reunião, foram discutidos e definidos aspectos da lógica computacional, além da determinação do estilo da interface (apresentação) a ser utilizada.

O registro dessa simulação é apresentado no quadro abaixo:

**Quadro 6: Reunião Validação - Interna (1º Nível)**

Data: 23/08/2017
<b>Instituição dos participantes: UFMG / CEMIG / UFOP / PUCMinas</b> <b>Quantidade de participantes: 6</b>
<b>ASSUNTOS TRATADOS</b>
1- 1ª Simulação ( <b>Registrada em Prova de Conceito (POC)</b> )
2- Apontamentos e registros da POC utilizar a referência "token" ao invés de palavra-chave; preenchimento obrigatório de todos os campos do novo empreendimento; escolha do número de votantes

Fonte: elaborado pelo autor. Adaptado de registro da pesquisa.

Desta primeira reunião presencial de validação surgiram sugestões e novas ideias, que foram desenvolvidas e avaliadas em um segundo nível de validação da aplicação. Na segunda etapa de validação realizaram-se testes das melhorias sugeridas e contou com a participação

dos membros já citados, além de engenheiros eletricitas. O objetivo incluiu, assim, a validação do conhecimento sob a perspectiva do especialista.

No terceiro momento de validação, foi realizada uma reunião presencial que contou com a presença de engenheiros eletricitas da concessionária energética, professores da UFOP, UFMG e outras instituições. Participaram também a equipe de além do grupo de pesquisa e teve o objetivo de realizar a validação final e completa, efetuando a utilização do sistema pelos especialistas do setor energético em uma simulação da aplicação.

Para esse experimento foram considerados dados que se aproximassem a uma situação similar às situações reais. Para a realização desse experimento se realizou, então, a prova prática da aplicação desenvolvida, que teve a participação de importantes gestores e especialistas mencionados. Assim, considerou-se como uma prova de validação registrada e aceita em ata, documento proveniente do projeto de pesquisa P&D.

A demonstração trazida neste estudo, no entanto, se refere ao resultado obtido sobre a aplicação do método sobre os critérios especificados condizentes a um experimento realizado anteriormente ao terceiro nível de validação registrado. Pela sua prévia aplicação, contou com a participação dos envolvidos no P&D, dos desenvolvedores, dos especialistas e dos professores. Visto que o terceiro nível de validação condiz com entrega registrada anteriormente, optou-se por utilizar essa simulação que a precede. Preserva-se assim, os dados obtidos e fornecidos, como seus participantes.

Para prática da simulação apresentada a seguir, definiu-se uma situação com características próximas à realidade para um novo investimento de geração de energia a partir das fontes consideradas. A próxima seção descreve e ilustra os resultados obtidos pela aplicação do método.

## **5.4 – Prática Experimental - Simulação**

Como foi descrito no capítulo de métodos multicritérios e exemplificado no capítulo de metodologia, são descritos nas próximas subseções cada uma das etapas para a realização do experimento. O principal objetivo, além da determinação de uma opção pelo método proposto, é a análise posterior dos resultados obtidos.

A primeira atividade, entretanto, é a definição da situação para a tomada de decisão, a ser considerada.

### **5.4.1 Hierarquização do Problema Proposto**

A elaboração da hierarquia do problema é um passo esperado para a aplicação do método AHP. Uma etapa que precede essa determinação, para as situações de empreendimentos específicos pelo escopo dessa pesquisa, é a avaliação viabilidade técnica das fontes consideradas. A justificativa técnica é utilizada para se determinar quais fontes são

viáveis em determinado cenário. Outros aspectos como considerações ambientais e de segurança do suprimento de energia (geração / distribuição) são considerados nessa fase. Caso apenas uma ou nenhuma fonte se provar viável na fase de análise da viabilidade técnica, não há necessidade de executar as seguintes fases.

A seguir, as fontes qualificadas são avaliadas do ponto de vista da viabilidade econômico-financeira. Para isso, foram considerados aspectos de disponibilidade da fonte, aspectos ambientais, desempenho e política energética da região para a situação proposta. Apenas as alternativas que atenderam aos requisitos técnicos são comparadas em termos de viabilidade econômica.

Foi considerado para este experimento a situação em que se tem a possibilidade de investimento para geração de 30 MW de eletricidade. Dentre as fontes consideradas, apenas três foram selecionados para tal empreendimento. Para este cenário, a energia proveniente de PCH mostrava-se tecnicamente inviável, sendo descartada das alternativas de decisão.

Sobre as alternativas que se mostravam viáveis, no entanto, algumas questões foram apresentadas. A definição entre a construção de uma usina eólica ou uma usina fotovoltaica mostrava impasse de escolha pela proximidade do tempo de retorno esperado pelo investimento.

A energia por meio das usinas de biomassa foi constatada tecnicamente viável e seus custos atrativos, ainda assim, a decisão precisava ser direcionada por critérios subjetivos estabelecidos pelas partes interessadas. Em estudos preliminares foi possível perceber que existia praticamente a mesma atratividade entre as usinas de biomassa e as usinas eólicas, para a região em estudo.

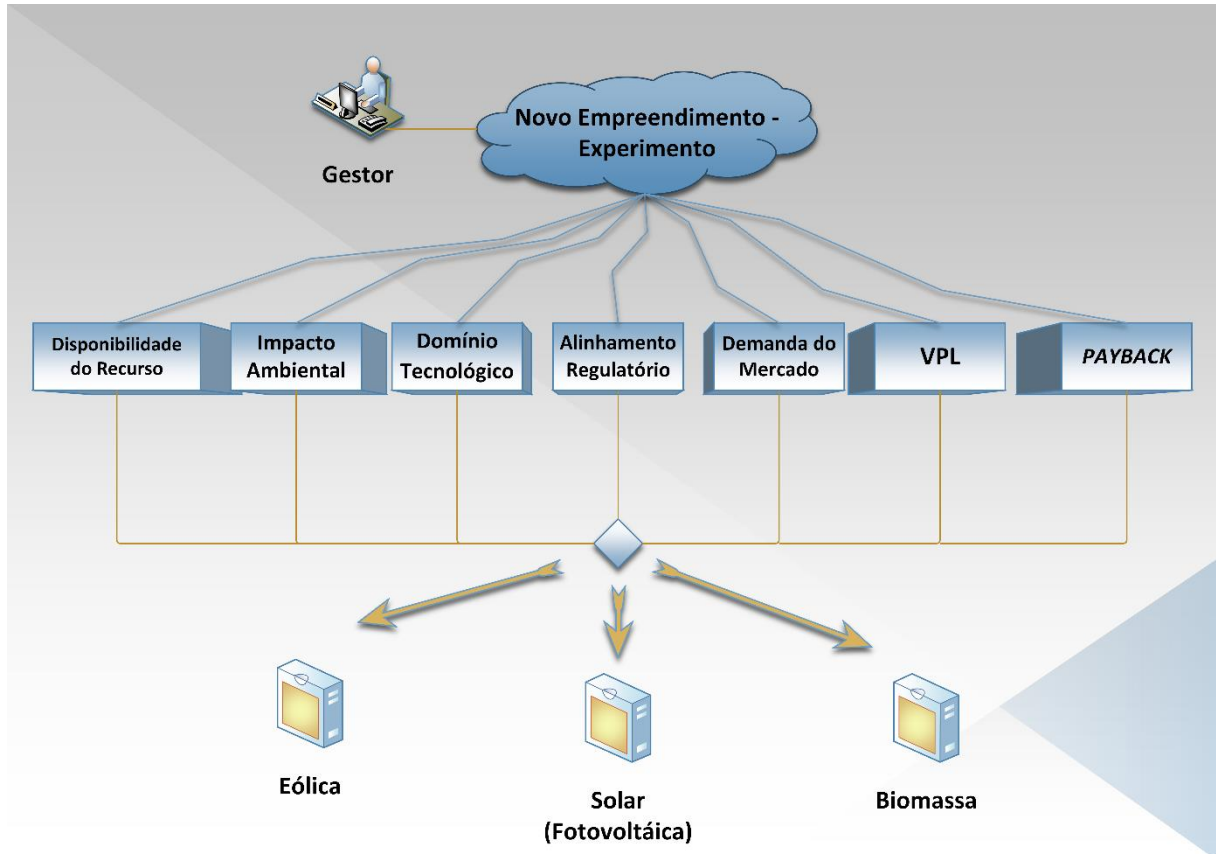
A solução desenvolvida incluiu os parâmetros categorizados como intangíveis no processo de tomada de decisão, combinando informações de várias fontes externas e internas da organização. Os resultados apresentados foram elaborados e adaptados para a adequação da aplicação do método multicritério e foram cumpridas na simulação as etapas descritas a seguir.

A hierarquização do problema foi definida pelo objetivo global, os sete critérios (dois tangíveis e cinco intangíveis) e as alternativas (das quatro fontes de geração de energia elétrica, foram consideradas, para esse experimento especificamente, as usinas eólicas, as usinas fotovoltaicas e as usinas de biomassa).

A próxima figura ilustra, assim, a situação apresentada ao gestor (para o experimento foi considerado os julgamentos realizados por um especialista, um professor de engenharia elétrica e a coordenadora do P&D, todos, participantes do P&D e colaboradores desta pesquisa). A situação apresentada foi a descrita acima e foram então realizados os julgamentos.

A avaliação e os julgamentos sobre os critérios identificados foram armazenados em matrizes.

**Figura 14: Hierarquização - Experimento**



Fonte: elaborado pelo autor.

No entanto, antes da realização dos julgamentos paritários, foi necessário, também com o auxílio de especialistas e professores, definir os valores tangíveis para a situação elaborada. Para o problema proposto, foi realizada a aplicação do modelo-financeiro e resultou no índice valor presente líquido e no *payback*, para cada uma das fontes mencionadas, referenciados como os critérios tangíveis.

#### 5.4.2 Definição dos Critérios Tangíveis do Experimento

Para a definição dos critérios tangíveis realizou-se, sob a supervisão de um membro do grupo de pesquisa, a inserção dos dados da situação definidas para esse experimento.

**Tabela 13: VPL Considerado**

<i>Fonte</i>	<b>Valor (VPL)</b>
<i>Eólica</i>	<b>R\$ 137.000.000</b>
<i>Fotovoltaica</i>	<b>R\$ 122.000.000</b>



*Biomassa***R\$ 89.000.000**

Fonte: elaborado pelo autor. Adaptado de registro de pesquisa.

A tabela anterior traz os valores de referência considerados para o índice VPL, definidos para cada uma das fontes analisadas. Foram realizados os cálculos no modelo financeiro e deste, obtidos os valores apresentados, também, na próxima tabela.

Na tabela 14 são apresentados os resultados obtidos para a definição do índice *Payback*. Estes valores correspondem à expectativa de tempo de retorno esperado, especificadamente para cada fonte:

**Tabela 14: *Payback* Considerado**

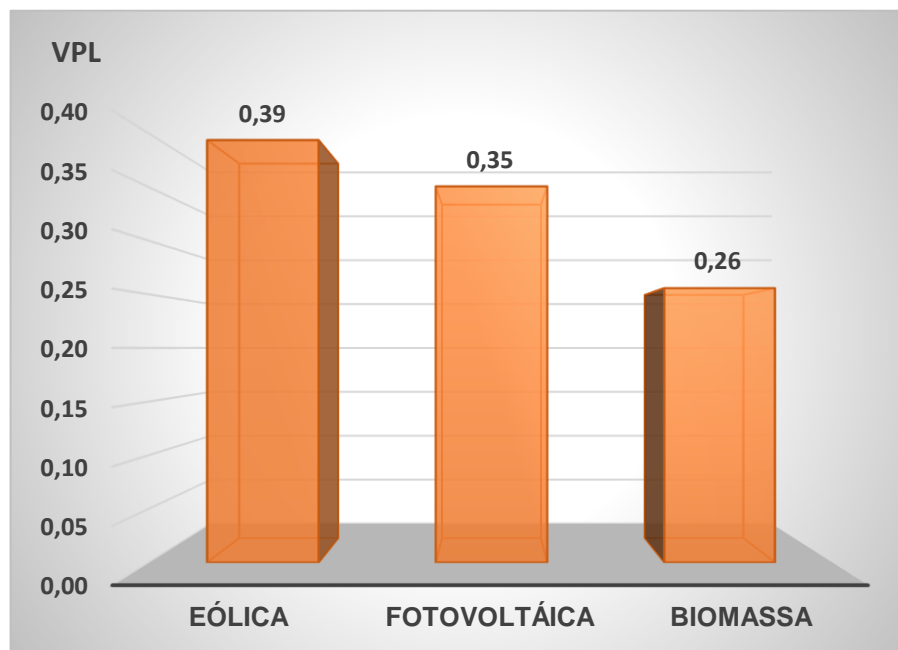
<i>Fonte</i>	<i>PAYBACK (em anos)</i>
<i>Eólica</i>	<b>19</b>
<i>Fotovoltaica</i>	<b>20</b>
<i>Biomassa</i>	<b>16</b>

Fonte: elaborado pelo autor. Adaptado de registro de pesquisa.

De posse desses valores foi possível realizar a ponderação que consiste na normalização do vetor de valores destes índices. O vetor resultante em conjunto com a obtenção dos julgamentos realizados entre os demais critérios, compõem as prioridades médias locais dos critérios sob a perspectiva de cada fonte assinalada.

O próximo gráfico mostra o resultado da ponderação do critério VPL:

**Gráfico 8: VPL – Ponderação**

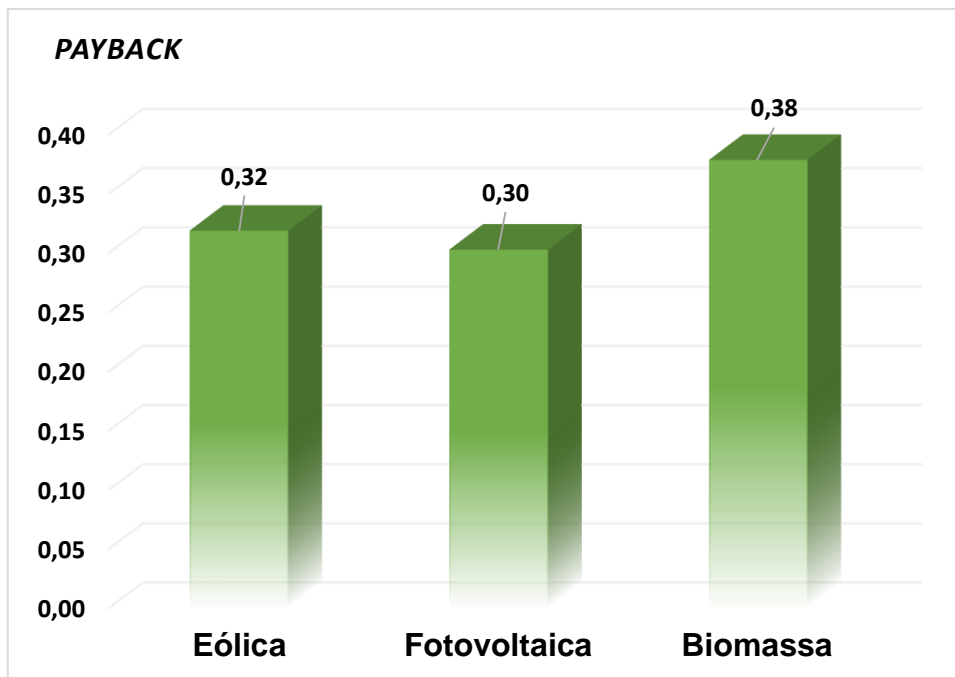


Fonte: elaborado pelo autor. Adaptado de registro da pesquisa.

Pelos valores apresentados pode-se afirmar que a usina Eólica apresenta, nessa situação, uma pequena margem de vantagem em relação às usinas fotovoltaicas, ficando as usinas de biomassa com a pior projeção, do ponto de vista desse critério. No entanto, o objetivo nesse momento é a determinação desses valores para cumprir as próximas etapas do experimento.

O mesmo cálculo de ponderação foi realizado para o critério *Payback*, considerado o cenário proposto, e é ilustrado no gráfico a seguir:

**Gráfico 9: Payback - Ponderação**



Fonte: elaborado pelo autor. Adaptado de registro de pesquisa.

O cálculo destes parâmetros tangíveis corresponde à sua ponderação em relação ao objetivo global. Nesse aspecto, está relacionado a valores que foram considerados para a efetivação do empreendimento. Como são quantificáveis, não se aplica sua disponibilização para julgamento dos gestores sob a perspectiva do objetivo global. É, no entanto, valorado em relação aos demais critérios, em outra etapa da aplicação do método.

### 5.4.3 Matrizes de Julgamentos

Para todos os critérios, incluindo aqui os tangíveis e os intangíveis, foram realizados os julgamentos entre seus pares, com o objetivo de se determinar a prioridade média local, valor que expressa a importância relativa entre eles. A realização dos julgamentos resulta em matrizes, as quais, após serem normalizadas, fornecem os vetores utilizados para o cálculo do resultado final. Existem dois tipos de vetores resultantes, que serão descritos a seguir.

Para a elaboração dessas matrizes foi utilizado o recurso computacional, desenvolvido para atender a demanda do P&D, em ambiente de teste. Os dados foram inseridos pelo autor e, para o experimento, a próxima figura apresenta a definição do empreendimento considerado:

**Figura 15: Definição do Empreendimento**

**Identificador do empreendimento**

  
**Descrição do empreendimento**  
**Palavra-chave**  
**Quantidade de votantes**  
**Selecione as fontes de energia**

- Eólica
- Solar
- Biomassa
- PCH

Fonte: simulação elaborada pelo autor em protótipo computacional.

Os valores definidos anteriormente para os critérios VPL e *Payback* foram, respectivamente, inseridos na aplicação como mostra a próxima figura:

**Figura 16: Inserção de Valores - VPL, *Payback***

### Selecione as fontes de energia

- Eólica  
 Solar  
 Biomassa  
 PCH

-	VPL (R\$)	Payback (meses)
<b>Eólica</b>	137.000.000,00	19
<b>Solar</b>	122.000.000,00	20
<b>Biomassa</b>	89.000.000,00	16
Selecione ao menos duas fontes de energia		

Fonte: simulação elaborada pelo autor em protótipo computacional.

Foram realizados, então, os julgamentos entre os critérios apresentados. Para a inserção de dados do experimento foi considerado a média dos votos obtidos na reunião realizada previamente à validação final do recurso computacional. Foram considerados quatro votos e pela média obteve-se a seguinte matriz:

**Tabela 15: Matriz de Julgamento - Experimento**

<i>Objetivo Global</i>	Disponibilidade de Recursos Energéticos	Impacto Ambiental	Domínio da Tecnologia	Alinhamento Regulatório	Demanda do Mercado	VPL	PAYBACK
Disponibilidade de Recursos Energéticos	1,00	1,50	2,33	2,33	2,80	0,60	1,50
Impacto Ambiental	0,67	1,00	1,83	0,63	1,13	3,00	1,50
Domínio da Tecnologia	0,43	0,55	1,00	2,00	2,00	3,00	1,17
Alinhamento Regulatório	0,43	1,58	0,50	1,00	1,50	1,67	1,10
Demanda do Mercado	0,36	0,88	0,50	0,67	1,00	2,50	2,00
VPL	1,67	0,33	0,33	0,60	0,60	1,00	1,50
PAYBACK	0,67	0,67	0,86	0,91	0,50	0,67	1,00

Fonte: elaborado pelo autor baseado em dados da pesquisa.

Da normalização dessa matriz de julgamentos resulta o vetor de prioridade global (VPG). Assim, para obtê-lo, realiza-se a divisão de cada elemento pelo somatório de sua respectiva coluna. O vetor obtido está destacado na próxima tabela como VPG:

**Tabela 16: Normalização da Matriz de Julgamento e cálculo do VPG**

<i>Objetivo Global</i>	Disponibilidade de Recursos	Impacto Ambiental	Domínio da Tecnologia	Alinhamento Regulatório	Demanda do Mercado	VPL	PAYBACK	VPG
Disponibilidade de Recursos Energéticos	0,19	0,23	0,32	0,29	0,29	0,05	0,15	0,22
Impacto Ambiental	0,13	0,15	0,25	0,08	0,12	0,24	0,15	0,16
Domínio da Tecnologia	0,08	0,08	0,14	0,25	0,21	0,24	0,12	0,16
Alinhamento Regulatório	0,08	0,24	0,07	0,12	0,16	0,13	0,11	0,13
Demanda do Mercado	0,07	0,14	0,07	0,08	0,10	0,20	0,20	0,12
VPL	0,32	0,05	0,05	0,07	0,06	0,08	0,15	0,11
PAYBACK	0,13	0,10	0,12	0,11	0,05	0,05	0,10	0,10

Fonte: elaborado pelo autor baseado em dados da pesquisa.

O VPG, como explicado anteriormente, é utilizado no cálculo do resultado final. Para isso, o VPG é associado aos vetores de prioridade média local, os quais são estabelecidos pelos julgamentos realizados entre as alternativas, sob a perspectiva de cada critério. As próximas tabelas ilustram as matrizes obtidas por estes julgamentos. O processo é o mesmo que o anterior e foi considerada a média dos votos realizados pelos participantes.

**Tabela 17: Matrizes de Julgamento - Alternativas e Critérios**

<b>Disponibilidade de Recursos Energéticos</b>	Eólica	Solar	Biomassa
Eólica	1,00	0,27	0,27
Solar	3,75	1,00	2,00
Biomassa	3,75	0,50	1,00
<b>Domínio da Tecnologia</b>	Eólica	Solar	Biomassa
Eólica	1,00	2,00	3,00
Solar	0,50	1,00	4,00
Biomassa	0,33	0,25	1,00
<b>Demanda do Mercado</b>	Eólica	Solar	Biomassa
Eólica	1,00	1,67	3,00
Solar	0,60	1,00	0,60
Biomassa	0,33	1,67	1,00
<b>Impacto Ambiental</b>	Eólica	Solar	Biomassa
Eólica	1,00	0,27	0,20
Solar	3,75	1,00	2,00
Biomassa	5,00	0,50	1,00
<b>Alinhamento Regulatório</b>	Eólica	Solar	Biomassa
Eólica	1,00	2,00	1,00
Solar	0,50	1,00	3,00
Biomassa	1,00	0,33	1,00

Fonte: elaborado pelo autor baseado em dados da pesquisa.

Das matrizes de julgamento são obtidas a Prioridade Média Local considerando cada critério em relação às alternativas. O processo de normalização das matrizes é realizado e obtêm-se os vetores correspondentes como mostra a próxima figura:

**Tabela 18: Normalização e Cálculo de PML**

<b><i>Disponibilidade de Recursos Energéticos</i></b>	<b>Eólica</b>	<b>Solar</b>	<b>Biomassa</b>	<b>PML</b>
<b>Eólica</b>	<b>0,12</b>	<b>0,15</b>	<b>0,08</b>	<b>0,12</b>
<b>Solar</b>	<b>0,44</b>	<b>0,57</b>	<b>0,61</b>	<b>0,54</b>
<b>Biomassa</b>	<b>0,44</b>	<b>0,28</b>	<b>0,31</b>	<b>0,34</b>
<b><i>Domínio da Tecnologia</i></b>	<b>Eólica</b>	<b>Solar</b>	<b>Biomassa</b>	<b>PML</b>
<b>Eólica</b>	<b>0,55</b>	<b>0,62</b>	<b>0,38</b>	<b>0,51</b>
<b>Solar</b>	<b>0,27</b>	<b>0,31</b>	<b>0,50</b>	<b>0,36</b>
<b>Biomassa</b>	<b>0,18</b>	<b>0,08</b>	<b>0,13</b>	<b>0,13</b>
<b><i>Demanda do Mercado</i></b>	<b>Eólica</b>	<b>Solar</b>	<b>Biomassa</b>	<b>PML</b>
<b>Eólica</b>	<b>0,52</b>	<b>0,38</b>	<b>0,65</b>	<b>0,52</b>
<b>Solar</b>	<b>0,31</b>	<b>0,23</b>	<b>0,13</b>	<b>0,22</b>
<b>Biomassa</b>	<b>0,17</b>	<b>0,38</b>	<b>0,22</b>	<b>0,26</b>
<b><i>Impacto Ambiental</i></b>	<b>Eólica</b>	<b>Solar</b>	<b>Biomassa</b>	<b>PML</b>
<b>Eólica</b>	<b>0,10</b>	<b>0,15</b>	<b>0,06</b>	<b>0,11</b>
<b>Solar</b>	<b>0,38</b>	<b>0,57</b>	<b>0,63</b>	<b>0,53</b>
<b>Biomassa</b>	<b>0,51</b>	<b>0,28</b>	<b>0,31</b>	<b>0,37</b>
<b><i>Alinhamento Regulatório</i></b>	<b>Eólica</b>	<b>Solar</b>	<b>Biomassa</b>	<b>PML</b>
<b>Eólica</b>	<b>0,40</b>	<b>0,40</b>	<b>0,40</b>	<b>0,40</b>
<b>Solar</b>	<b>0,37</b>	<b>0,37</b>	<b>0,37</b>	<b>0,37</b>
<b>Biomassa</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>

Fonte: elaborado pelo autor baseado em dados da pesquisa.

Observa-se que para esses julgamentos realizados não foram considerados os parâmetros tangíveis, VPL e *Payback*, pois, as suas ponderações em relação às alternativas já haviam sido realizadas previamente.

Assim, os valores obtidos por essa ponderação são mostrados na próxima tabela. Esses valores e todas as PML descritas acima fazem parte do cálculo da Prioridade Global.

Tabela 19: PML - Tangíveis

<b>VPL</b>	<b>Valor</b>	<b>PML</b>
<b>Eólica</b>	<b>R\$ 137.000.000</b>	<b>0,39</b>
<b>Solar</b>	<b>R\$ 122.000.000</b>	<b>0,35</b>
<b>Biomassa</b>	<b>R\$ 89.000.000</b>	<b>0,26</b>
<b>PAYBACK</b>	<b>Anos</b>	<b>PML</b>
<b>Eólica</b>	<b>19</b>	<b>0,32</b>
<b>Solar</b>	<b>20</b>	<b>0,30</b>
<b>Biomassa</b>	<b>16</b>	<b>0,38</b>

Fonte: elaborado pelo autor baseado em dados da pesquisa.

De posse dos valores dessa ponderação, com os vetores de PML dos parâmetros intangíveis descritos acima, obteve-se o resultado da aplicação, descrito na próxima subseção.

#### 5.4.4 Obtenção e Análise do Resultado - Experimento

Para a obtenção do resultado da aplicação foram então realizados os seguintes cálculos:

- Vetor de Prioridade Global (VPG) é resultante dos cálculos realizados e demonstrados anteriormente. Esses cálculos, normalização e determinação da média ponderada dos critérios, são baseados na matriz de julgamento resultante da avaliação dos critérios em relação ao objetivo global.

- A Prioridade Média Local (PML) de cada alternativa em relação aos critérios. Para esse cálculo, foram consideradas as matrizes de julgamento das alternativas sobre os critérios intangíveis e, para os critérios tangíveis, os cálculos realizados foram realizados sobre os valores definidos pelo modelo econômico-financeiro citado e inseridos na aplicação, conforme demonstrado anteriormente.

Assim foi possível realizar os cálculos que definem a Prioridade Global, indicando qual alternativa demonstra ser a mais coerente com os julgamentos realizados pelo gestor ou pelo grupo de decisão.

Para isso, utilizou-se da estrutura do cálculo da PG, da seguinte forma sumarizada:

$$PG_{A1} = (VPG_{p1} \times PML_{C1p1} + VPG_{p2} \times PML_{C2p1} + \dots + VPG_{p7} \times PML_{C7p1})$$

$$PG_{A2} = (VPG_{p1} \times PML_{C2p1} + VPG_{p2} \times PML_{C2p2} + \dots + VPG_{p7} \times PML_{C7p2})$$

$$PG_{A3} = (VPG_{p1} \times PML_{C1p3} + VPG_{p2} \times PML_{C2p3} + \dots + VPG_{p7} \times PML_{C7p3})$$

Onde **p** é a posição correspondente nos vetores associados ao VPG e à PML, para todos os sete critérios (**C**) utilizados no experimento.

Para a melhor visualização desse cálculo, está disposto na próxima tabela a correspondência entre os vetores de critérios:



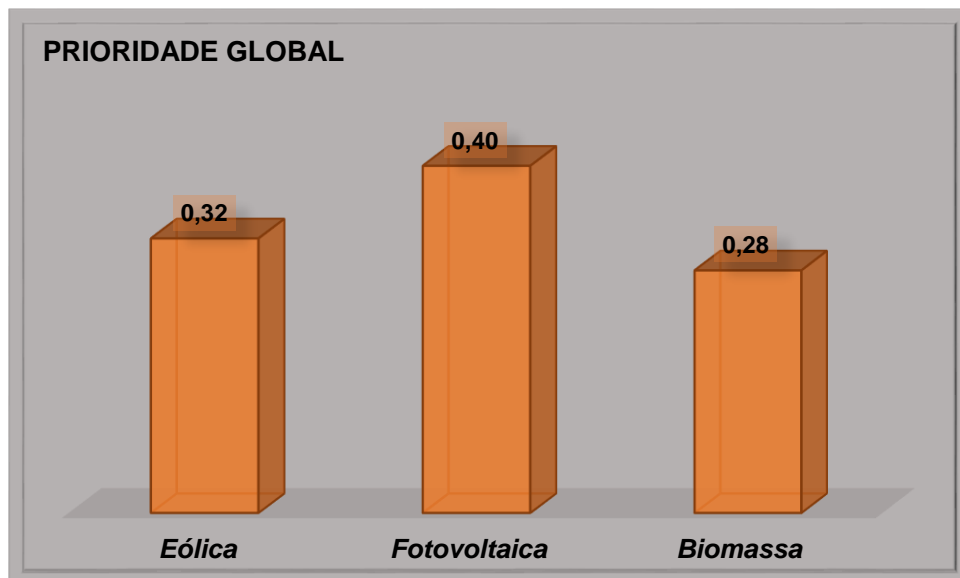
Tabela 20: Cálculo da Prioridade Global

<i>Critérios</i>	Disponibilidade do Recurso Energético	Impacto Ambiental	Domínio da Tecnologia	Alinhamento Regulatório	Demanda do Mercado	VPL	Payback	PG
VPG	0,22	0,16	0,16	0,13	0,12	0,11	0,1	
<i>Alternativas</i>	<i>PML C1</i>	<i>PML C2</i>	<i>PML C3</i>	<i>PML C4</i>	<i>PML C5</i>	<i>PML C6</i>	<i>PML C7</i>	
Eólica	0,12	0,1	0,55	0,4	0,52	0,39	0,32	0,32
Fotovoltaica	0,54	0,53	0,36	0,37	0,22	0,35	0,3	0,40
Biomassa	0,34	0,37	0,13	0,23	0,26	0,26	0,38	0,28

Fonte: elaborado pelo autor baseado em dados da pesquisa.

A Prioridade Global encontrada demonstra a alternativa que é a mais indicada para a solução da decisão proposta, como também é ilustrado pelo gráfico a seguir:

Gráfico 10: Resultado da Prioridade Global



Fonte: elaborado pelo autor baseado em dados da pesquisa.

Como resultado, esse experimento da aplicação baseou-se em decisão que expressa a percepção do gestor ou especialista do setor energético, no que diz respeito aos investimentos em geração de eletricidade. Nesse sentido, o resultado expressa a implementação do processo de tomada de decisão, com base nos julgamentos realizados e levando-se em consideração os parâmetros levantados como os critérios do método utilizado.

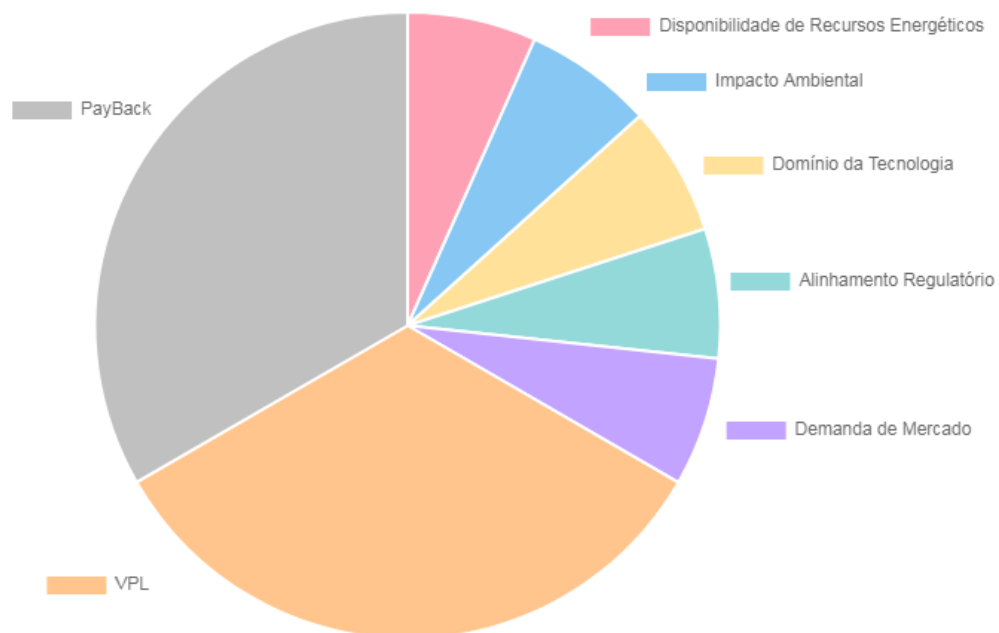
A próxima seção traz o resultado obtido considerando apenas os critérios tangíveis utilizados (VPL e *Payback*) para poder se realizar a comparação dos resultados obtidos para esse experimento.

## 5.5 – Comparação de Resultados

Um dos objetivos propostos para a realização dessa pesquisa era verificar se a utilização de parâmetros intangíveis, os quais foram levantados por meio dos processos descritos durante todo o trabalho, ocasiona de fato alguma alteração no resultado final de uma decisão estratégica.

Logo, para a situação proposta foram realizados os julgamentos de forma que se considerasse todos os outros critérios de mesma importância, exceto os dois critérios tangíveis (VPL e *Payback*) que tiveram a sua importância delgada, para que deles se obtivesse o resultado final. A importância, ocasionada por essa votação tendenciosa foi proposital para que estes critérios fossem os responsáveis pela saída final da aplicação e é demonstrada no gráfico obtido, como segue:

**Figura 17: Importância Relativa dos Critérios**



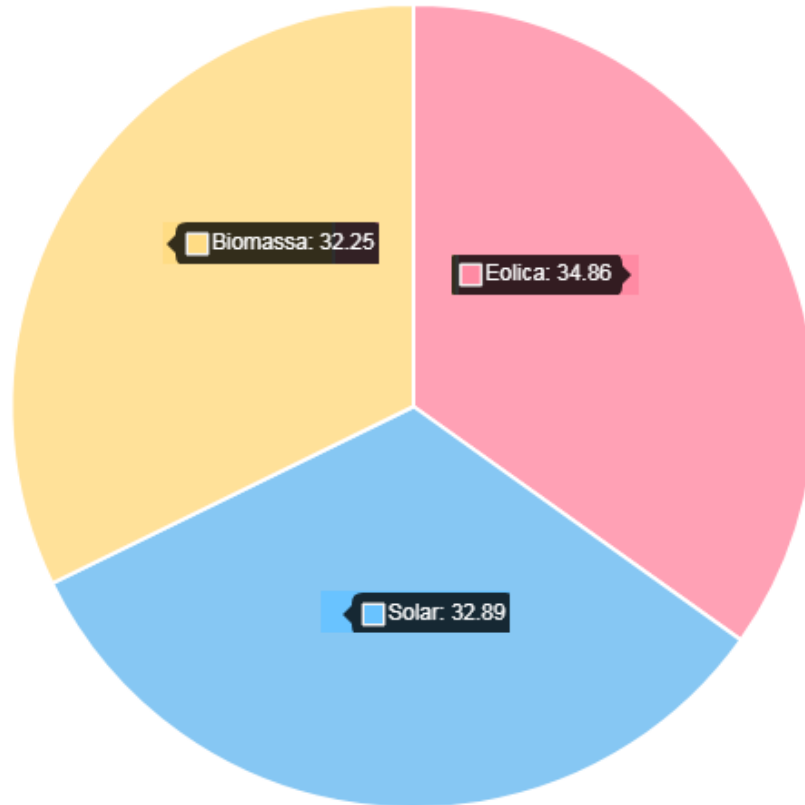
Fonte: elaborado pelo autor.

Uma vez determinada a importância desses dois critérios de forma que ficasse evidenciado a sua priorização, realizou-se a determinação das matrizes de julgamento de forma parcial. Essa parcialidade foi obtida pelo julgamento sempre de mesmo peso e de igual peso para os demais critérios. Pôde-se assim, obter o resultado final baseado apenas nas importâncias e na ponderação dos critérios tangíveis.

O propósito dessa parte do experimento, como dito anteriormente, foi verificar que quando se utiliza apenas de parâmetros mensurados o resultado é obtido por determinação matemática e lógica, e não considera os julgamentos dos gestores sobre os demais parâmetros que concernem às decisões estratégicas.

Assim, o próximo gráfico apresenta o resultado obtido a partir da consideração destes critérios tangíveis:

**Figura 18: Resultado Final - Critérios Tangíveis**



Fonte: elaborado pelo autor

Por este resultado, considerando-se os valores dos critérios tangíveis utilizados é possível afirmar que, como esperado, o critério que possui maior representatividade dentre os parâmetros considerados é o que determina o resultado.

No entanto, ao se buscar melhorias no processo decisório, deve se analisar um conjunto de vários atributos (alternativas, critérios, subcritérios ou constructos que estejam relacionados ao produto, decisão final). Para isso, as decisões não podem ser baseadas apenas em atributos tangíveis, mas, devem ser estudados também, os atributos intangíveis e subjetivos, tais como segurança, conforto e satisfação, que são difíceis de se avaliar com precisão. Ou seja, as decisões são compostas de vários elementos complexos (Stefano, 2014).

A próxima seção define um artefato metodológico, na forma de uma ilustração, que define os passos sugeridos para a realização da identificação do conhecimento tácito e sua conversão para elementos explícitos, neste caso, sob a forma de critérios intangíveis.

## 5.6 – Definição de Etapas Metodológicas para Conversão do Conhecimento

Ao se realizar essa pesquisa, buscou-se, dentro da perspectiva da Gestão do Conhecimento e do modelo de conversão do conhecimento proposto por Nonaka e Takeuchi (1997), citados no capítulo de Referencial Teórico, a obtenção de termos explícitos para representar os critérios intangíveis. Estes, foram assim considerados por não estarem presentes de forma explícita em documentos, resoluções, normas ou quaisquer outra fonte de informação utilizada para a tomada de decisão estudada.

É esperado, contudo, que haja uma continuidade na proposta aqui descrita pois os elementos que compõem uma decisão, principalmente em um mercado onde a mudança de regulação é constante, há a necessidade de se atualizar e atualizar os mecanismos de coleta descritos em todo o processo de desenvolvimento deste trabalho.

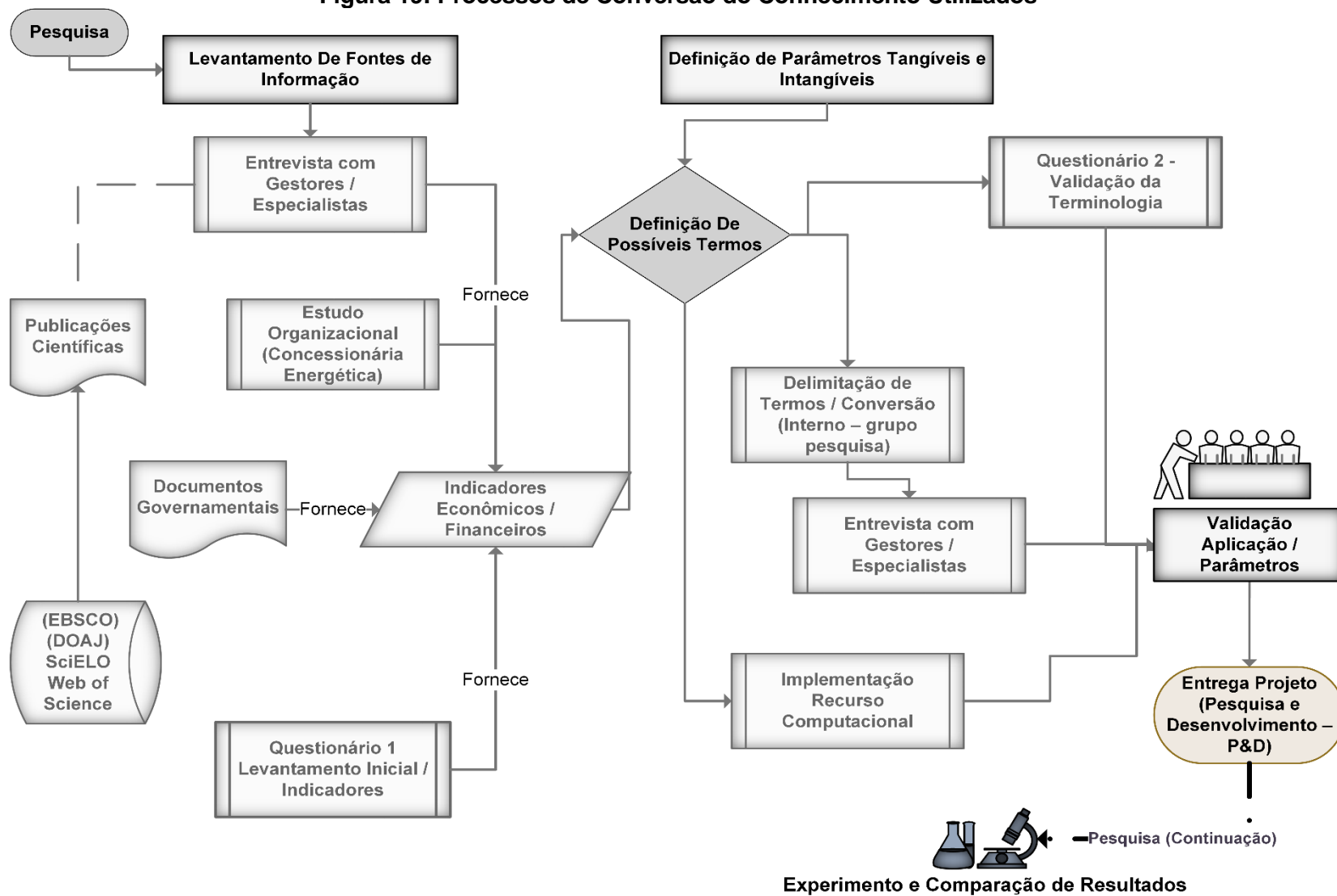
Na próxima figura são ilustrados os principais processos de gestão e organização da informação que foram adotados para o desenvolvimento dessa pesquisa. É importante salientar que o desenvolvimento da pesquisa e a identificação dos processos citados foram possíveis devido à disponibilidade e ao interesse dos envolvidos, como os professores, os pesquisadores, a concessionária energética sempre presente com o gerente de projetos. Desse modo, todos os envolvidos se mostraram sempre prestativos e empenhados no desenvolvimento das etapas que compõem os trabalhos. Sem esse apoio e disponibilidade, provavelmente seria inviável a realização e a identificação de todos esses processos que são distintos da área de formação deste autor.

Pelo levantamento das fontes de informação, procurou-se enumerar os principais recursos informacionais, tanto de cunho científico quanto das regulamentações específicas do setor energético, que são utilizados como insumo nos processos relacionados à tomada de decisão das concessionárias energéticas. A determinação de indicadores do setor e os processos envolvidos nas decisões estudadas resultaram no encerramento desta etapa da pesquisa, que contou com entrevistas e com a aplicação de questionário. Em ambos os respondentes foram pessoas detentoras de alto nível de conhecimento sobre o assunto.

Após a definição dos indicadores chegou-se à especificação de termos que os sintetizassem, possibilitando a aplicação de um método multicritério estabelecido, com um número razoável de interações do usuário (gestor).

O processo de validação da terminologia, realizado em paralelo ao processo de desenvolvimento da aplicação computacional, representa a conversão do conhecimento. Novamente, isso só foi possível com a participação efetiva de indivíduos diretamente ligados ao negócio. Foram realizadas entrevistas pessoais e também a aplicação de outro questionário com a finalidade de se efetivar a validação dos elementos considerados.

Figura 19: Processos de Conversão do Conhecimento Utilizados



Pela consideração das etapas propostas é esperado que haja a identificação de conceitos relativos às tomadas de decisões estratégicas de forma que os elementos trazidos sejam obscuros ou não identificáveis pelos documentos e fontes de informações usualmente utilizados pelos gestores. Resolve-se, que por meio da aproximação e entrevistas que levante questões pertinentes ao tema, ao mercado e a prospecção das atividades relacionadas, obtenha-se tais elementos e que, pela utilização de um método multicritério possa ser definido um meio de utilizá-los no processo decisório.

O próximo capítulo encerra a elaboração desse trabalho além de sugerir melhorias e sugestões de novas aplicações.

## 6 Considerações Finais

O objetivo deste estudo foi demonstrar a aplicabilidade de conceitos e técnicas associadas à gestão e organização do conhecimento para auxiliar no processo de tomada de decisões estratégicas. Procurou-se demonstrar por um experimento prático a conversão de conhecimento tácito em explícito e obter, assim, elementos inerentes às decisões estratégicas no contexto específico da geração de energia elétrica.

A metodologia, sendo uma pesquisa qualitativa, baseou-se em procedimentos que descrevem os passos adotados para se atingir os objetivos. Além destes, utilizou-se do embasamento do estudo de caso específico do P&D, realizado em conjunto com a instituição de ensino e a concessionária energética.

A identificação e o levantamento de parâmetros no processo decisório é complexo por envolver o aspecto subjetivo dos gestores de determinado setor. O acesso facilitado a documentos e pessoas foi um diferencial para a elaboração do trabalho.

O estudo tem duas contribuições relevantes dentre outras. A primeira de cunho científico, que é o desenvolvimento e a validação de termos que representassem a mensuração de conhecimento tácito. Outras pesquisas poderão usar a operacionalização da determinação desses fatores discutidos aqui em análises mais amplas, tendo estas etapas como variável independente, dependente ou interveniente em outros modelos teóricos.

Outra contribuição que se considera sobre o desenvolvimento da pesquisa é a relevância do tema para novas soluções da crescente demanda de geração de energia elétrica. A atividade de geração tem sido amplamente divulgada e muitos países se voltam para as opções menos poluentes e que ocasionam menor impacto negativo ao meio ambiente. Na elaboração do presente trabalho, foi priorizada a utilização das fontes alternativas renováveis (eólica, solar ou fotovoltaica e biomassa). A disponibilidade desses recursos, no Brasil, pode ser aproveitada e, se bem utilizada, propiciar uma matriz de geração de energia elétrica cada vez mais limpa e sustentável.

Para todos os julgamentos realizados, armazenados e dos quais se obtiveram os valores de VPG, PML e PG, foram também definidos o índice de consistência de cada uma das matrizes de julgamento. Esse índice é uma medida da qualidade do voto e pode ser usado para rejeitar votos que possivelmente foram realizados de forma aleatória. Como a votação é anônima, foi importante o desenvolvimento de mecanismos para a validação dos votos computados, uma vez que alguns participantes sem interesse na pesquisa poderiam votar de maneira a prejudicar a qualidade do resultado.

Assim, outra finalidade da reunião de validação da aplicação computacional foi produzir uma amostra de votos e realizar o cálculo de suas respectivas razões de inconsistência. A razão de inconsistência avalia a coesão de um voto. O cálculo é realizado pela comparação da

consistência de um voto com a consistência média de um conjunto de votos aleatórios. Quanto mais próximo de um voto aleatório, menos coeso é o voto, e menor será o índice de consistência.

Para esta validação, os valores de entrada foram os obtidos da amostra de usuários finais (especialistas, consultores, pesquisadores e professores presentes na reunião de validação da aplicação). Com isso, foi definido uma nota de corte diferente da proposta pelo Saaty (1990), que define a consistência da matriz de julgamento. Essa diferença foi discutida e, pela característica do contexto e da proposta do P&D, apresenta margem maior de aceitação e para a validação dos julgamentos. A aplicação desenvolvida apresenta esta avaliação como sugestão, e cabe ao gestor definir se o voto será computado ou não.

A razão de inconsistência é útil porque mede a coerência de um voto, e por ela pode se identificar votos que foram realizados de maneira aleatória. Durante o desenvolvimento deste sistema foram realizados testes com especialistas de modo a estabelecer um valor para a razão de inconsistência que indique, com margem de segurança, um voto inconsistente. O valor estabelecido para o trabalho foi de 30%. Isso significa que, se a matriz resultante dos julgamentos exceder o cálculo da razão de inconsistência média acima de 30%, é provável que os votos estejam incongruentes e seja necessária nova votação.

É possível afirmar pelos resultados demonstrados que a utilização de parâmetros intangíveis, os quais foram levantados por meio dos processos descritos durante todo o trabalho, ocasiona de fato alguma alteração no resultado final de uma decisão estratégica. Considerando apenas os critérios tangíveis percebe-se que, pela aplicação do método, o resultado obtido tende a ser uma das alternativas que detém os valores mensurados mais altos. No entanto, a alternativa final, quando se utiliza os demais critérios é distinta da obtida quando se considera apenas os tangíveis.

Neste contexto, a demonstração da aplicabilidade da conversão de conhecimento foi útil para sintetizar uma grande quantidade de termos envolvidos no processo decisório. Esses termos foram essenciais para se verificar a importância do aspecto subjetivo nas decisões estratégicas consideradas.

dos termos escolhidos.

Assim, pela elaboração e pela identificação dos passos descritos são considerados etapas importantes da aplicação do modelo metodológico proposto em diferentes áreas. Atualmente, existe um grupo de pesquisa que se utiliza de algumas das prerrogativas aqui descritas para o processo de identificação de parâmetros. Esse grupo tem trabalhos relacionados com a identificação de parâmetros por meio de dados obtidos pelo *Building Information Model* (BIM) e com decisões para empreendimentos de engenharia, desde reformas em edifícios à construções totalmente novas, buscando a integração de dados e informações processadas.



A ilustração dos processos identificados e utilizados nessa pesquisa pode ser útil, também, na delimitação de diversos problemas, mas é perceptível a necessidade de se aproximar de pessoas altamente capacitadas e detentoras de conhecimento da área abordada. Como já mencionado, foram pessoas com alto grau de comprometimento e de conhecimento do tema de pesquisa que possibilitaram a execução deste trabalho.

## Referências

- ANDRADE, R.; AMBONI, N. **TGA – Teoria Geral da Administração**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Boletim de Informações Gerenciais**. 1º trimestre, 2019. Disponível em: < <https://www.aneel.gov.br/informacoes-gerenciais>>. Acesso em: 06 Jan. 2020.
- BABBIE, E. **Métodos de Pesquisas de Survey**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2001.
- BALMAT, J.; LAFONT, F.; MAIFRET, R.; PESSEL, N. A decision-making system to maritime risk assessment. **Ocean Engineering**, V.38, n.1, p.171-176, 2011.
- BEHZADIAN, M.; KAZEMZADEH, R. B.; ALBADVI, A.; AGHDASI, M. PROMETHEE: A comprehensive literature review of applications and methodologies. **European Journal of Operational Research**, v.200, n.1, p.198–215, 2010.
- BARACHO, F. R. A. C.; BARACHO, R. M. A.; BONATTI, R. A.; SILVA, C. H. F. Knowledge Management in Electricity Generation Strategic Decisions: The Dawn of the Renewable Age **In: 2018 International Conference on Smart Grid (icSmartGrid)**, 2018, Nagasaki. 2018 International Conference on Smart Grid (icSmartGrid), p.148 – 153, 2018.
- BARACHO, R. M. A.; BARACHO, F. R. A. C.; BONATTI, R. A.; FERREIRA, L. G. F.; TEIXEIRA, L. M. D.; LIMA, B. C. **Relatório de Pesquisa - ETAPA 5 - PROJETO APQ-03371-12 - CEMIG-FAPEMIG - Desenvolvimento do Protótipo**, Julho 2017. (Relatório de pesquisa). [1]
- BARACHO, R. M. A.; BARACHO, F. R. A. C.; BONATTI, R. A.; PESSANHA, C.; REZENDE, M. M. S.; LIMA, F. B.; SILVA, C. H. F. Information Management for the Decision Making Process of Alternative Renewable Sources of Energy **In: The 20th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics**, 2017, Orlando. World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics 2017. Orlando: International Institute of Informatics and Systemics, v.1, p.1 – 6, 2017 [2].
- BARACHO, R. M. A.; BONATTI, R. A.; MATTOS, M. C. Modelo de apoio a decisão para empreendimentos do setor energético – Decision support model for investments in the electricity sector. **In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação**, 2014, Belo Horizonte. Anais, Belo Horizonte: UFMG, 2014.
- BENTES, A. V.; CARNEIRO, J., Da Silva, J. F.; KIMURA, H. Multidimensional assessment of organizational performance: Integrating BSC and AHP. **Journal of Business Research**, V.65, n.12, p.1790-1799, 2012.
- BI, G.; SHAO, Y.; SONG, W.; YANG, F.; LUO, Y. A performance evaluation of China's coal-fired power generation with pollutant mitigation options. **Journal of Cleaner Production**, v. 171, p.867-876, 2018.
- BONATTI, R. A.; BARACHO, R.M.A.; BARACHO, F. R. A. C.; PESSANHA, C. P.; REZENDE, M. M. S.; LIMA, F. B.; SILVA, C. H. F. Análise de projeção e viabilidade técnica de novos empreendimentos para geração de energia elétrica. **In: XVII ENANCIB 2016 - Encontro Nacional em Ciência da Informação**, 2016, Salvador. Anais do XVII ENANCIB 2016 - Encontro Nacional em Ciência da Informação. Salvador: Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Ciência da Informação (ANCIB), 2016. v. 1. p. 1-20.

BONATTI, R. A.; BARACHO, R. M. A. A gestão da informação e o processo decisório no setor energético: mensuração de critérios e alternativas. **Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação e Biblioteconomia**, v. 10, p. 237-249, 2015.

BONATTI, R. A.; BARACHO, R. M. A. **A gestão da informação e o processo decisório no setor energético: aplicação do método AHP na mensuração de critérios e alternativas**. 2015. 100 f., enc. Dissertação(mestrado) - Universidade Federal de Minas gerais, Escola de Ciência da Informação. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/BUBD-A6KKLV>>. Acesso em: 04 Mar 2019.

BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I. **UML: Guia do Usuário**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

BORTOLUZZI, S. C.; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L. Avaliação de desempenho multicritério como apoio à gestão de empresas: Aplicação em uma empresa de serviços. **Gestão & Produção**, v. 18, n. 3, p. 633-650, 2011.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2022**. Brasília: MME / EPE, 2006 .

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2022**. Brasília: MME / EPE, 2013.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2026**. Brasília: MME / EPE, 2017.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2026**. Brasília: MME / EPE, 2019.

BUKOWITZ, W; WILLIAMS, R. **Manual de Gestão do Conhecimento**. Porto Alegre: Editora Bookman, 2002.

BULGACOV, S.; SANTOS, P. J. P.; MAY, M. R. A configuração da organização e sua relação com o planejamento estratégico formal e emergente. **Cadernos EBAPE.BR**, v.10, n.4, p.911-924, 2012.

CAMPOLINA, A. G.; DE SOÁREZ, P. C.; DO AMARAL, F. V.; ABE, J. M. Análise de decisão multicritério para alocação de recursos e avaliação de tecnologias em saúde: tão longe e tão perto? **Caderno de Saúde Pública**, v. 33, n.10, 2017.

CHIAVENATO, I; SAPIRO, A. **Planejamento estratégico**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

CHOO, C. W. **A organização do conhecimento: como as organizações usam a informação para criar significado, construir conhecimento e tomar decisões**. São Paulo: Senac, 2003.

COSTA, H. G. **Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão**. Rio de Janeiro: Niteroi, 2002.

DALKIR, K. **Knowledge management in theory and practice**. 2 ed. Cambridge, London: The MIT Press, 2011.

DANNER M.; HUMMEL J. M.; VOLZ, F.; VAN MANEN, J. G.; WIEGARD, B.; DINTSIOS, C. M.; *et al.* Integrating patients' views into health technology assessment: analytic hierarchy process (AHP) as a method to elicit patient preferences. **International Journal of Technology Assessment in Health Care**, v.27, n.4, p.369-375, 2011.

DAVENPORT, T. H.; PRUSAK, L. **Conhecimento Empresarial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 1998.

DUTRA, C. C.; FOGLIATTO, F. S. Operacionalização do processo analítico hierárquico usando matrizes incompletas de comparações pareadas. In: **XXXIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, Fortaleza. Anais eletrônicos... Fortaleza: SBPO, 2007.

ESOGBUE, A.; THEOLOGIDU, M.; GUO, K. On the application of fuzzy sets theory to the optimal flood control problem arising in water resources systems. **Fuzzy Sets and Systems**, V.48, n.2, p.155-172, 1992.

FERNANDINO, J. A.; DE OLIVEIRA, J. L. Arquiteturas organizacionais para a área de P&D em empresas do setor elétrico Brasileiro. **Revista de Administração Contemporânea - RAC**, v. 14, n. 6, p. 1073-1093, 2010.

FREITAS, A. L. P.; TREVIZANO, W. A. Emprego do Método da Análise Hierárquica (A.H.P.) na seleção de Processadores. In: **XXV Encontro Nac. de Engenharia de Produção** – Porto Alegre, RS, Brasil, 29 out a 01 de nov. de 2005.

GOMES, E.; BRAGA, F. **Inteligência competitiva: como transformar informação em um negócio lucrativo**. 2 ed. São Paulo: Campus, 2004.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S.; ALMEIDA, A. T. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério**. Rio de Janeiro: Editora Atlas, 2002.

GRANT, K. A. Tacit knowledge revisited – we can still learn from Polanyi. **The Electronic Journal of Knowledge Management**, Sonning Common, v. 5, n. 2, p.173-180, 2007.

HO, W. Integrated analytic hierarchy process and its applications – a literature review. **European Journal of Operational Research**, v.186, n.1, p.211–228, 2008.

HUANG, I. B.; KEISLER, J.; LINKOV, I. Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: Ten years of applications and trends. **Science of the Total Environment**, v.409, n.19, p.3578-3594, 2011.

IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers. **Standards Glossary of Software Engineering Terminology: STD 610.12**, N.Y., 1990. 84p.

KAYA, T.; KAHRAMAN, C. Multicriteria decision making in energy planning using a modified fuzzy TOPSIS methodology. **Expert Systems with Applications**, v.38, p.6577–6585, 2011.

KANAANE, R.; ORTIGOSO, S. A. F. **Manual de treinamento e desenvolvimento do potencial humano**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

KHADAM, I.; KALUARACHCHI, J. J. Multi-criteria decision analysis with probabilistic risk assessment for the management of contaminated ground water. **Environmental Impact Assessment Review**, V.23, n.6, p.683-721, 2003.

KUMAR, S.; LECTURER, S. L.; HALEEM, A.; MANGLA, S. K.; GARG, D. Critical success factors of knowledge management: modelling and comparison using various techniques. **International Strategic Management Review**, v.3, n. 1-2, p.24-42, 2015.

KVALE, S. **Interviews: an introduction to qualitative research interviewing**. Thousand Oaks, Califórnia: Sage Publications, 1996.

- KWASNICKA, E. L. **Introdução à Administração: uma visão sistêmica**. São Paulo: Atlas, 2007.
- LOKEN, E. Use of multicriteria decision analysis methods for energy planning problems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, V.11, n.7, p. 1584-1595, 2007.
- LOOTSMA, F. A. **MultiCriteria Decision Analysis via Ratio and Difference Judgment**. Kluwer Academic Press, Dordrecht, 1999.
- MARTINS, G. A. **Estudo de caso: uma estratégia de pesquisa**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- MARTINS, G. A.; THEÓPHILO, C. R. **Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas**. São Paulo: Atlas, 2009.
- MEIRELLES, D. S.; CAMARGO, A. A. B. **Capacidades dinâmicas: O que são e como identificá-las?** Revista de Administração Contemporânea, v.18 n.(SPE), p.41-64, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1982-7849rac20141289>>. Acesso em: 06 Mar. 2019.
- MINTZBERG H.; QUINN J. **O processo de estratégia**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- NICKOLS, F. The knowledge in knowledge management. In: **WOODS, J. A.; CORTADA, J. The Knowledge Management Yearbook 2000–2001**. Boston: Butterworth-Heinemann, 2000. p. 12-21.
- NONAKA, K; TAKEUCHI, H. **Criação do conhecimento na empresa**. Rio de Janeiro: Elsevier, 1997.
- NUTT, P. C. Making decision-making research matter: Some issues and remedies. **Management Research Review**, v.34, n.1, p.5-16, 2011.
- OLIVEIRA, D. P. R. **Planejamento Estratégico: conceitos, metodologia, práticas**. São Paulo. Editora Atlas S. A., 2011.
- PEACOCK, S.J.; RICHARDSON, J. R.; CARTER, R.; EDWARDS, D. Priority setting in health care using multiattribute utility theory and programme budgeting and marginal analysis (PBMA). **Social Science & Medicine**, v.64, n.4, p.897-910, 2007.
- PONS, N. L PEREZ, Y. P.; STIVEN, E. R.; QUINTERO, L. P. Design of a knowledge management model for improving the development of computer projects' teams. **Revista Espanola de Documentacion Cientifica**, v. 37, n. 2, 2014.
- PORTER, M. E.; LEE, T. H. Why Strategy Matters Now? In: **The New England Journal of Medicine**, n.372, v.18. p. 1681-1684, 2015. Disponível em: < <https://www-nejm-org.ez27.periodicos.capes.gov.br/doi/10.1056/NEJMp1502419>>. Acesso em: 12 Fev. 2019.
- PROBST, G.; RAUB, S.; ROMHARDT, K. **Gestão do conhecimento: os elementos construtivos do sucesso**. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- RAFAELI, L.; MÜLLER, C. J. Estruturação de um índice consolidado de desempenho utilizando o AHP. **Gestão & Produção**, Universidade Federal de São Carlos, v.14, n.2, p.363-377, 2007.
- SAATY, T. L. How to Make a Decision: the analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, v.48, n.1, p.9-26, 1990.

SAATY, T. L. Decision-making with the analytic hierarchy process. **International Journal of Services Sciences**, v.1, n.1, p.83-98, 2008.

SAATY, Thomas L. **Theory and Applications of The Analytic Network Process**: decision making with benefits, opportunities, costs and risks. Pittsburgh: RWS Publications. 2005

SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. **Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001.

SCHMIDT, Paulo. SANTOS, José Luiz. **Avaliação dos ativos intangíveis**. São Paulo: Atlas, 2002.

SELLTIZ, C.; JAHODA, M.; DEUTSCH, C. **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1974.

SILVA, R. O. **Teorias da administração**. 2 ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**. 9 ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 2011.

SOUSA, J. V.; DE BARROS JERÔNIMO, T.; DE MELO, F. J. C.; DE AQUINO, J. T. Uso do AHP para identificação de perdas da qualidade em empresas de manufatura: um estudo de caso. **Exacta**, v.15, n.1, p.89-100, 2017.

STEFANO, N.M. (2014). **Critérios para avaliação da gestão de periódicos científicos eletrônicos sob a ótica do Capital Intelectual**. Tese. Doutorado em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, 214p.

STEWART, Thomas A. **Capital intelectual: a nova vantagem competitiva das empresas**. 7 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

STROHMAIER, M.; TOCHTERMANN, K. B-kide: A framework and a tool for business process oriented knowledge infrastructure development. **Knowledge and Process Management**, v.12, n.3, p.171- , 2005.

THOKALA, P.; DUENAS, A. Multiple criteria decision analysis for health technology assessment. **Value in Health**, v.15, n.8, p.1172-81, 2012.

TOLMASQUIM, M. T. Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p.247-260, 2012.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais: A pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1992.

VAIDYA, O. S.; KUMAR, S. Analytic hierarchy process: An overview of applications. **European Journal of Operational Research**, v.169, n.1, p.1–29, 2006.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e método**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

ZACK, M. H. Developing a knowledge strategy. **California Management Review**, v. 41, n.3, p.125-145, 1999.

ZOLLO, M., MINOJA, M., CODA, V. Toward an integrated theory of strategy. **Strategic Management Journal**, v.39, n.6, p. 1753-1778, 2018.

## Anexo 1 – Apresentação dos Questionários

Procurou-se pela aplicação de questionários definir os tipos de investimentos, categorizar os riscos, elencar suas vantagens e desvantagens bem como os fatores que os viabilizam e inviabilizam os empreendimentos novos e para a manutenção dos já existentes.

Para o primeiro questionário seguiu então um breve levantamento sobre as ferramentas e recursos informacionais utilizados pelas instituições das quais os respondentes possuem vínculo. Sobre o que diz respeito às fontes e documentos utilizados no processo decisório do setor energético, sobre a relevância e utilização dos indicadores e parâmetros, o primeiro questionário seguiu uma estrutura matricial de respostas.

Foram utilizadas escalas do tipo *Likert* de três, cinco e oito pontos que segundo Martins e Theóphilo (2009) consistem em um conjunto de itens apresentados em forma de afirmações.

Estas afirmações qualificam positiva ou negativamente o objeto que está sendo medido e devem expressar uma relação lógica entre um sujeito e um complemento (MARTINS; THEÓPHILO, 2009).

Os cinco níveis de critérios a serem utilizados são correspondentes à adequação dos documentos como fonte de informação para o processo decisório e estão na seguinte escala (1 – Amplamente utilizado; 2 – Frequentemente utilizado; 3 - Utilização Eventual; 4 – Pouco utilizado e 5 – Nunca utilizado). Além da aplicação para documentos e fontes de informação, a mesma escala foi utilizada para a determinação dos indicadores econômicos e indicadores do setor energético.

Foi permitido ainda que o respondente incluísse alguma fonte de informação não especificada e considerar sua representatividade no processo decisório. Apesar de existirem alternativas que foram inseridas, nenhuma obteve frequência maior que uma resposta, resultante da inserção pelo respondente e não foram consideradas para as etapas subsequentes do trabalho.

A mesma escala *Likert* foi utilizada para a avaliação dos Indicadores Setoriais e Indicadores do setor energético que foram estabelecidos pela pré-avaliação realizada com o consultor e o especialista da área.

Segue a apresentação dos questionários utilizados nessa pesquisa.

## Questionário 1



### Categorias e Parâmetros em processos decisórios do setor energético

#### Pesquisa Anônima sobre Gestão da Informação e Processos Decisórios do Setor Energético

Prezado,

este pequeno conjunto de questões será utilizado para fins acadêmicos e tem o intuito de melhor compreender o processo decisório de empreendimentos do setor energético.

Nenhum dado pessoal é colhido e/ou utilizado. Os demais dados serão dispostos como parte do resultado da dissertação a ser apresentada por mim, Rogério Amaral Bonatti. Assim espero que em breve retorne a você com essa pesquisa e os provelitos demonstrados nos resultados.

#### Dados Do Respondente (\*nenhuma informação pessoal será armazenado e/ou incluso na pesquisa

##### Sobre a formação: \*

Cargo atual:

##### Você trabalha diretamente com estratégia e novos empreendimentos para o setor energético? \*

- sim  
 não

##### Tempo de atuação no setor de EE: \*

anos

##### Escolaridade: \*

Por favor, escolha ...

##### Local de Formação (última) \*

Por favor, escolha ...

Esta parte do questionário diz respeito à perspectiva da organização na qual esteja inserido: em uma empresa, uma instituição de ensino, por exemplo.

##### Perspectiva Organizacional \*

	Uso Amplo por toda a Organização	Presente na Organização mas não utilizado no setor do respondente	Não é utilizado pela Organização
Utilização de Recursos de TI para processo decisório	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Realização de Pesquisas sobre produção de energia elétrica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Incentivo ao Compartilhamento de Conhecimento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Utilização de Ambiente Público (Intranet, por exemplo) para considerações sobre novos empreendimentos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



Seção sobre os documentos governamentais utilizados para embasamento do processo decisório

#### Documentos, Regulamentação e Fontes de Informações Governamentais \*

	Amplamente Utilizado	Utilizado com Frequência	Utilização Eventual	Pouco Utilizado	Nunca Utilizado
Lei 9.991 / 2000 (Dispõe sobre pesquisa e desenvolvimento em eficiência energética)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lei 12.783 / 2013 (Dispõe sobre concessões de energia elétrica, redução dos encargos setoriais e modicidade tarifária):	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE):	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Balanco de Energia Útil (BEU):	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Balanco de Energia Nacional (BEN):	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Plano Nacional de Energia (PNE):	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Annual Energy Outlook (EIA):	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (CiteneI):	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Outra Fonte e sua representatividade: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

↓ +1

#### Categorias de Indicadores e Parâmetros em processos decisórios do setor energético

Avaliação das Categorias de Indicadores utilizados no Processo Decisório (Econômicos e do Setor Energético)

##### Indicadores Econômicos

Avalie a importância dos indicadores listados para novos empreendimentos

	Amplamente Utilizado	Utilizado com Frequência	Utilização Eventual	Pouco Utilizado	Nunca Utilizado
Crescimento Demográfico:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
PIB per Capita:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Consumo de Energia Elétrica (Inclui autoprodução):	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Consumo de EE per Capita:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Intensidade Elétrica do PIB (KWh/R\$):	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Outro Indicador e sua representatividade: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

↓ +1

### Indicadores do Setor Energético

Avale a importância dos indicadores listados para novos empreendimentos

	Amplamente Utilizado	Utilizado com Frequência	Utilização Eventual	Pouco Utilizado	Nunca Utilizado
Carga de Energia (MW médio):	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Carga de Demanda:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Capacidade Instalada:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estimativa de Investimentos / Benefícios:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Emissões de CO2:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Projeções de Consumo Total:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tipo de Fonte:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Outro indicador e sua representatividade:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="text"/>					

↓ +1

### Parâmetros no Processo Decisório \*

Avale a importância de cada parâmetro para o processo decisório de novos empreendimentos do Setor Energético

	Imprescindível para novos empreendimentos	Muito Importante	Importância Considerável	Pouco Importante	Não é considerado para novos empreendimentos
Disponibilidade de Recurso Energético:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vocação da Empresa para Investimento na produção de EE a partir da fonte especificada:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rentabilidade (Fontes de Financiamento e benefícios de Investimento):	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tipo de Fonte para o Novo Empreendimento (Renovável ou não, Tradicional / Alternativa):	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Impacto Ambiental:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Domínio da Tecnologia:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Alinhamento Regulatório:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Projeção da Imagem da Empresa (visibilidade):	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Outro Parâmetro e sua representatividade:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="text"/>					

↓ +1

### Parâmetros no Processo Decisório

Adicione os valores por ordem de importância no processo de avaliação para novos empreendimentos (1 - Mais Importante; 2; ...; 7; 8 - Menos importante)

↓	<input type="text"/>	Disponibilidade de Recurso Energético:
↑	<input type="text"/>	Vocação da Empresa para Investimento na produção de EE a partir da fonte especificada:
↓	<input type="text"/>	Rentabilidade (Fontes de Financiamento e benefícios de Investimento):
↑	<input type="text"/>	Tipo de Fonte para o Novo Empreendimento (Renovável ou não, Tradicional / Alternativa):
↓	<input type="text"/>	Impacto Ambiental:
↑	<input type="text"/>	Domínio da Tecnologia:
↓	<input type="text"/>	Alinhamento Regulatório:
↑	<input type="text"/>	Projeção da Imagem da Empresa (visibilidade):

### Conclusão e Agradecimento

Você estaria disposto a participar de outras fases da pesquisa sobre investimentos no setor de Energia Elétrica?

sim

não

Esta fase da pesquisa se conclui neste momento. Agradeço imensamente pelo tempo e atenção ao aceitar a responder as questões.

Espero que o trabalho traga bons frutos, para qualquer dúvida ou se quiser saber maiores informações sobre a pesquisa e seu andamento, envie um e-mail para [rbonatti@gmail.com](mailto:rbonatti@gmail.com). Estarei disposto a responder todas questões relativas ao projeto.

Cordialmente,

Rogério Amaral Bonatti  
Aluno de Mestrado do PPGCI / UFG

» [Redirection to final page of Online Pesquisa \(alterar\)](#)

## Questionário 2



### Critérios e Alternativas para empreendimentos de Geração de Energia Elétrica

#### Página 1

Olá,

sou aluno de mestrado da Escola de Ciência da Informação, UFMG. Na linha Gestão da Informação e do Conhecimento procuramos compreender, entre outras coisas, os procedimentos que envolvem a tomada de decisão. Especificamente, este breve questionário tem o intuito de mensurar a importância relativa dos parâmetros e indicadores que envolvem o processo de decisão do Setor Energético, no que diz sobre a geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis alternativas, principalmente.

Agradeço o dispêndio de seu tempo, caro respondente, e caso tenha interesse em saber mais sobre o conteúdo da pesquisa, por favor, envie um e-mail para: [r\\_bonatti@yahoo.com.br](mailto:r_bonatti@yahoo.com.br). Ficarei feliz em partilhar o fruto deste e de outros trabalhos.

Atenciosamente,

Rogério Amaral Bonatti

#### Informações sobre atuação / tempo envolvido na área executiva em empresas do Setor Energético

Informe o tempo de atuação no Setor Energético (em anos): \*

anos

Deste tempo de atuação, esteve envolvido em processos relacionados à tomada de decisões para empreendimentos de Geração de Energia Elétrica? \*

Atuação como gestor / executivo em processos decisórios

sim

não

#### Indicadores e Parâmetros no processo decisório

Qual destes critérios são utilizados na Tomada de Decisão de novos empreendimentos? \*

selecione os critérios que fazem parte do processo decisório

Disponibilidade do recurso energético

Rentabilidade (previsão de retorno)

Impacto Ambiental

Domínio da Tecnologia

Alinhamento Regulatório

Demanda de Mercado (Indústria, comércio e sociedade)

Se tiver algum critério que seja indispensável, por favor, informe:

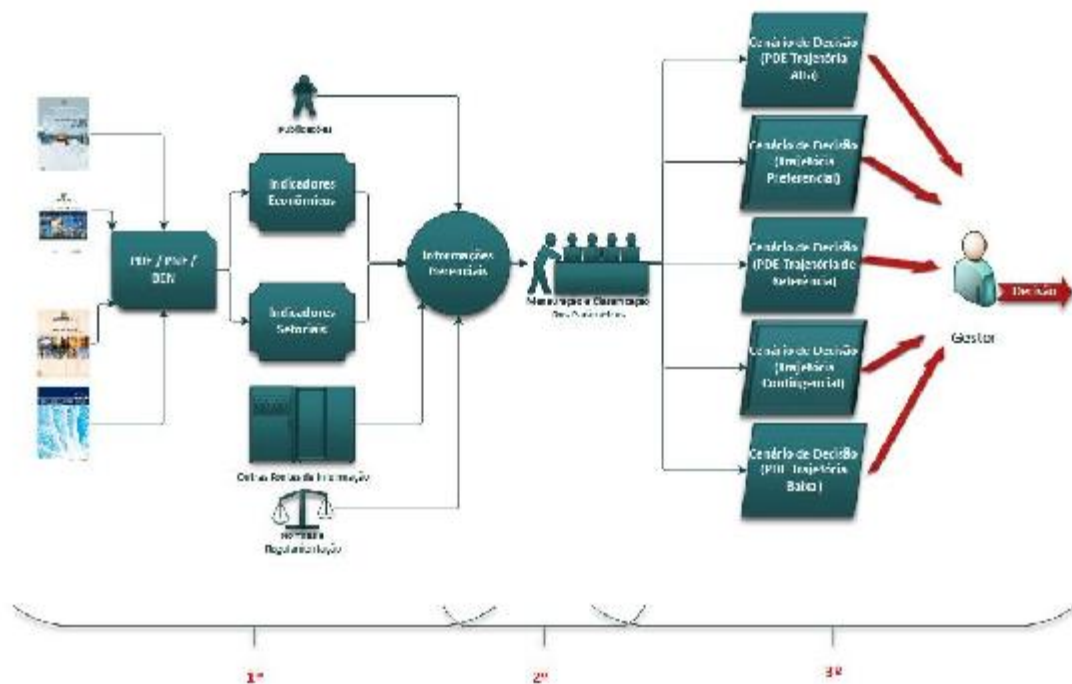
Para este trabalho estamos considerando os seguintes parâmetros económicos e indicativos do Setor Energético. Assinale aqueles que condizem com o processo decisório no setor energético. \*

- Crescimento Demográfico
- PIB e PIB per Capita
- Consumo de Energia Elétrica (Inclui autoprodução)
- Consumo EE per Capita
- Intensidade Elétrica do PIB (Kwh/R\$)
- Carga de Energia (MW médio)
- Carga de Demanda
- Capacidade Instalada
- Emissão de Poluentes (CO2/KWh)
- Projeção de Consumo

### Mensuração dos critérios utilizados

Observe o modelo de referência utilizado no trabalho, representado na figura abaixo. Ele possui três pontos identificados. O 1º diz respeito às fontes de informação envolvidas. O 2º ponto, é a proposta de mensuração dos indicadores e parâmetros que nos leva ao 3º ponto, que é a apresentação das opções aos gestores. O método de mensuração terá por base as respostas das próximas perguntas.

### Apresentação do modelo utilizado de referência



**Sobre a representação acima, a ordem estipulada está correta? Confirme ou altere a numeração correspondente abaixo: \***

Pontos identificados (1º - Fontes e Uso da Informação / 2º Mensuração de Critérios e Parâmetros / 3º - Alternativas e Decisão (gestor(es)))

↑	<input type="text" value="1"/>	Fontes e Uso da Informação
↓	<input type="text" value="2"/>	Mensuração de Critérios e Parâmetros
↑	<input type="text" value="3"/>	Alternativas e Decisão

## Mensuração dos critérios utilizados - Parte II

**Considere os critérios definidos anteriormente. Assinale a importância relativa entre os mesmos. Por favor, atente para a relevância em detrimento a todos os outros. \***

Maior ou menor representatividade dos critérios para as tomadas de decisão no Setor Energético

	Imprescindível	Muito Relevante	Importante	Considerado	Pouco Relevante
Disponibilidade de Recurso Energético	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rentabilidade (Investimento x Retorno Esperado)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Impacto Ambiental	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Domínio da Tecnologia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Alinhamento Regulatório	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Demanda de Mercado (Indústria, comércio e sociedade)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Sob o foco do critério "Disponibilidade do Recurso Energético", avalie as fontes consideradas. \***

Avaliações com mesmo valor representam equivalência entre as fontes.

	Mais Representativa	Bastante Representativa	Importante	Baixa Representatividade	Nula ou insignificante
Fonte Eólica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fonte Fotovoltaica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PCH	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biomassa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Sob o foco do critério "Rentabilidade", avalie as fontes consideradas. \***

Avaliações com mesmo valor representam equivalência entre as fontes.

	Mais Representativa	Bastante Representativa	Importante	Baixa Representatividade	Nula ou insignificante
Fonte Eólica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fonte Fotovoltaica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PCH	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biomassa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Sob o foco do critério "Domínio da Tecnologia", avalie as fontes consideradas. \***

Avaliações com mesmo valor representam equivalência entre as fontes.

	Mais Representativa	Bastante Representativa	Importante	Baixa Representatividade	Nula ou insignificante
Fonte Eólica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fonte Fotovoltaica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PCH	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biomassa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**...estamos quase. Últimas questões ainda sobre os critérios.**

**Sob o foco do critério "Impacto Ambiental" (considerar Negativamente, Maior Representatividade = Maior Impacto Negativo), avalie as fontes consideradas. \***

Avaliações com mesmo valor representam equivalência entre as fontes.

	Mais Representativa	Bastante Representativa	Importante	Baixa Representatividade	Nula ou insignificante
Fonte Eólica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fonte Fotovoltaica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PCH	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biomassa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Sob o foco do critério "Alinhamento Regulatório" (considerar a facilidade de obtenção de licença e uso), avalie as fontes consideradas. \***

Avaliações com mesmo valor representam equivalência entre as fontes.

	Mais Representativa	Bastante Representativa	Importante	Baixa Representatividade	Nula ou insignificante
Fonte Eólica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fonte Fotovoltaica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PCH	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biomassa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Caro respondente,

Finalizamos esse questionário e agradecemos sua importante participação. Me disponho, mais uma vez, esclarecer qualquer dúvida e ou para comentários, sugestões, envie um e-mail para [r\\_bonatti@yahoo.com.br](mailto:r_bonatti@yahoo.com.br).

Obrigado.

» **Redirection to final page of Online Pesquisa**

## **Apêndice A – Regulação e Documentos Governamentais**

Segue levantamento realizado sobre os órgãos responsáveis pela regulamentação, orientação, fiscalização e que definem as diretrizes do setor energético brasileiro. O texto é baseado no trabalho de dissertação, do mesmo autor, que precede esta pesquisa (BONATTI, 2015). Para caracterização de órgãos governamentais e os documentos aqui citados, manteve-se a mesma linguagem e texto utilizados, estando, por este motivo, disposto como Apêndice.

### **A.1 - Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)**

A Agência Nacional de Energia Elétrica é uma autarquia em regime especial, vinculada ao Ministério de Minas e Energia e teve sua criação estipulada pela Lei nº 9.427 de 1996. Esta Lei instituiu a agência além de dispor sobre o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica. O Decreto nº 2.335/1997 que define a ANEEL como autarquia sob regime especial e a Portaria MME Nº 349/1997 que aprova o Regimento Interno fazem desta agência reguladora importante órgão que tem por missão “proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade” (ANEEL, missão). Dentre suas publicações está a Revista de Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL que apresenta os trabalhos e resultados de projetos de diversas empresas do setor elétrico.

Dentre suas atribuições estão: a regulamentação e fiscalização da geração, da transmissão, da distribuição e da comercialização da energia elétrica, estando obrigada, também, a conceder, permitir e autorizar instalações e serviços de energia. Também é atribuição da agência: mediar conflitos de interesse entre agentes do setor elétrico e entre estes e os consumidores. E outro ponto que se destaca ainda sobre suas atribuições é: exigir investimentos sob a forma de competição entre os operadores. (BRASIL, 1996).

A especificação das competências de gestão da ANEEL sobre a geração de energia elétrica está determinada pelos itens VIII, IX, X, XI e XII mencionados de maneira esclarecedora no Relatório ANEEL 2004 (2005):

“A gestão segue a Lei nº 8.987, de 13 de Fevereiro de 1995, que dispõe sobre o Regime de Concessão e Permissão da Prestação de Serviços Públicos, a Lei nº 9074/ 1995, sobre a concessão de serviços públicos de energia elétrica, a Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, que dispõe sobre a instituição da ANEEL, o Decreto nº 2.335, de 6 de outubro de 1997, que regulamenta a última lei, e a portaria MME nº 349, de 28 de novembro de 1997, que aprova o regimento interno da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). São também importantes: Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998, Lei nº 9.986, de 18 de julho de 2000, Lei nº 10.871, de 20 de maio de 2004 a Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, que alteram as leis anteriormente mencionadas. Os processos básicos definidos na concepção da ANEEL, conforme Decreto nº 2.335/1997, são os seguintes: [...] (VIII) Aprovação de estudos e determinação do aproveitamento ótimo dos potenciais de energia hidráulica; (IX) Licitação para contratação de concessões e outorga de autorizações de geração; (X)



Controle e fiscalização das concessões e autorizações de geração; (XI) Regulamentação, normatização e padronização referentes à geração de energia elétrica; (XII) Gestão dos potenciais de energia hidráulica”. (BRASIL, 2005, p.74)

Um estudo abrangente realizado pela agência é o Relatório Anual ANEEL. Em 2005 passou a se chamar Relatório ANEEL e na publicação deste ano, a primeira disponível para download, ([www.aneel.gov.br/biblioteca/EdicaoRelatorioanos.cfm](http://www.aneel.gov.br/biblioteca/EdicaoRelatorioanos.cfm)) apresenta as fontes responsáveis pelo parque de geração de energia elétrica e é possível identificar quantidade significativa de geração de energia por meio de fonte eólica.

Atualmente outras fontes de geração de energia elétrica são citadas em diversos trabalhos e documentos governamentais, inclusive o Balanço Energético Nacional (BEN), publicado anualmente e que serve de referência para as concessionárias energéticas e demonstra também papel significativo nas publicações do MME e da EPE.

**Tabela 21: Fontes de Geração de Energia**

TIPO	USINAS COM UNIDADES MOTORIZADAS		REGULARIZAÇÃO, REPOTENCIAÇÃO, REATIVAÇÃO E AMPLIAÇÃO		ACRÉSCIMO DA CAPACIDADE INSTALADA		%
	Quant.	(A) Pot. (MW)	(B) Pot. (MW)	Quant.	(A + B) Pot. (MW)		
UHE	5	1.140,10	177,33	4(*)	1.317,43	27,32%	
UTE	19	3.020,07	405,55	54	3.425,62	71,05%	
PCH	7	67,80	0,77	9	68,57	1,42%	
CGH	0	0,00	3,54	12	3,54	0,07%	
EOL	0	0,00	6,60	2	6,6	0,14%	
<b>Total</b>	<b>31</b>	<b>4.227,97</b>	<b>593,79</b>	<b>81</b>	<b>4.821,76</b>	<b>100,00%</b>	

(\*) A UHE Tucuruí, apesar de ter tido novas unidades geradoras motorizadas em 2004, não foi considerada nova usina porque sua primeira unidade geradora iniciou a operação comercial em 1984.

Fonte: BRASIL, Relatório ANEEL 2004, 2005, p.41.

Na Tabela 1 é possível a identificação da geração de energia elétrica pelos diferentes tipos de fontes que são abordados nos estudos publicados pela ANEEL, esta especificamente do ano de 2005.

As siglas utilizadas nas tabelas que possam ser encontradas no desenvolvimento da pesquisa se destacam:

UHE – Usina Hidrelétrica;

UTE – Usina Termelétrica;

PCH – Pequenas Centrais Hidrelétricas;

CGH – Centrais Geradoras Hidrelétricas;

EOL – Usina Eólica.

Por ser uma fonte renovável e alternativa, considerada recente no cenário de geração no Brasil, ressalta-se o tratamento dado de maneira mais detalhada, como mostra a Tabela 2 a seguir:

**Tabela 22: Histórico do Uso da Fonte Eólica para Geração de Energia Elétrica**

USINAS EÓLICAS – REGISTROS / AUTORIZAÇÕES / AMPLIAÇÕES								
ANO	Registros		Autorizações		Ampliações		Total	
	Nº	Potência MW	Nº	Potência MW	Nº	Potência MW	Nº	Potência MW
1998	1	5,00	1	10,00	0	0	2	15,00
1999	2	2,57	0	0	0	0	2	2,58
2000	2	1,28	0	0	0	0	2	1,28
2001	1	2,40	38	3.337,65	0	0	39	3.340,04
2002	6	9,83	46	2.784,40	0	0	52	2.794,23
2003	1	3,00	41	1.491,85	3	136,35	45	1.631,20
2004	0	0	39	1.000,55	3	112,83	42	1.113,38
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>24,08</b>	<b>165</b>	<b>8.624,45</b>	<b>6</b>	<b>249,18</b>	<b>184</b>	<b>8.897,71</b>

Fonte: BRASIL, Relatório ANEEL 2004, 2005, p.45.

O aumento que se percebe sobre a geração de energia elétrica por usinas eólicas é representativo no processo decisório das concessionárias e que se tem discutido nesse trabalho. Assim, neste e em outros documentos a busca se fez pelos índices que possam interferir nos critérios a serem considerados pelos gestores, para a escolha adequada da fonte a ser utilizada para um novo empreendimento.

As organizações que participam desse mercado, conhecidas como concessionárias energéticas, têm a necessidade de acompanhar e gerir as inúmeras novas publicações e as alterações que competem ao setor energético.

## A.2 - Empresa de Pesquisa Energética (EPE)

A Empresa de Pesquisa Energética teve sua criação estipulada pela Lei 10.847/2004 que determina sua finalidade na prestação de serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética. (BRASIL, 2004).

Além dessa lei que autoriza a criação da EPE, é relevante para a compreensão do funcionamento e suas competências o Decreto 5.184/2004 que aprova seu Estatuto Social e o Decreto 6.685/ 2008 que dispõe sobre a estrutura e o funcionamento do Conselho Nacional de Política Energética – CNPE.

Inúmeras são as publicações dessa empresa e a informação fornecida abrange todo o setor energético. Em 2011 a EPE estabeleceu a metodologia de cálculo do valor do Custo

Marginal de Expansão (CME) a ser empregado nos estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE), nos cálculos de garantia física de energia de novos empreendimentos entre outros usos. O CME é um índice expressivo encontrado para o planejamento do setor energético. A comparação entre os tipos de fontes, dentre outros parâmetros, se utiliza dessa evolução de preços e se torna importante para se definir as alternativas apresentadas aos gestores das concessionárias energéticas. A correspondência deste e de outros elementos identificados nos documentos assinalados têm variação de nomenclatura. O CME especificamente compõe o parâmetro “rentabilidade” a ser utilizado na pesquisa.

A Tabela 3 mostra o histórico da evolução do CME estipulado pelos PDE apresentado em Março de 2015.

**Tabela 23: Custo Marginal de Expansão**

<b>ESTUDO</b>	<b>CME (R\$/MWh)</b>
PDE 2006-2015	118
PDE 2007-2016	138
PDE 2008-2017	146
PDE 2019	113
PDE 2020	113
PDE 2021	102
PDE 2022	108
PDE 2023	112
PDE 2024	139

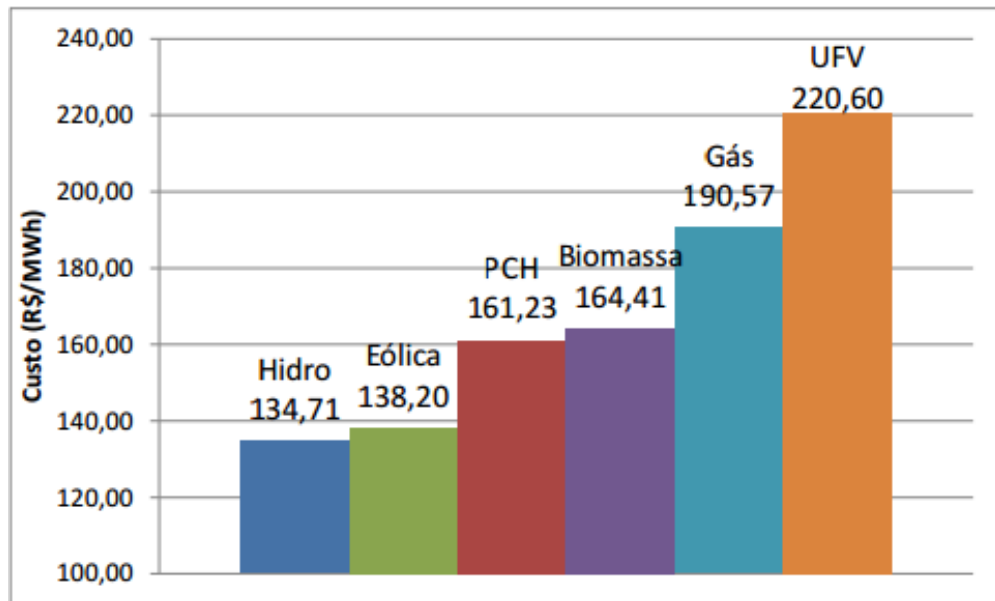
Fonte: BRASIL, 2015, p.2-3.

Os estudos elaborados pela EPE são determinantes para o entendimento das oportunidades e opções na geração de energia elétrica. Em seu estudo do Custo Marginal de

Expansão: metodologia e cálculo 2015 se encontra o custo de energia separado por tipo de fonte e demonstra a competitividade entre os pares Hidrelétrica / Eólica e entre PCH / Biomassa, que são as principais consideradas nesta pesquisa.

No Gráfico 1, que diz respeito ao custo de geração por tipo de fonte, é possível perceber que o maior custo, no presente momento, se refere à UFV, sigla a que se refere às Usinas Fotovoltaicas.

**Gráfico 11: Custo de Geração por Fonte**



Fonte: BRASIL, 2015, p.7

O preço médio do custo implica na determinação da rentabilidade aferida à determinada fonte. Mas também condiz com perspectiva do domínio da tecnologia e é levado em consideração no momento de aferir a emissão de gases por cada fonte de geração.

Essas e outras publicações da EPE são insumo informacional para os gestores e são consideradas para a elaboração desta pesquisa.

### **A.3 - Ministério de Minas e Energia (MME)**

O Ministério de Minas e Energia criado em 1960, foi extinto em 1990 e voltou a ser criado em 1992, por meio da Lei nº 8.422. Desde então, o MME em parceria com as autarquias vinculadas e a EPE produziram diversas publicações que são as principais fontes de referência dos indicadores utilizados nesta pesquisa.

Dentre os principais documentos que orientam e direcionam o setor energético no âmbito da geração de energia, apesar de não ser a sua única finalidade, estão o PDE e o Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica, os quais são abordados nos subitens que se seguem.

### A.3.1 - Plano Decenal de Expansão (PDE)

O principal documento considerado como valiosa fonte de informação para o setor energético no Brasil é o PDE. Esse plano teve a primeira publicação em 2006 (ano de referência 2005) e possuía projeções até 2015. Nessa publicação, o PDE 2015 (2006) foi assim apresentado:

O Ministério de Minas e Energia – MME, responsável pela concepção e implementação de políticas para o Setor Energético, em consonância com as diretrizes do Conselho Nacional de Políticas Energéticas – CNPE, retoma, de fato, a prática efetiva do planejamento do setor elétrico, como função de governo, ao tornar público o Plano Decenal de Expansão de Energia – PDEE 2006-2015. (BRASIL, 2006).

O Governo Federal, por meio do MME, é responsável pela gestão de um sistema energético de dimensão continental. Todas as grandes empresas envolvidas, estatais ou não, devem seguir as diretrizes e regulamentações federais para se adequar ao mercado de livre competição. A fundamentação desse planejamento é dada por trabalhos tais como o PDE que:

...apresenta importantes sinalizações para orientar as ações e decisões, voltadas para o equilíbrio entre as projeções de crescimento econômico do país e a necessária expansão da oferta, de forma a garantir à sociedade o suprimento energético com adequados custos, em bases técnica e ambientalmente sustentável. (BRASIL, 2014).

Além disso, o PDE desde seu início é responsável pela determinação de diretrizes e de políticas do setor:

O planejamento decenal irá, portanto, subsidiar: a realização dos futuros leilões de compra de energia de novos empreendimentos de geração e de novas instalações de transmissão; a definição de quais estudos de expansão da transmissão devem ser priorizados; bem como de quais estudos de viabilidade técnica, econômica e socioambiental de novas usinas geradoras realizar e, eventualmente, quais estudos de inventários deverão ser atualizados. (BRASIL, 2006).

O PDE assim como outros estudos disponibilizados pelo MME e de órgãos e empresas vinculadas a ele, possibilitam identificar a necessidade estimada de entrada de novas fontes de geração ao longo de um determinado período. Esse trabalho, especificamente, buscou aos índices e parâmetros que dizem respeito às fontes de energia renováveis alternativas, aqui consideradas: Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), Biomassa, Eólica. A fonte Fotovoltaica (UFV) também será considerada, mas a maior representatividade dos valores se refere às três anteriores.

O PDE é orientado por variações e projeções de mercado. Para estes trabalhos são considerados três cenários, denominados Trajetórias que assim são definidos no PDE 2015 (2006):

#### **Trajetória de Referência**

A trajetória de referência considera a existência de avanço das mudanças estruturais que leva do quadro atual para um processo de consolidação das regras nos âmbitos macro e microeconômico. Esse panorama se reflete positivamente nos indicadores de risco e no grau de confiança dos investidores.

### **Trajetoária de Crescimento Alto**

Na trajetória de crescimento alto além do avanço das mudanças estruturais que indica a alteração do quadro atual para um contexto de consolidação das regras no âmbito macro e microeconômico, há crescimento econômico desigual com um aumento da taxa de investimento como proporção do Produto Interno Bruto. A transição se faz para um ambiente que favorece o crescimento sustentado da economia. Para isso, é necessário aumento expressivo da taxa de poupança doméstica e dos investimentos, propiciando um ciclo virtuoso da economia brasileira, com aumento da capacidade instalada dos diversos setores da economia e com estabilidade inflacionária. Esse panorama se reflete muito positivamente nos indicadores de risco e no grau de confiança dos investidores.

### **Trajetoária de Crescimento Baixo**

Na trajetória de baixo crescimento o processo de ajustes estruturais não se concretiza e os esforços para a consolidação macroeconômica ditam as prioridades. Há um redirecionamento dos processos de ajustes estruturais para a promoção do crescimento econômico com menor participação do Estado e acentuada liberalização econômica. (BRASIL, 2006).

Devido aos acontecimentos recentes no cenário econômico do Brasil, relativos ao período do 1º semestre de 2015, principalmente, é perceptível a incongruência de alguns indicadores fornecidos pelas publicações governamentais. É esperado, no entanto, que nos trabalhos subsequentes os indicadores já estejam atualizados.

Como exemplificação apenas, a projeção trazida para esses distintos cenários em relação ao Produto Interno Bruto (PIB) em 2006 é ilustrada pela Tabela 4 que segue abaixo:

**Tabela 24: Projeção PIB (% ao ano)**

<b>Trajetoária</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007-2011</b>	<b>2012-2015</b>
Alta	3,0	4,5	4,5	6,0
Referência	3,0	4,0	4,0	4,5
Baixa	3,0	3,0	3,0	3,5

Fonte: BRASIL, 2006, p.31

Já no PDE 2023 (2014) foi possível perceber que o cenário de crescimento para o Brasil superou o cenário mundial a partir do ano de 2007, mas ficou aquém da projeção estabelecida em 2006, como mostra a Tabela 5.

**Tabela 25: Histórico e Referência do PIB**

Indicadores Econômicos	Histórico		Projeção	
	2003-2007	2008-2012	2014-2018	2019-2023
PIB mundial (% a.a.)	4,7	2,9	3,8	3,8
Comércio mundial (% a.a.)	8,2	2,8	5,4	5,3
PIB nacional (% a.a.)	4,0	3,1	4,1	4,5

Fonte: BRASIL, 2014, p.19.

Estes documentos e dados de outras fontes utilizadas dos quais os Balanços Energéticos Nacionais (BEN) dos anos 2012-13 e os balanços de energia útil que fazem uso de dados do BEN, afirmam que o Brasil possui um cenário apto para o crescimento energético previsto. Apesar disso, o Governo já faz um alerta no BEN de ano base 2012 quando afirma, em seu anexo IV – Balanço de Energia Útil que “a Energia Final e a Energia Útil têm aumentado ao longo dessas duas décadas. Por outro lado, o Potencial de Economia de Energia diminui à medida que os rendimentos dos processos se aproximam de seus paradigmas”. (BRASIL, 2013).

Isso denota que no cenário de projeções para as fontes mais adotadas (hidrelétricas e termelétricas) serão necessários investimentos em outras fontes para a geração de energia elétrica e sugere que as concessionárias precisam de direcionamento adequado para estes novos empreendimentos.

O PIB no cenário econômico é um fator determinante para a expectativa de crescimento do sistema energético brasileiro. São considerados também outros indicadores econômicos e financeiros identificáveis nas publicações dos PDE, BEN e demais publicações aqui citadas.

Outro importante indicador do setor energético que foi identificado no PDE e utilizado para as considerações dessa pesquisa é a capacidade de geração de energia elétrica instalada por fonte.

**Tabela 26: Capacidade Instalada Dez/2005**

<b>Fonte</b>	<b>Capacidade Instalada (MW)</b>
Hidrelétrica	69.631
Termelétrica	19.770
Nuclear	2.007
PCH	1.330
<b>Subtotal</b>	<b>92.738</b>
Interligação com a Argentina	2.178
Parcela de Itaipu da ANDE	5.600
<b>Total</b>	<b>100.516</b>

Fonte: BRASIL, 2006, p.63.

Das fontes representativas para a totalização do sistema não aparecia ainda nessa publicação as Usinas Eólicas, Usinas de Biomassa e as Usinas Fotovoltaicas. Na publicação do PDE 2015 (2006) é possível identificar a representatividade de cada uma das fontes para o sistema gerador de energia elétrica, incluindo dentre as fontes alternativas somente as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), demonstrado na Tabela 6 anterior.

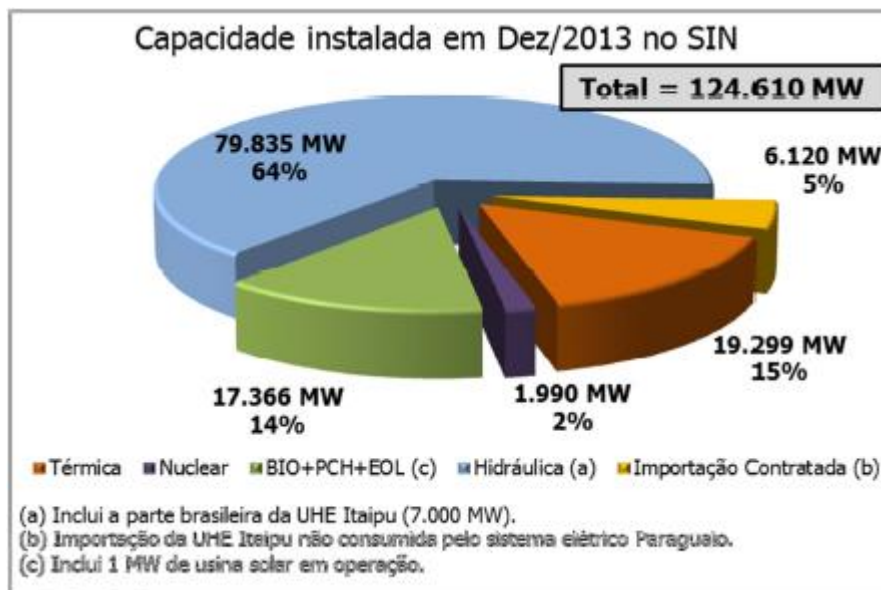
No entanto, nos PDE subsequentes foi possível identificar a preocupação com essas fontes ditas alternativas e em vários pontos são trazidos dados relevantes, inclusive que demonstram a aproximação do custo entre a Fonte Eólica, Biomassa e Hidrelétrica, o que é expressivo para a adoção das duas primeiras em detrimento à última. Devido a um período de seca como ocorrido neste ano de 2015 se percebe que o custeio de fontes emergenciais (termelétricas principalmente) sobrecarrega o preço final da geração de energia elétrica e logo para os consumidores.

A perspectiva da energia gerada a partir de fontes nucleares não tem aumento considerado nas projeções dos PDEs, uma vez que o Brasil não considera, neste momento, o acionamento de uma nova usina.

Por conseguinte, em 2014 a representatividade das fontes de geração é expressa no Gráfico 2 a seguir, que faz a junção das fontes Biomassa, Eólica e PCH que representa 14% da capacidade total do sistema instalado, para o final do ano de 2013.

**Gráfico 12: Capacidade Instalada por Fonte**





Fonte: BRASIL, 2014, p.72.

O aumento da representatividade das fontes alternativas no cenário brasileiro se deve, entre outros fatores, ao Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, tema do próximo tópico.

### A.3.2 - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA)

Criado pela Lei nº 10.438/2002, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) tem o objetivo de aumentar a participação de fontes alternativas renováveis (pequenas centrais hidrelétricas, usinas eólicas e empreendimentos termelétricos a biomassa) na produção de energia elétrica, privilegiando empreendedores que não tenham vínculos societários com concessionárias de geração, transmissão ou distribuição.

O programa demonstra a importância e a relevância dos empreendimentos de geração de energia elétrica por meio de fontes alternativas e a preocupação do Governo Federal em relação à geração de energia elétrica. O PROINFA foi instituído para ser celebrado em duas etapas e sua previsão de conclusão da primeira etapa era estipulada para o final do ano de 2010. A primeira etapa se caracteriza pela implantação de 3.300MW de potência instalada e sua concepção se deu pela necessidade de inserção de quantidade significativa de potência instalada nos sistemas elétricos no país, gerada a partir de tais fontes.

A previsão do fim da primeira etapa do programa é determinada pelo início de operação dos projetos aprovados que atendam a demanda inicial. Com previsão de conclusão para o final de 2006, a instalação e operação dos projetos classificados na primeira fase do PROINFA apresentaram problemas de cronograma, além de inúmeras revisões nas datas para entrada em operação. Dos projetos eólicos participantes da primeira fase autorizados e fiscalizados pela

ANEEL, por exemplo, somente 1 dos 51 projetos previstos para entrada em operação em 2006 não apresentaram nenhum impedimento (ANEEL, 2005).

De acordo com a Eletrobras<sup>5</sup>, o programa implantou até o final de 2011 um total de 119 empreendimentos, constituídos por: 41 usinas eólicas, 59 pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) e 19 usinas térmicas a biomassa. Os 119 empreendimentos até então instalados têm capacidade instalada de 2.649,87 MW, compreendendo 963,99 MW em usinas eólicas, 1.152,54 MW em PCHs e 533,34 MW em plantas de biomassa.

A apresentação desse programa e a apresentação do PDE foram escolhas que ilustram a diversidade legislativa e de publicações correlatas do setor energético e que fazem parte da abordagem dessa pesquisa. A utilização desses e de outros documentos está relacionada à escolha de indicadores e parâmetros que incidem sobre as fontes de geração de energia elétrica (alternativas). Essa escolha foi parte do procedimento relacionado ao uso do método AHP.

---

<sup>5</sup> Eletrobras: empresa de capital aberto, controlada pelo governo brasileiro, que atua nas áreas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

## Apêndice B – Fundamentos Matemáticos

A fundamentação matemática mais importante para a compreensão do método AHP são os conceitos relacionados às matrizes. Contextualizando os termos utilizados nos processos descritos, este apêndice aborda tais conceitos de forma sucinta e ilustrativa. Os trabalhos de Steinbruch e Winterle (1987)<sup>6</sup> e Boldrini (1986)<sup>7</sup> são utilizados para ilustrar os termos que se encontram no trabalho de Saaty (1990, 2001).

Uma matriz diz-se quadrada quando o número de linhas é igual ao número de colunas, possuindo a seguinte forma:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

Os elementos  $a_{11}$ ,  $a_{22}$ ,  $a_{33}$ , ...,  $a_{nn}$  formam assim a diagonal principal.

Uma matriz  $A$  é positiva se todos os seus elementos forem reais e positivos.

Um vetor coluna não nulo  $W$  de uma matriz quadrada  $A$  é um vetor próprio à direita (autovetor à direita) se existir um escalar  $\lambda$  tal que:

$$AW = \lambda W \quad [1]$$

Um vetor linha não nulo  $X$  de uma matriz quadrada  $A$  é um autovetor à esquerda se existir um escalar  $\lambda$  tal que:

$$XA = \lambda X$$

Portanto,  $\lambda$  é um valor próprio (autovalor) de  $A$ . Os autovalores podem ser nulos. Os autovetores não podem ser nulos.

Da expressão [1], pode-se obter a equação característica da matriz:

$$AW = \lambda W \Rightarrow AW - \lambda W = 0 \Rightarrow \text{Det}(A - \lambda I) \cdot W = 0.$$

As principais propriedades dos autovalores e autovetores são:

a) a soma dos autovalores de uma matriz é igual ao seu traço, que é igual à soma dos elementos da sua diagonal principal;

b) o produto dos autovalores de uma matriz, considerando a sua multiplicidade, é igual ao determinante dessa matriz;

<sup>6</sup> STEINBRUCH, A., WINTERLE, P.: Algebra Linear. Makron Books do Brasil Editora Ltda, São Paulo, 1987.

<sup>7</sup> BOLDRINI, J. L.: Álgebra Linear. 3. ed. - Harbra, São Paulo, 1986.

c) os autovetores correspondentes a diferentes autovalores são linearmente independentes.

Os autovetores e autovalores próprios poderão ser obtidos por cálculos algébricos e por métodos numéricos.

A matriz quadrada é denominada recíproca e positiva quando  $a_{ij} = 1/a_{ji}$ , para todo  $a_{ij} > 0$ . Seja uma matriz **B** recíproca e positiva onde  $a_{21} = 1/a_{12}$ ,  $a_{31} = 1/a_{13}$ ,  $a_{32} = 1/a_{23}$  e  $a_{ii} = 1$ .

$$B = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{23} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & 1 \end{vmatrix}$$

A matriz **B** será consistente quando  $a_{ij} = a_{ik} \cdot a_{kj}$ . Neste caso  $a_{23} = a_{21} \cdot a_{13} = a_{13}/a_{12}$ .

$$B = \begin{vmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{13}/a_{12} \\ 1/a_{13} & a_{12}/a_{13} & 1 \end{vmatrix}$$

A utilização do método AHP consiste na aplicação de fundamentos matemáticos sobre uma matriz de decisão. Esse apêndice fornece o básico dos conceitos e fundamentos matemáticos necessários a sua compreensão e utilização.