



**XVII Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação  
(XVII ENANCIB)**

**GT 4 – Gestão da Informação e do Conhecimento**

**ANÁLISE DE PROJEÇÃO E VIABILIDADE TÉCNICA DE NOVOS  
EMPREENDIMENTOS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

***TITLE IN ENGLISH: ANALYSIS PROJECTION AND TECHNICAL  
VIABILITY FOR NEW ACHIEVEMENT TO GENERATION OF ELECTRICITY***

Renata Maria Abrantes Baracho<sup>1</sup>, Rogério Amaral Bonatti<sup>2</sup>, Francisco Ricardo Abrantes Couy Baracho<sup>3</sup>, Christiano Pereira Pessanha<sup>4</sup>, Marina Mourão Starling Rezende<sup>5</sup> e

---

1 Professora Adjunto do Programa de Pós-Graduação em Gestão e Organização do Conhecimento - PPGGOC da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Presidente da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Ciência da Informação – ANCIB.

2 Doutorando 2016 pelo PPGCI / ECI - UFMG. Mestre em Ciência da Informação pelo PPGCI/ECI - UFMG (2015).

3 Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais (1986), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais

4 Doutor em Ciência da Informação pela Universidade Federal de Minas Gerais, com pós-doutorado em Ciência da Informação pela Escola de Ciência da Informação da Universidade Federal de Minas Gerais

**Modalidade da apresentação:** Comunicação Oral

**Resumo:** Esse artigo é parte do projeto de pesquisa P&D APQ-03371-12 firmado entre a Universidade Federal de Minas Gerais (ECI/UFMG), a Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) e a Companhia de Energética de Minas Gerais (CEMIG). O objetivo é aplicar gestão da informação direcionados ao processo decisório de grandes concessionárias energéticas São apresentados como fundamentação teórica conceitos da representação do conhecimento, gestão da informação e do conhecimento, administração e estratégia empresarial para auxiliar nos processos envolvidos na tomada de decisões estratégicas. Apresenta a coleta de dados baseada em encontros e entrevistas que compõe a quarta etapa da metodologia geral do projeto P&D. Os entrevistados são gestores e administradores de empresas relacionadas ao setor energético e, principalmente, que possuam expressão no tipo de geração de energia foco deste projeto de pesquisa. A questão de pesquisa engloba onde no Brasil há disponibilidade de geração (em vigor e potencial) de Energia Eólica, Solar, Biomassa e PCH e como o processo decisório poderá ser auxiliado pela organização das informações coletadas? Apresenta como resultado os parâmetros e indicadores em apoio às decisões estratégicas, uma revisão sistemática de literatura baseada nas principais bases, considerando descritores como energia renovável, energia solar, energia eólica, PCH, Biomassa. O mapeamento das áreas de empreendimentos ativos e planejados que utilizam de fontes alternativas para geração de energia elétrica foi realizado por meio de estudo bibliográfico e das entrevistas, pelos quais foi possível realizar a contextualização e a projeção de um modelo econômico-financeiro para investimentos em fontes de energia renováveis. A partir das análises dos empreendimentos em operação, dos empreendimentos planejados e das opiniões dos gestores e do especialista, é possível identificar alguns parâmetros que norteiam a tomada de decisão em investimentos em energias alternativas renováveis.

**Palavras-chave:** Gestão da Informação, Representação do Conhecimento, Recuperação da Informação, Arquitetura da Informação, Energia Elétrica, Viabilidade Econômica.

**Abstract:** *This article is part of the research project R & D APQ-03371-12 signed between the Federal University of Minas Gerais (ECI / UFMG), the Foundation for Research Support of Minas Gerais (FAPEMIG) and the Energy Company of Minas Gerais (CEMIG). The goal is to apply information management, targeted to decision-making for energy companies. The paper has as theoretical foundation concepts of knowledge representation, information management and knowledge management and business strategy to assist decision-making. It presents data collection based on meetings and interviews that make up the fourth stage of the general methodology of the P&D project. Respondents are managers and directors of companies related to the energy sector, and especially having expression in the kind of focus power generation of this research project. The research question: which in Brazil for availability of generation (effective and potential) Wind Energy, Solar, Biomass and PCH and the organization of the collected information can assist the decision-making process? Presents as a result the parameters and indicators in support of strategic decisions, a systematic review of literature based on the main bases, considering descriptors such as renewable energy, solar energy, wind energy, PCH, Biomass. The mapping of the areas of active and planned projects using alternative sources for electricity generation was done through literature research and*

---

<sup>5</sup> UFMG

<sup>6</sup> Possui graduação (2000), Mestrado (2002) e Doutorado (2009) em Engenharia Química pela Universidade Federal de Uberlândia.

*interviews, through which it was possible to contextualize and the projection of an economic and financial model for investment in sources renewable energy. From the analysis of projects in operation, the planned developments and the views of managers and specialist, it is possible to identify some parameters that guide decision-making on investments in alternative renewable energy.*

**Keywords:** *Information Management, Knowledge Representation, Information Retrieval, Information Architecture, Energy, Economic Viability.*

## **1 INTRODUÇÃO**

Este grupo de trabalho constituído pelos autores realiza pesquisas, com base em conceitos e técnicas de Gestão da Informação e Arquitetura da Informação, sobre temas que envolvem o processo decisório das concessionárias energéticas para novos empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fontes alternativas (solar, eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas - PCH). Todas essas pesquisas concernem a um projeto de pesquisa e desenvolvimento P&D firmado entre a Escola de Ciência da Informação da Universidade Federal de Minas Gerais (ECI/UFMG), a Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) e a Companhia de Energética de Minas Gerais (CEMIG). Para o presente artigo são apresentados a fundamentação teórica da Ciência da Informação sobre a Representação da Informação ea Gestão da Informação e do Conhecimento. A Gestão da Informação e do Conhecimento esclarece e faz uso dos processos envolvidos na tomada de decisões estratégicas e como são considerados os empreendimentos aqui discutidos. A pesquisa e coleta de dados são obtidos (o projeto está em fase de execução da quarta etapa, de cinco previstas) por meio de encontros e entrevistas com gestores e administradores de empresas relacionadas ao setor energético e, principalmente, que possuam expressão no tipo de geração de energia foco deste projeto de pesquisa. Assim, as questões de interesse que este artigo especificamente prestou a esclarecer foram: onde no Brasil há disponibilidade de geração (em vigor e potencial) de Energia Eólica, Solar, Biomassa e PCH e como o processo decisório poderá ser auxiliado pela organização das informações coletadas? Também o mapeamento das áreas de empreendimentos ativos e planejados que se utilizam de fontes alternativas para geração de energia elétrica foi realizado por meio de estudo bibliográfico e de entrevistas com profissionais e gestores da área, que possibilitou realizar a contextualização e a projeção de um modelo econômico-financeiro para investimentos em fontes de energia renováveis.

## 2 REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO

A ciência da informação é, eminentemente, uma ciência da representação e a maioria das atividades desempenhadas por seus profissionais está relacionada aos sistemas de recuperação de informações. Em cada registro de conhecimento, em seus metadados, e em cada necessidade de informação está implícita a necessidade de representação, para que seja possível, à posteriori, sua comunicação.

Desnecessário mencionar a importância da representação matemática do mundo, pela qual se tornou possível a evolução tecnológica, as tecnologias da informação e comunicação e os atuais sistemas de recuperação da informação. A Ciência da Informação admite que sua base teórica comece a emergir com a Teoria Matemática da Informação de Shanon e Weaver publicada pela primeira vez em 1948 (VAJDA; SHANNON; WEAVER, 1950).

O modelo matemático de representação da informação proposto por estes autores não considera os impactos sócios culturais e os de natureza subjetiva sobre o usuário da informação, mas já levanta a problemática da representação da informação e do conhecimento. Deve-se, porém, ressaltar que esta teoria de base matemática, continua instrumento muito útil para a construção de sistemas de recuperação de informação.

A despeito de tantas possíveis interpretações deste conceito, representação é o ponto crucial do processo informacional, uma vez que lhe cabe fazer a “tradução” do saber sobre os entidades e objetos do mundo real para o usuário final da informação. O usuário da informação, dessa forma, tem acesso ao conhecimento sobre o mundo físico e das ideias, através de seus elementos constitutivos (documentação), conectados pela eficácia dos sistemas de recuperação de informação (ALVARENGA, 2003).

Duas abordagens para elaboração de sistemas computacionais surgiram após o advento das linguagens de alto nível. Uma delas é a abordagem procedimental ou imperativa, que procura descrever o funcionamento dos processos em seus detalhes, sem compromisso em descrever também as características das entidades representadas – metáfora do “como fazer”. A outra é a abordagem declarativa, que procura descrever as entidades e os fatos acerca de um dado domínio, utilizando-se de máquinas de inferência para deduzir novos fatos a partir dos já existentes bem como a solução desejada ou ação a ser tomada.

Sob a ótica das implementações computacionais, travou-se um debate nas décadas de 70 e 80 sobre qual das duas abordagens seria a mais adequada para se programar sistemas. Concluiu-se que as abordagens não são excludentes entre si, pois

são mais bem adequadas a determinados tipos de tarefas. Quando se trata, porém, de controle e eficiência, a abordagem procedimental apresenta os melhores resultados, tornando-se assim o paradigma de programação mais comumente empregado.

O paradigma declarativo, fundamentado de modo consistente na lógica matemática seguiu uma trajetória diferente. Sua motivação é modelar, os sistemas em um nível de abstração mais elevado, descrevendo o conhecimento do domínio que se deseja modelar sem preocupações a respeito da implementação (RUSSEL; NORVIG, 2014). Seu objetivo principal é criar, de modo declarativo, sistemas diretamente a partir do conhecimento, permitindo ao computador realizar inferências de modo automático, utilizando processos de dedução da lógica matemática como resolução, dedução natural, tableau (SMULLYAN, 1968), entre outros. Assim, o paradigma declarativo serve como fundamento, sempre que for necessário separar o conhecimento a respeito de um dado domínio do processamento associado a ele.

O desenvolvimento de sistemas dessa natureza exige primeiro que se especifique de modo abstrato o conhecimento a respeito do domínio para, em seguida, converter a especificação obtida em sentenças lógicas. É realizada a codificação para uma linguagem apropriada após essas duas etapas. Ao seguir esse procedimento para gerar um sistema, concentrando-se em especificar o conhecimento sem relacioná-lo a um código determinado, mantendo-o externo ao sistema, os pesquisadores visualizaram as vantagens do paradigma declarativo como engajamento ontológico ou de conhecimento (significando que as sentenças lógicas guardam uma relação mais direta com o domínio que se está modelando), legibilidade, capacidade de inferência, fidelidade semântica, reusabilidade, portabilidade do conhecimento por si, independente do código de implementação e, portanto, independente da máquina. Estas características apresentam-se como os grandes atrativos para os esforços em desenvolver sistemas em modelo dual, separando o conhecimento do domínio do resto do sistema, conforme descrito acima.

O estado da arte deste paradigma se consolidou no desenvolvimento dos chamados sistemas baseados em conhecimento (LEVESQUE, 1986), que incorporam a programação lógica e de forma diferente dos programas de uso geral que buscam soluções completas para problemas utilizando-se de passos elementares de raciocínio desenvolvidos no início das pesquisas em Inteligência Artificial (RUSSEL; NORVIG, 2014). Estes sistemas possuem um conhecimento mais amplo e específico de um dado domínio, permitindo passos de raciocínio maiores e mais complexos para se resolver problemas em uma área específica. Como exemplos, são geralmente citados os sistemas especialistas: MYCIN, DENDRAL, SHRDLU, CYC, entre outros.

Na busca por uma melhor forma de representação do conhecimento os formalismos orientados a predicados, como as regras de produção e programação lógica (DARWICHE, 2008), bem como os formalismos orientados a classes e relações, como redes semânticas, lógica de descrições e frames, procuraram, enfatizando a declaração dos predicados lógicos do domínio e inferências ou nas classes de objetos pertencentes ao domínio e suas relações, representar o conhecimento e também processá-lo.

### **3 GESTÃO DA INFORMAÇÃO E DO CONHECIMENTO**

Sobre a criação do conhecimento organizacional, Nonaka e Takeuchi (1997) definem como um processo que ocorre dentro de uma comunidade que interage entre si, o que permite a ampliação potencial do conhecimento criado pelos indivíduos, solidificando-o como parte da rede de conhecimentos da organização.

Dentre os fatores que possibilitam às organizações o sucesso em projetos relacionados ao conhecimento são: a cultura de orientação para o conhecimento, a estruturação técnica e organizacional, o apoio da alta gerência, a vinculação ao valor econômico ou setorial, a orientação para processos, a clareza de visão e comunicação, e o uso de múltiplos canais para a transferência do conhecimento. (DAVENPORT; PRUSAK, 1998).

A gestão do fluxo informacional condizente com os processos decisórios é considerada uma forma de administração que visa o aproveitamento do conhecimento e necessariamente se faz uso do processo de identificação e mapeamento do conhecimento. Este será o insumo necessário para a determinação de novas práticas no ambiente organizacional.

A utilização intensiva e consciente do conhecimento inerente aos indivíduos de uma organização é denominada, por alguns autores como capital intelectual. É possível perceber a associação do denominado capital intelectual com conhecimento, criatividade, inovação, relacionamento com clientes, uso de tecnologia, e Stewart (1998, p.13) o define 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.

Segundo Probst, Raub e Romhardt (2002) a avaliação do conhecimento dentro de uma organização pode ser descrito e separado em fases. A identificação dos processos da gestão do conhecimento como instrumento para a visualização de novas competências e oportunidades. No que diz respeito à etapa de utilização, o autor define os modos de se aplicar os conhecimentos armazenados e adquiridos no âmbito organizacional.

A visão do papel do conhecimento no processo gerencial na tomada de decisões é evidenciada por Choo (2003), quando o autor parte da premissa de que os processos organizacionais associados à busca pela informação irão, de fato, construir o conhecimento organizacional e possibilitar a ação. Nos processos decisórios, os gestores interpretam as informações recebidas e internalizam este conhecimento e cabe a eles envolver os segmentos necessários da organização. Todos esses procedimentos têm o intuito de reduzir a incerteza para a tomada de decisão sobre a melhor alternativa entre as apresentadas.

Sobre o processo de gestão da informação e do conhecimento Tarapanoff (2006, p.30) afirma:

[...] é uma atividade independente, mas, quando ligada ao processo decisório, está fortemente ligado ao processo de gestão da informação e ao trabalho e análise da informação. A inteligência [estratégia] pode ser considerada síntese do processo de trabalho da informação e do conhecimento, gerando conhecimento novo capaz de indicar novos caminhos para a empresa.

#### **4 ADMINISTRAÇÃO E ESTRATÉGIA EMPRESARIAL**

No campo da Administração a estratégia é determinada por padrões e planos que se integram e compõem as políticas e os objetivos das organizações estabelecendo metas e ações para todos os níveis organizacionais. Corrobora-se a isto a definição de que: “uma boa estratégia pode assegurar a melhor alocação dos recursos em antecipação aos movimentos, planejados ou não, dos oponentes ou às circunstâncias do ambiente” (CHIAVENATO; SAPIRO, 2003, p.40-42).

O planejamento estratégico deve direcionar os esforços dos indivíduos para um resultado comum e que atenda aos objetivos da organização. Deve 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, 2006).

Torna-se necessária a atenção por parte das organizações ao tratar do planejamento e do estabelecimento das estratégias empresariais. Ao se definir o planejamento estratégico, a organização realiza progressos e atinge suas metas de modo satisfatório sem desperdiçar tempo e recursos em demasia (KWASNICKA, 2007).

#### **4.1 Parâmetros e Indicadores em apoio às decisões estratégicas**

Para Saaty (1990) os direcionamentos estratégicos tratam de elementos que possuem dimensões distintas envolvidos nos processos decisórios das organizações. Este autor definiu o AHP (*Analytical Hierarchy Process*) que discorre a respeito dos propósitos de se criar uma classificação hierárquica destes elementos.

A identificação dos indicadores de tendências, a avaliação do ambiente de negócios e a evolução setorial são partes da análise crítica sobre as oportunidades e as ameaças em relação aos concorrentes e ao mercado (CHIAVENATO; SAPIRO, 2003). Para a determinação dos elementos que compõem o modelo econômico apresentado neste artigo e os indicadores a serem implementados em recursos computacionais (próxima etapa do projeto em execução descrito anteriormente), foram realizadas entrevistas com gestores e especialistas do setor estratégicos de empresas relacionadas à geração de energia elétrica, tais como a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), Empresa de Pesquisa Energética (EPE) entre outras.

### **5 DEFINIÇÃO DA ABORDAGEM METODOLÓGICA**

Os procedimentos metodológicos adotados seguiram as recomendações propostas por Creswell (2003) e Chizzotti (1998) no que diz respeito ao desenvolvimento de pesquisas que envolvam entrevistas pessoais e aplicações de questionários.

Para Creswell (2003, p. 157), em alguns projetos o pesquisador desenvolve um instrumento a partir da composição de alguns outros instrumentos existentes. No entanto, o autor adverte da importância de se refazer os testes de validade e confiabilidade quando se reutiliza um modelo existente. Esses cuidados foram tomados na etapa de análise de dados. É sugerido o uso do pré-teste para verificar a validade de conteúdo do instrumento e refinar as questões e escalas. A validação indica se inferências úteis e significativas podem ser extraídas a partir das respostas obtidas pelo instrumento.

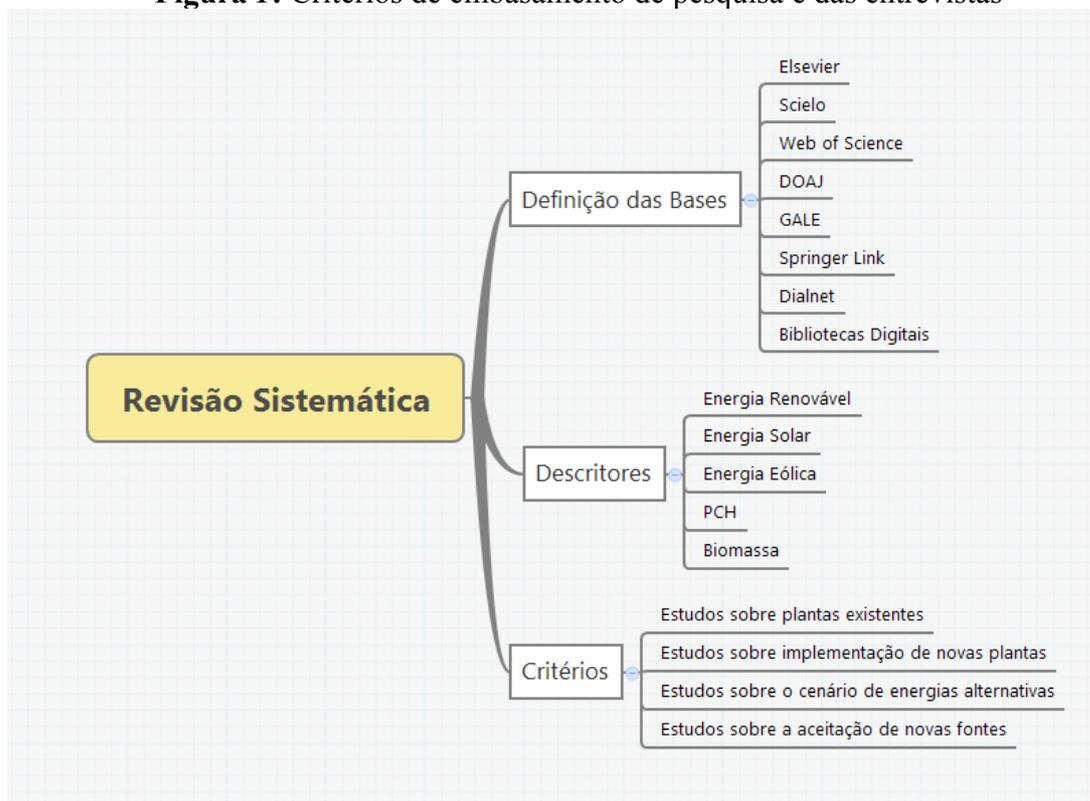
Também para Chizzotti (1998, p. 56) é recomendado que os questionários sejam

testados, isto é, respondidos por alguns presumíveis informantes para se identificar problemas de linguagem, de estrutura lógica ou das demais circunstâncias que possam prejudicar o instrumento.

### 5.1 Direcionamento das Entrevistas e Revisão Sistemática

Definidas as bases de dados de busca para trabalhos relacionados, as palavras-chave e os critérios da pesquisa são apresentados na da Figura 1. Assim se buscou trabalhos relacionados com base em tais critérios e foram excluídos os artigos que não entrassem nos critérios selecionados.

Figura 1: Critérios de embasamento de pesquisa e das entrevistas



Fonte: Elaborado pelos autores.

Pelas questões utilizadas procurou-se 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.

Em outro momento o direcionamento é voltado em prospectar quais as fontes de

informação / recursos informacionais utilizados nos processos de tomada de decisão da organização. A identificação de seus parâmetros tangíveis e intangíveis auxiliará nas próximas etapas da pesquisa, dentre as quais, a identificação dos processos acerca das tomadas de decisão utilizados, sua periodicidade de revisão e os atores envolvidos.

## **5.2 Amostra**

As pessoas selecionadas são consultores e gestores com grande experiência no setor energético, principalmente sobre tomada de decisões e geração a partir de fontes diversas. É esperado que se atinja algo em torno de 50-70 encontros presenciais de diferentes localidades até a conclusão do projeto final.

Uma das empresas que concederam importante contato se caracteriza pela atuação centenária no mercado de geração e, posteriormente, distribuição e comercialização a medida que se definiram as regulações para tal no cenário nacional. Conhecedora da instalação de PCHs, Usinas Hidrelétricas (UHE) e termelétrica a gás natural, a empresa se mostra competitiva e importante para as questões a serem respondidas nesta pesquisa. A empresa constituiu nos últimos 4 anos uma capacidade instalada considerável distribuída entre UHEs, PCHs, usinas eólicas e cogeração a biomassa de cana. A empresa desenvolve estudos sobre PCHs, usinas eólicas e solares periodicamente e visa, também, oportunidades de estudos para implantação de usinas a biomassa de origem vegetal e animal.

É importante citar a oportunidade que um dos envolvidos no projeto teve de contactar gestores e pesquisadores do Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ) localizado na cidade de Leipzig, Alemanha (<https://www.dbfz.de/aktuelles.html>). Neste centro de pesquisa e de referência de fontes renováveis para a geração de energia elétrica foi possível perceber que a preocupação de se adotar e de se desenvolver novas técnicas para a geração de energia elétrica é relevante quando se tem o objetivo de alterar a matriz energética efetivamente, como se dá na Alemanha e em outros países europeus. No caso da Alemanha, os esforços governamentais (insumo e benefícios para a pesquisa) se voltarão, de acordo com os entrevistados, para as técnicas de geração de energia a partir de biomassa. Até 2015 os insumos estavam voltados para pesquisa e empreendimentos para a geração de energia por meio das fontes Eólica e Solar, principalmente.

De volta ao Brasil, na Empresa de Pesquisa Energética (EPE) foi possível receber importante colaboração para o entendimento do setor de comercialização e as

perspectivas para as diferentes fontes para geração de energia elétrica, microgeração e regulamentação em geral do setor.

A avaliação das informações obtidas pelas entrevistas com gestores tem o objetivo de definir os tipos de investimentos hoje mais visados, categorizar os riscos, elencar vantagens e desvantagens e, objetivo primordial do trabalho, elencar fatores que viabilizam e inviabilizam os investimentos nas quatro fontes de energias alternativas renováveis estudadas.

### **5.3 Análise das entrevistas**

Com relação a existência de investimentos em fontes renováveis e interesse da empresa em novos investimentos, notou-se que todas as empresas possuem projetos para investimentos em geração renovável e que todos os entrevistados são favoráveis a investimentos dessa natureza. Uma delas salientou que em determinado momento seu portfólio de geração era exclusivamente renovável, possuindo empreendimentos de PCH, Biomassa (bagaço de cana) e Energia Eólica.

Conclui-se que, sob a luz dos aspectos legais, os tipos de investimentos são definidos através de estudos e pesquisas, seguidos de leilões de energia, patrocinados pelo governo. Caso o investimento se mostre lucrativo, o projeto é posteriormente implementado. Salienta-se a necessidade e o processo de obtenção de licenças, os documentos da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCE) como histórico detalhado dos leilões e a demanda de energia apresentada no Plano Nacional de Energia (PNE), composto de projeções de longo prazo que visa aspectos estratégicos. Assim, foram identificados e analisados aspectos econômicos, financeiros e mercadológicos.

Os investimentos em novos empreendimentos são avaliados a partir da situação econômica do país, do PIB, da renda *per capita*, da perspectiva de crescimento do país, de cenários setoriais como a indústria, de novas tecnologias, de eficiência energética, dos incentivos governamentais existentes e da disponibilidade de crédito para execução do projeto e posterior venda no leilão eletrônico.

Investimentos em energias alternativas renováveis são vantajosos do ponto de vista dos gestores e especialistas, pois possuem maior facilidade na obtenção de licenças ambientais (exceto no caso da PCH que gera maiores impactos ambientais, acarretando maior dificuldade quanto às licenças), maior rapidez na implementação devido à montagem otimizada, maiores incentivos governamentais, minimizando os custos (atualmente, o custo da energia eólica é a mais interessante devido a incentivos) e a possibilidade de ser implementada próxima da demanda de carga, tornando menores os

custos de transmissão e melhorando o abastecimento. Adicionalmente, a geração por fontes renováveis gera menos impactos nocivos ao meio ambiente.

Em contrapartida, tais investimentos apresentam algumas desvantagens. Dentre as apontadas pelos gestores estão: dependência de locais apropriados para implementação, custo elevado dos equipamentos, preços menos competitivos, baixa rentabilidade, financiamento ainda raro e caro, dependência do preço do dólar (que encontra-se elevado) e parâmetros regulatórios.

Por fim, os fatores apresentados como viabilizadores para investimentos em energias alternativas renováveis foram: a demanda elevada, a viabilidade dos projetos serem vendidos em leilão, os baixos custos para o consumidor residencial, os incentivos governamentais, a presente evolução da tecnologia nacional reduzindo preços e, principalmente, a falta de outros recursos, tornando-os essenciais.

Por sua vez, fatores apresentados com potencial para inviabilização para investimentos em energias alternativas renováveis foram: a dificuldade de armazenamento da energia gerada, o custo da tecnologia, a baixa capacidade da produção nacional, a falta de regulamentação adequada e o fato das fontes não serem de geração contínua, necessitando complementariedade.

## **6 MODELO ECONÔMICO-FINANCEIRO**

O objetivo da análise da viabilidade econômico-financeira é esclarecer se o investimento em uma determinada fonte de geração de energia elétrica é viável e possui um retorno financeiro considerável em relação ao capital necessário. Ou seja, para ser atrativo, o retorno financeiro do investimento em determinada fonte deve superar o retorno financeiro em outro investimento qualquer mais o incremento do risco associado a esse tipo de investimento. Esse risco, a parte tangível, é parcialmente capturado pela modelagem econômico-financeira e pela identificação de alguns parâmetros associados. Assim, outra análise importante para viabilização de um projeto de geração de energia elétrica por meio de fontes alternativas é referente à sua viabilidade econômico-financeira. A razão de se realizar esse tipo de análise é mostrar a capacidade que um projeto tem de gerar fluxo de caixa, cobrindo o custo total do investimento mais o custo total de manutenção do empreendimento em operação. Diminuir os riscos para o investidor e garantir o melhor retorno de tal investimento também fazem parte dos objetivos da avaliação econômico-financeira.

## 6.1 Análise Determinística

A análise determinística é composta pelo cálculo dos indicadores financeiros que ajudam o investidor no momento de sua tomada de decisão. Tais indicadores são os seguintes: VPL (Valor Presente Líquido), TIR (Taxa Interna de Retorno) e PAYBACK (Tempo de Retorno Financeiro do Investimento).

O VPL é definido como a diferença entre os fluxos de entrada e saída de recursos de um projeto de investimentos na sua data inicial, trazendo os valores futuros até esta data inicial por meio da utilização de um desconto, que tem por base uma taxa mínima de atratividade (TMA) ou taxa de desconto.

O VPL é dado pela seguinte equação:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{R_t - C_t}{(1 + i)^t}$$

Onde  $R_t$  representa a receita e  $C_t$  representa o desembolso, ambos em um determinado período. A diferença é descontada ou trazida a valor presente pela divisão pelo denominador formado pela soma do valor 1 com a taxa de desconto percentual dividida por 100 ( $i$ ), onde tal soma é elevada ao número  $t$ , sendo  $t$  o período em que a receita e o desembolso ocorrem. Cada valor de investimento ou financiamento fica alocado no seu respectivo  $R_t$  e o valor residual fica alocado no último período  $t$ . A variável  $n$  é o horizonte de investimento do projeto de geração; ou seja, é a sua vida útil em anos.

Se o valor do VPL for maior ou igual a zero, o projeto se mostra viável e pode ser aceito. Entretanto, se for menor do que zero, não oferece a atratividade mínima requerida e deve ser rejeitado. A vantagem do VPL é que ele captura o valor do dinheiro no tempo. Entretanto, o mesmo apresenta a seguinte desvantagem: em avaliações econômico-financeiras de diversas fontes, para que todas estejam na mesma base de comparação, se faz necessário adotar um horizonte de planejamento comum. Isso é feito por meio da utilização do mínimo múltiplo comum dos períodos totais associados a cada alternativa de investimento (m.m.c.). O resultado é um ajuste forçado dos horizontes de planejamento das diversas alternativas (diversas fontes de geração de energia elétrica).

A TIR é a taxa de desconto que anula o VPL do projeto, igualando o valor presente das entradas e saídas. Esse parâmetro representa o maior custo de oportunidade que o projeto pode suportar. A próxima equação representa matematicamente a TIR.

$$\sum_{t=0}^n \frac{R_t - C_t}{(1 + TIR)^t} = 0$$

Se o valor da TIR for igual ou menor do que a TMA, o projeto se mostra viável. De outra forma, não apresenta atratividade. O parâmetro TIR apresenta algumas vantagens, que são as seguintes: é expresso em termos percentuais, representando a lucratividade mínima de um projeto de investimento e pode ser aplicado para comparação entre projetos com vidas úteis ou horizontes de planejamento distintos.

O PAYBACK de um projeto é definido como o tempo necessário para que o fluxo de caixa se iguale o investimento. De acordo com a teoria clássica, não há desconto para a diferença entre entrada e saída em cada período, o que leva a um tempo menor para que se "pague" o investimento. Entretanto, as aplicações práticas têm desconsiderado este preceito e vêm descontando os saldos de caixa em cada período para trazê-los a valor presente. Dessa última forma, o tempo de retorno representado pelo PAYBACK parece mais aderente ao custo de oportunidade de capital, principal preceito da análise.

O parâmetro PAYBACK se aplica à tomada de decisão através da comparação de tempo de retorno do investimento entre projetos.

## **6.2 Incertezas de um Projeto de Investimento**

A análise financeira de um projeto é baseada em estimativas para todas as variáveis relevantes. Em função das incertezas associadas a tais variáveis, faz-se necessário uma primeira avaliação de risco, como já mencionado. O risco deve ser entendido como a probabilidade do retorno esperado não se concretizar. Quanto maior o horizonte de planejamento, mais necessária é uma avaliação das incertezas.

Na abordagem aqui levada a efeito, tal avaliação se subdivide em duas, a saber: análise de sensibilidade e análise de cenários.

### **6.2.1 Análise de Sensibilidade**

A análise de sensibilidade, aqui definida, é a verificação do impacto causado pelas variações nos valores de uma certa variável sobre os indicadores financeiros determinísticos de um projeto de investimento. Essa análise mostra o quão susceptível um projeto de investimento é a alterações na estimativa inicial.

### **6.2.2 Análise de Cenários**

A análise de cenários, por sua vez, considera a variação simultânea de vários parâmetros do projeto de investimento. O procedimento padrão consiste na construção de três cenários, a saber: o base (mais provável), o otimista e o pessimista. No otimista, os benefícios do cenário base são superestimados, enquanto são subestimados no cenário pessimista. Por exemplo, pode-se variar o preço de venda da energia gerada, a taxa de câmbio, os débitos trabalhistas, etc. Cada variação tem um impacto no resultado final do projeto, mais especificamente nos parâmetros VPL, TIR e PAYBACK.

### **6.3 Modelo de Avaliação Econômico-Financeiro**

Utiliza-se o mesmo modelo econômico-financeiro para verificar a viabilidade econômico-financeira de cada alternativa de investimento em geração de energia por fonte renovável alternativa. Os detalhes do modelo são:

O investimento inicial (implantação da Planta Geradora) é realizado no ano base ou ano 0 (por exemplo, o ano em curso). Pode haver investimento adicional em qualquer ano do horizonte de planejamento. O horizonte de investimento considerado é de 20 anos. A depreciação é contabilizada apenas como benefício fiscal. O benefício fiscal dos juros é contabilizado, assim como é feito para o pagamento do principal e dos juros. Preço - preço estimado de comercialização da energia da fonte em questão. Custo médio ponderado de capital (ponderação entre participação e taxas dos capitais próprio e de terceiros) - WACC. Taxa de uso do sistema de distribuição pela planta de geração – TUSDg. Capital de Giro - recurso utilizado para sustentar as operações diárias de uma empresa. Delta CG - diferença do capital de giro do ano seguinte para o anterior. PIS/COFINS - ao ganhar um leilão, a geradora pode assumir um lucro presumido. O PIS/COFINS passa, nesse caso, a ser de 3,65% sobre esse lucro. Fluxo de Caixa Operacional - FCO. Fluxo de Caixa – FC. Financiamento (Considerado do Banco

Nacional de Desenvolvimento – BNDES). R\$ (sem carência) = 80% do Investimento. Sistema de Amortização Constante – SAC (20 anos). Impostos (IR = 25% / CSSL = 9% / PIS/COFINS = 3,65% / ICMS = Isenção de ICMS). Capital de Giro = 5% da Receita Anual. Custos Fixos = 1% do Investimento, por ano. Despesas = 0,5% do Investimento, por ano. TUDg (R\$ / kW<sub>mês</sub>) - Há um desconto de 100% nos 10 primeiros anos e de 50% nos anos seguintes, para todas as fontes. Valor Residual = 0.

A figura a seguir mostra o modelo. Este modelo é aplicável a qualquer alternativa energética, respeitando-se suas particularidades. É necessário ressaltar que todos os campos são preenchíveis, exceto aqueles que são tratados computacionalmente e de forma automática.

A determinação dessa implementação é foco de estudos atuais e a automatização deste recurso é, portanto, tema de artigos futuros.

**Figura 2: Modelo de Avaliação Econômico-Financeira  
(aplicado a cada alternativa de geração)**

Preço (R\$ / MWh)		Percentual Financiado (Carência de 3 anos)		R\$		%		Custos Fixos (%)		Despesas Financeiras (%)		Capital de Giro (%)										
PIS/COFINS (%)		Capital Próprio (%)		Financiamento (TJLP + Spread)		WACC (%)		ICMS (%)		CSSL (%)		IR (%)										
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	
Investimento																						
Financiamento																						
Receitas																						
PIS/COFINS																						
ICMS																						
Custos Fixos																						
Pessoal																						
Material																						
Serviços																						
Outros																						
Custos Variáveis																						
TUSDg (50%)																						
Despesas Financeiras (sem Encargos do Financiamento)																						
Capital de Giro (CG)																						
Delta CG																						
CSSL																						
IR																						
Amortização e Juros do Financiamento (Encargos)																						
Benefício Fiscal dos Juros Financiamento																						
FCO																						
FC																						
VPL (R\$)																						
TIR (%)																						
TIR-M (%)																						
PAYBACK (anos)																						

Fonte: Elaborado pelos autores.

#### 6.4 Análise de Atratividade por Custo da Energia na Mesma Base (*Levelised Cost of Energy* –LCOE)

O modelo para cálculo do LCOE de cada fonte é apresentado na figura a seguir.

**Figura 3: Modelo de Comparação do Custo da Energia Gerada (aplicado a cada alternativa de geração)**

ANO	INVESTIMENTO (R\$ MM)	Produção (GWh)		DESEMBOLSOS TOTAIS (R\$ MM)	Fator de Capacidade	Taxa de Desconto (%)
2016						
2017						
2018						
2019						
2020						
2021						
2022						
2023						
2024						
2025						
2026						
2027						
2028						
2029						
2030						
2031						
2032						
2033						
2034						
2035						
2036						
Produção Descontada (MWh)			Custos Totais Descontados + Investimentos Descontados (R\$ MM)		LCOE (R\$ / MWh)	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os itens que compõem esta tabela podem ser identificados conforme a especificação abaixo:

- desembolsos totais anuais incorporam todos os custos calculados para definição do VPL do projeto (item anterior);
- MWh produzidos anualmente são descontados ao ano base, assim como os custos e investimentos totais;
- LCOE é obtido pela divisão da soma dos custos totais descontados mais os investimentos totais descontados pela produção descontada.

A determinação do LCOE para cada alternativa de geração possibilita que as mesmas sejam comparadas entre si. Caso sejam verificados valores muito discrepantes, aquela ou aquelas alternativas que apresentar(em) o(s) LCOE(s) muito elevado(s) são descartadas.

O projeto de pesquisa em andamento tem como uma próxima etapa apresentar implementação deste modelo aqui apresentados e nos trabalhos anteriores (BARACHO *et al.*, 2015; BONATTI; BARACHO, 2015) com técnicas de computação voltadas para apoio à tomada de decisões, incluindo parâmetros intangíveis m tomada de decisão final.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das análises dos empreendimentos em operação, dos empreendimentos planejados e das opiniões dos gestores e do especialista, é possível identificar alguns parâmetros que norteiam a tomada de decisão em investimentos em energias alternativas renováveis, limitando ou colaborando para que estes empreendimentos sejam implementados. Estes parâmetros são insumo para a elaboração do recurso computacional de apoio às decisões que tratam de novos empreendimentos no setor energético. Para isso, será necessário a mensuração dos parâmetros intangíveis e isso se dá pelo emprego do método AHP, a ser implementado inicialmente nas tabelas apresentadas neste artigo.

Adicionalmente, fatores como a situação econômica do país, crescimento da população, crescimento da indústria e do PIB, dentre outros, podem colaborar negativa ou positivamente para investimentos em quaisquer fontes energéticas, incluindo as alternativas e renováveis.

Outro importante resultado deste estudo é a consolidação do potencial explorado e do potencial ainda a explorar sobre o tema de cada uma das fontes, que se encontram, em resumo, na tabela a seguir:

Fonte	Potencial Estimado	Potência Instalada
Eólica	143,47 GW	6,691 GW
Solar	230 e 270 W/m <sup>2</sup> <sup>1</sup>	21,233 MW
Biomassa	NA	13,164 GW
Hidroelétrica	247,242 GW	94,735 GW <sup>2</sup>
PCH	NA	4,835 GW

Fonte: Gryscek e Belo (1983)

Essa tabela, resumidamente, demonstra o grande potencial de matriz energética para o Brasil. A dimensão de tais investimentos e de novos empreendimentos é determinante para a busca de ferramentas que façam uso intensivo de informações e que a organização destas possibilite um ajuste com as metas e objetivos organizacionais.

## AGRADECIMENTOS

À Cemig e FAPEMIG pelo projeto ser selecionado e financiado pelo EDITAL FAPEMIG 15/2012, Pesquisas na área do Setor Elétrico PARCERIA FAPEMIG – CEMIG DISTRIBUIÇÃO S.A. e CEMIG GERAÇÃO e TRANSMISSÃO S.A.

Pesquisas na área de Comunicação e Relacionamento Empresa-cliente.

Este trabalho é parcialmente financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), Governo do Estado de Minas Gerais, Brasil, Rua Raul Pompéia, nº101 - São Pedro, Belo Horizonte, MG, 30.330-080, Brasil.

Registra-se, também, agradecimento ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pelo apoio financeiro e suporte aos pesquisadores.

## REFERÊNCIAS

ALVARENGA, L. Representação do Conhecimento na Perspectiva da Ciência da Informação em Tempo e Espaço Digitais. **Encontros Biblioteconomia: Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, v. 8, n. 15, p. 18–40, 2003.

BARACHO, R. M. A. et al. *Information management for making decision on investments for electricity generation*. In: **The 19th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics: WMSCI 2015**, 2015, Orlando. The 19th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics: WMSCI 2015 - PROCEEDINGS - VOLUME II. Orlando: International Institute of Informatics and Systemics. v. II. p. 57-62.

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. Disponível em: <<http://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/abcib/article/view/24822>>.

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

CHIZZOTTI, Antônio. **Pesquisa em Ciências Humanas e Sociais**.3.ed. São Paulo: Cortez, 1998.

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

CRESWELL, John W. **Research Design:** Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches. 3 ed. Sage Publications. Los Angeles. 2003.

DARWICHE, A. **Handbook of Knowledge Representation.** Elsevier, 2008. v. 3.

DAVENPORT, T. H.; PRUSAK, L. **Conhecimento Empresarial:** Como as organizações gerenciam o seu capital intelectual. São Paulo: Elsevier, 1998.

GRYSCHER, J.M.; BELO, F.R. **Produção e uso do gás metano na agricultura e agro-indústria.** Piracicaba, ESALQ, 1983. 15p.

KWASNICKA, E. L., **Introdução à Administração: uma visão sistêmica.** São Paulo: Atlas, 2007.

LEVESQUE, H. J. *Knowledge Representation and Reasoning.* **Annual Review of Computer Science**, v. 1, n. 1, p. 255–287, jun. 1986.

NONAKA, K.; TAKEUCHI, H. **Criação do conhecimento na empresa.** Rio de Janeiro: Elsevier, 1997.

OLIVEIRA, D. P. R. **Planejamento estratégico:** conceitos, metodologia e práticas. São Paulo: Atlas, 2006.

PROBST, G.; RAUB, S.; ROMHARDT, K. **Gestão do conhecimento:** os elementos construtivos do sucesso. Porto Alegre: Bookman, 2002.

RUSSEL, S.; NORVIG, P. **Artificial Intelligence: A Modern Approach.** 3 ed., Prentice Hall Press, 2014.

SMULLYAN, R. M. **First-Order Logic.** Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1968.

SAATY, T. L. **How to Make a Decision: the analytic hierarchy process.** European Journal of Operational Research, Amsterdam, V.48, Ed.1, p.9-26, 1990. Disponível em: [◇](#).

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

TARAPANOFF, K., **Informação, conhecimento e Inteligência em corporações:** relações e complementaridade. Inteligência, Informação e Conhecimento em Corporações. Brasília: IBICT, UNESCO, 2006. P.19-35.

VAJDA, S.; SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The Mathematical Theory of Communication.** The Mathematical Gazette, v. 34, n. 310, p. 312, dez. 1950.

