INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES

Autarquia associada à Universidade de São Paulo

Mercado no Brasil para o uso de energias renováveis e ações de eficiência energética

EDSON PEREIRA DOS SANTOS

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia Nuclear ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

Orientador: Prof. Dr. Thadeu das Neves Conti

São Paulo

2020

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES

Autarquia associada à Universidade de São Paulo

Mercado no Brasil para o uso de energias renováveis e ações de eficiência energética

EDSON PEREIRA DOS SANTOS

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia Nuclear ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

Orientador: Prof. Dr. Thadeu das Neves Conti

Versão Corrigida

Versão Original disponível no IPEN

São Paulo

2020

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho,
para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte

Como citar:

SANTOS, E. P. d. ***Mercado no Brasil para uso de energias renováveis e ações de eficiência energética***. 2020. 130 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP, São Paulo. Disponível em: (data de consulta no formato: dd/mm/aaaa)

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de geração automática da Biblioteca IPEN/USP,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Santos, Edson Pereira dos

Mercado no Brasil para uso de energias renováveis e ações de eficiência energética / Edson Pereira dos Santos. -- São Paulo, 2020.
130 p.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Nuclear (Aplicações) -- Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2020.

1. Energia renovável. Eficiência energética. Iniciativa Pública, Mercado. Desenvolvimento. I. Conti, Thadeu das Neves. II. Universidade de São Paulo. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. III. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: Edson Pereira dos Santos

Título: Mercado no Brasil para o uso de energias renováveis e ações de eficiência energética

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia Nuclear ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

Data: 06 / 03 / 2020

Comissão Julgadora:

Resultado:

Prof. Dr.: Prof. Dr. Thadeu das Neves Conti (Presidente)

Instituição: IPEN/USP

Prof. Dr.: Prof. Dr. Mauro Sérgio Juarez Cáceres (Titular)

Instituição: Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP

Prof. Dr.: Prof. Dr. Salvador Pinillos Gimenez - (Titular)

Instituição: Faculdade de Engenharia Industrial – FEI

Prof. Dr.: Prof(a). Dr(a). Liliane Maria Magalhaes de Souza (Suplente)

Instituição: Universidade Federal de São Carlos, UFSCAR

Prof. Dr.: Prof. Dr. Marcelo da Silva Rocha (Suplente)

Instituição: IPEN/USP

Prof. Dr.: Prof. Dr. Jose Roberto Berreta (Suplente)

Instituição: Centro Tecnológico da Marinha em SP

DEDICO

Aos meus pais, esposa e filha que, ao mesmo tempo que me ensinaram a nunca desistir dos meus sonhos, me apoiaram para o alcance dos meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer ao grande responsável e incentivador pela minha presença no Mestrado e que esteve presente na minha vida acadêmica me orientando pelos últimos três anos, o Prof. Dr. Thadeu das Neves Conti.

Gostaria de agradecer ao Prof. Dr. Marcelo da Silva Rocha pelo acompanhamento e orientação nas etapas iniciais do programa. Em especial, agradeço a gestão do SENAI-SP pelo apoio, e por acreditarem no potencial deste programa junto ao IPEN, formalizo aqui minha gratidão aos Profs. Sidnei Petrin e Carlos Coelho pela minha indicação.

Agradeço ainda a todas as empresas e instituições que forneceram informações e dados preciosos para a elaboração deste trabalho.

Finalmente, agradeço a todos professores e meus amigos da instituição que compreenderam e nos apoiaram nesta jornada.

Obrigado!

RESUMO

Santos, E. P. d. ***Mercado no Brasil para uso de energias renováveis e ações de eficiência energética***, 2020. 130 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear) Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN-CNEN/SP. São Paulo

Com o crescente aumento da participação de fontes renováveis de geração de energia em nossa matriz energética e a grande preocupação das organizações com sua gestão, cada vez mais são evidenciadas as oportunidades técnicas e financeiras de reduzir os custos com energia, aumentar sua competitividade nas organizações e promover ações que diminuam os impactos ambientais nos processos envolvidos. Vários aspectos são relevantes, entre os quais é possível identificar no Brasil a baixa aderência para uso de novas tecnologias principalmente voltadas à melhoria da eficiência energética, grandes potenciais para a expansão das energias renováveis, notória viabilidade técnica e financeira para projetos desenvolvidos nas áreas de energia e eficiência energética.

Neste trabalho é apresentado o estudo atual das principais fontes de energia, dando ênfase as renováveis e as ações de eficiência energética, demonstrando um cenário geral das ações desenvolvidas pela iniciativa pública e privada, juntamente com os demais atores envolvidos, cujo objetivo é disseminar as oportunidades que permeiam o mercado de energia e eficiência energética no Brasil, bem como a garantia dos benefícios que a adoção dessas novas tecnologias possam trazer para a economia, sociedade, meio ambiente e para o desenvolvimento do país. Os resultados apurados no estudo, destacam o Brasil como uma das matrizes energética mais limpa no mundo, demonstrando expressiva participação das energias renováveis com aproximadamente 43%, mas revelam tímidas iniciativas voltadas às ações de eficiência energética e à melhoria do seu desempenho.

Palavras-chave: Energias renováveis, Eficiência energética, Iniciativa pública, Mercado, Desenvolvimento.

ABSTRACT

Santos, E. P. d. ***Market in Brazil for the use of renewable energies and energy efficiency actions***, 2020. 130 p. Dissertation (Master's Degree in Nuclear Technology) Institute of Energy and Nuclear Research – IPEN-CNEN/SP. São Paulo.

With the increasing participation of renewable energy sources in our energy matrix and the great concern of organizations with energy management, the technical and financial opportunities to reduce energy costs, to increase the competitiveness of organizations, and to promote actions that reduce environmental impacts in the processes involved are increasingly evident. Several aspects are relevant. Among them, it is possible to identify in Brazil a low adherence to the use of new technologies mainly focused on improving energy efficiency, great potential for the expansion of renewable energies, and a notorious technical and financial feasibility for projects developed in the areas of energy and energy efficiency.

In this work the current study of the main energy sources is presented, emphasizing the renewable ones and the energy efficiency actions, showing a general scenario of the actions developed by public and private initiatives, along with the other actors involved, whose objective is to disseminate the opportunities that permeate the energy and energy efficiency market in Brazil, as well as to guarantee the benefits that the adoption of these new technologies can bring to the economy, society, environment and development of the country. The results determined in the study, highlight Brazil as one of the cleanest energy matrix in the world, demonstrating an expressive participation of renewable energies, with approximately 43%, but reveal timid initiatives aimed at energy efficiency actions and to improving its performance.

Keywords: Renewable energies, Energy efficiency, Public Initiatives, Market, Development

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo de mundial de biomassa.....	56
Tabela 2 - Redução nos custos de operação do Sistema Interligado Nacional	74
Tabela 3 - Redução nos custos de investimentos do SIN.....	74
Tabela 4 - Benefício Líquido de ações e medidas.....	75
Tabela 5 - Custos de conservação Versus Custo de produção por fonte.....	75
Tabela 6 - Medidas de fomento a eficiência energética para o horizonte 2016-30...	77
Tabela 7 - Relação das principais iniciativas em eficiência energética e os mecanismos utilizados no Brasil.....	79
Tabela 8 - Projeção de demanda e EE do PNE 2050.....	87
Tabela 9 - Indicadores de energias renováveis.....	95
Tabela 10 - Estimativa de empregos diretos e indiretos em energia renovável no mundo por setor.....	102
Tabela 11 - Empregos de eficiência energética no Brasil em 2016.....	109
Tabela 12 - Número de organizações certificadas no Sistemas de Gestão de Energia ISO 50001.....	112
Tabela 13 - Resultados consolidados empresa Coca-Cola.....	114
Tabela 14 - Resultados consolidados empresa Baxter.....	116
Tabela 15 - Resultados consolidados empresa Bemis.....	117

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Oferta interna de energia.....	17
Figura 2 - Matriz energética mundial 2016.....	23
Figura 3 - Matriz energética brasileira 2017.....	24
Figura 4 - Matriz elétrica brasileira 2017.....	26
Figura 5 - 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS).....	27
Figura 6 - Participação de renováveis na matriz energética.....	31
Figura 7 - Matriz elétrica mundial 2016.....	33
Figura 8 - Composição da matriz energética mundial e brasileira em 2016.....	34
Figura 9 - Unidade de geração de energia de Itaipu.....	37
Figura 10 - Potencial hidrelétrico brasileiro projetado por Estado - Valores em MW.....	38
Figura 11 - Potencial hidrelétrico brasileiro por bacias -Valores em MW.....	39
Figura 12 - Usina hidrelétrica de Itaipu.....	40
Figura 13 - Energia solar heliotérmica.....	41
Figura 14 - Processos de interação da radiação solar com os principais constituintes atmosféricos.....	42
Figura 15 - Total diário da irradiação global horizontal: média anual.....	43
Figura 16 - Sistema de geração solar fotovoltaico.....	44
Figura 17 - Crescimento da energia eólica no mundo.....	46
Figura 18 - Evolução da capacidade de instalação eólica no Brasil.....	47
Figura 19 - Panorama do potencial eólico no Brasil.....	48
Figura 20 - Parque de geração eólica.....	49
Figura 21 - Usina de energia geotérmica.....	51
Figura 22 - Capacidade e adições de energia elétrica geotérmica: 10 principais países e resto do mundo.....	52
Figura 23 - Diagrama esquemático dos processos de conversão energética da biomassa.....	54
Figura 24 - Consumo mundial de biocombustíveis no cenário de 2030.....	55
Figura 25 - Capacidade instalada de geração elétrica.....	57
Figura 26 - Esquema usina termelétrica.....	58
Figura 27 - Participação do custo do combustível e custo de O&M nos custos de produção.....	64

Figura 28 - Reatores nucleares operacionais no mundo.....	65
Figura 29 - Total reatores nucleares operacionais: propostos, planejados e sob construção no mundo.....	66
Figura 30 - Geração de eletricidade nuclear em bilhões de kWh em 2008.....	66
Figura 31 - Usina de Angra I.....	69
Figura 32 - Usina de Angra II.....	70
Figura 33 - Custo médio da energia elétrica para a indústria no Brasil (MWh).....	84
Figura 34 – Histórico da intensidade energética no Brasil.....	85
Figura 35 - Intensidade Energética no Brasil e na Alemanha.....	86
Figura 36 - Demanda de eletricidade e fontes de atendimento à demanda de energia para 2050.....	87
Figura 37 - Consumo de energia elétrica no SIN por classe.....	88
Figura 38 - Capacidade instalada de geração de energia elétrica do Brasil sem importação contratada.....	96
Figura 39 - Fator de capacidade médio da eólica no Brasil em 2018.....	98
Figura 40 - Distribuição da Matriz Elétrica Brasileira em 2019.....	99
Figura 41 - Empregos Gerados em Energia Renovável por tecnologia.....	101
Figura 42 - Empregos gerados na área de energias renováveis em 2017.....	104

LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

ABEEólica	Associação Brasileira de Energia Eólica
ABESCO	Associação Brasileira das Empresas de Conservação de Energia
ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar
AC	Corrente Alternada [A]
ACEEE	Conselho Americano para uma Economia de Energia Eficiente
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional de Petróleo
BEN	Balanco Energético Nacional
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CEBDS	Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável
CEETEPS	Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
CBEE	Centro Brasileiro de Energia Eólica
CEPETRO	Centro de Estudos de Petróleo
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CME	Custo Marginal de Expansão
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CNTP	Condições Normais de Temperatura e Pressão
COP21	Conferência das Partes da Convenção Climática de Paris
CVU	Custos Variáveis Unitários
DC	Corrente Contínua – Direct current [A]
Eletrobras	Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FECAP	Fundação Escola de Comércio Álvares Penteado
FIRJAN	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
GEE	Gases de Efeito Estufa
IAEA	Agência internacional de Energia Atômica
IEA	Agência internacional de Energia – International Energy Agency

IEN	Instituto de Energia Nuclear
IIE	Índice de Intensidade Energética
INDC	Intenção de Contribuições Nacionalmente Determinada - Intended Nationally Determined Contributions
ISITEC	Instituto Superior de Inovação e Tecnologia
IRENA	Agência internacional de Energia Renovável
IPEN	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
ISO	International Organization for Standardization
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MME	Ministério de Minas e Energia
M&V	Medição e Verificação
NEI	Nuclear Energy Institute
Nuclebras	Empresas Nucleares Brasileiras S. A.
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PCH	Pequenas Centrais Hidrelétricas
PEE	Programa de Eficiência Energética
PET	Tomografia por Emissão de Pósitrons e elétrons
PIB	Produto Interno Bruto
PNE	Plano Nacional de Energia
PNEf	Plano Nacional de Eficiência Energética
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
PWR	Reator de Água Pressurizada
RECAI	Índice de Atratividade para Energias Renováveis - Renewable energy country attractiveness index
REN21	Rede de Políticas de Energia Renovável para o Século 21
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SGE	Sistema de Gestão de Energia
SIN	Sistema Interligado Nacional

Tep	Toneladas Equivalentes de Petróleo
UNESP	Universidade Estadual Paulista
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
USP	Universidade de São Paulo
WANEB	Atlas Eólico do Nordeste do Brasil – Wind Atlas for the Northeast of Region of Brazil
WANO	Associação Mundial de Operadores Nucleares – World Association of Nuclear Operators
UNFCCC	Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 JUSTIFICATIVA.....	20
3 OBJETIVOS.....	21
3.1 Objetivo Principal	21
3.2 Objetivos Específicos.....	21
4 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	22
5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
6 CLASSIFICAÇÃO DAS FONTES DE ENERGIA	29
6.1 Recursos Energéticos	29
6.2 Fontes Renováveis	30
6.3 Fontes Não Renováveis	33
7 CONTEXTO SOBRE AS PRINCIPAIS FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA	35
7.1 Energia Hidroelétrica	35
7.2 Energia Solar	41
7.3 Energia Eólica.....	45
7.4 Energia Geotérmica	50
7.5 Biocombustível	53
8 CONTEXTO SOBRE AS PRINCIPAIS FONTES NÃO RENOVÁVEIS DE ENERGIA	57
8.1 Termelétricas convencionais	57
8.2 Carvão Mineral	59
8.3 Gás natural	60
8.4 Termelétricas não convencional - nucleares	63
9 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	71
9.1 Definições e conceituação sobre eficiência energética.....	71
9.2 Iniciativas e ações para o desenvolvimento da eficiência energética	73
9.3 Definições básicas para um diagnóstico em eficiência energética.....	79
9.4 Intensidades energética.....	84
10 METODOLOGIA	89
11 MERCADO NO BRASIL PARA O USO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS E AÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	92
11.1 Mercados para Fontes de Energia Renováveis.....	92
11.1.1 Análises no Brasil	95
11.1.2 Geração de empregos.....	100
11.1.3 Perspectivas futuras	104

11.2 Mercado para eficiência energética.....	105
11.2.1 Geração de empregos.....	108
11.2.2 Sistema de Gestão de Energia (SGE) - NBR ISO 50001	109
11.2.3 Principais requisitos da norma ISO 50001	111
11.3 Case de Gestão de Energia empresa Coca-Cola	113
11.4 Case de Gestão de Energia empresa Baxter	115
11.5 Case de Gestão de Energia empresa Bemis.....	116
12 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	118
13 CONCLUSÃO	120
14 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	122

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o uso de fontes limpas e renováveis de energia é uma das pautas mais relevantes na discussão de ações econômicas voltadas para sustentabilidade, preservação ambiental e tecnologia limpa segundo a Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU) para um Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS 7, 2015) que define uma energia sustentável para todos. Visando compreender os fatores relacionados às energias renováveis, às consequências para o meio ambiente e o desenvolvimento socioeconômico, serão abordados os aspectos e particularidades relacionadas às opções de tecnologias limpas.

O tema sobre energias renováveis e da eficiência energética tem se tornado cada vez mais em voga. Entender energia significa entender os recursos energéticos e suas limitações, bem como os problemas ambientais da sua utilização. O aumento do consumo global de energia entre 1990 a 2007, obteve um crescimento acumulado de 69%, com o consumo total de 127,596 milhões de Tep (toneladas equivalentes de petróleo) para 215,565 milhões de Tep. Já em 2016 este consumo alcançou 294,720 milhões de Tep, de acordo com série histórica constante do Balanço Energético Nacional (BEN) de 2017, que por sua vez identifica-se uma constante elevação, podendo ocasionar a degradação dos solos e da água e a diminuição da qualidade do ar urbano. Isso acontece porque os combustíveis fósseis, conforme demonstrado na figura 1, representam 36,5% do consumo de recursos energéticos (BEN,2017), e aumentam exponencialmente as emissões de gás carbônico (CO₂) na atmosfera.

Figura 1 - Oferta interna de energia

Fonte: (BEN, 2017).

A adoção de ações para melhoria do desempenho energético associada ao uso de energias renováveis são alternativas eficazes e tecnicamente viáveis para o consumo sustentável. Neste sentido, o Brasil figura atualmente como o 17º país mais atrativo em investimentos no setor de fontes renováveis, segundo o relatório do Índice de Atratividade do País para Energia Renovável (RECAI-ERNST YOUNG, 2019), onde são encontradas também, grandes oportunidades técnicas e financeiras para a implementações de ações em eficiência energética em diferentes setores da economia.

O tema do trabalho em questão, está relacionado na realização de uma análise e diagnóstico que visam apresentar oportunidades técnicas e econômicas que se destacam no mercado de energia para a área de eficiência energética e ações voltadas ao uso e consumo eficiente de energia, ou seja, a utilização racional e eficaz de energia para se obter o melhor desempenho energético nas diferentes organizações e setores.

Associado as ações de eficiência energética, é proposto apresentar as características e benefícios para aplicação e uso de fontes de geração de energias renováveis, isto porque o desenvolvimento energético é um fator que influencia o aspecto econômico e ambiental de um país, portanto, exerce influência no aspecto social como geração de emprego, desenvolvimento tecnológico e geração de renda.

Um exemplo mundial em ações de gestão de energia e eficiência energética é a Alemanha, de acordo com o estudo realizado pelo Conselho Americano para uma Economia de Energia Eficiente (ACEEE), o país é um dos principais atores do setor, optando pelo uso de fontes de energia renováveis e apostando em uma gestão cada vez mais eficiente, prestando assim uma importante contribuição para o clima e para o planeta. A Alemanha importa grande parte de sua energia, aproximadamente 70%, a eficiência energética juntamente com o desenvolvimento das energias renováveis no país, que formam os pilares desta transformação e para um desenvolvimento sustentável. O Produto Interno Bruto (PIB) do país cresce aproximadamente 1,4% por ano, e o consumo de energia decresce em média 0,5% por ano desde 1990 (MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERNAS DA ALEMANHA, 2019). Essas diretrizes são endossadas por todos os setores da economia, inclusive do governo, que afirma que "O melhor de todos os quilowatts-hora é aquele que não se gasta" (ÂNGELA MERKEL, 2019), primeira ministra alemã.

De forma globalizada, o desenvolvimento tecnológico do setor energético visando à eficiência energética é a estratégia correta para a solução de diversos problemas tanto por parte dos setores públicos como privados. Atualmente no Brasil, é percebido tímidas ações e iniciativas para implementações de práticas de conservação de energia e uso de energias alternativas e renováveis, colocando o país nas últimas posições nos *rankings* globais sobre eficiência energética (ACEEE 2018).

Ainda de acordo com a ACEEE, o Brasil apareceu na 20ª posição dentre um grupo de 25 países, a mesma analisou as políticas e o desempenho dos países que mais consomem energia em quatro tópicos principais: esforços nacionais (governo), edificações, indústria e transporte.

Nesse sentido, com a expansão da eficiência energética, é esperado uma redução no custo e consumo de energia, o aumento da competitividade das organizações, a melhoria na confiabilidade de fornecimento, o aumento da disponibilidade do sistema, os ganhos econômicos associados ao crescimento industrial e a redução de impactos ambientais em consequência da diminuição das taxas de emissões dos Gases de Efeito Estufa (GEE).

O incentivo às energias renováveis pode ser considerado uma meta coletiva, pois o desenvolvimento energético influencia a sociedade. O governo federal por meio do Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES), investiu mais de R\$ 97 bilhões em forma de financiamento para 285 iniciativas de energias renováveis no período de 2003 a 2015 (PORTAL BRASIL, 2015).

A aplicação do uso de diversas fontes de energia, preferencialmente as renováveis, juntamente com as novas formas de economizar energia, tornando seu uso e consumo mais eficiente, é de suma importância para o aumento da competitividade do país (ABESCO, 2018).

Com o presente trabalho, procurou-se fazer uma análise da expansão das diferentes formas de energia, identificando o seu potencial técnico e econômico que associados as ações de eficiência energética, representam importantes estratégias para alavancar e contribuir para o desenvolvimento tecnológico e econômico do setor energético brasileiro.

2 JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento econômico de um país, dentre outros fatores, depende da disponibilidade de seus recursos energéticos, dos custos envolvidos na obtenção da segurança energética e dos impactos ambientais associados a estas ações.

Para minimizar estes desafios no abastecimento de energia, atualmente são realizados amplos estudos e projetos para intensificar o uso de energias renováveis e alternativas, tais ações desenvolvem um importante papel associado a complementaridade das fontes já existentes.

Além da necessidade de mudança para um modelo sustentável de geração de energia, é extremamente importante que se analise o perfil do uso do consumo da energia, procurando sempre que possível, melhorar o desempenho energético das organizações, prédios e residências, fazendo com que se obtenha uma redução na necessidade e demanda por energia.

Indicadores mundiais como a intensidade energética, isto é, a eficiência da economia, evidencia a relação entre a energia final consumida e a produção de bens, demonstram para o Brasil, a necessidade de investimento para a melhoria do desempenho energético. Neste contexto, o trabalho espera contribuir para uma melhor compreensão destes cenários, apresentando para a área informações relevantes como a geração de empregos, impactos ambientais e o aumento da competitividade das organizações, com vistas ao mercado de energia renováveis e as oportunidades existentes para as ações de eficiência energética no Brasil.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Principal

O objetivo deste trabalho é realizar um estudo detalhado para a aplicação do uso das fontes de energia renováveis e das ações de eficiência energética envolvendo os diferentes setores da economia, demonstrando as demandas de mercado, estudo de matriz energética, geração de novos empregos e as oportunidades técnicas e financeiras associadas a essas ações. Algumas das premissas consideradas são: a segurança energética, os aspectos ambientais e aumento das competitividades das empresas.

3.2 Objetivos Específicos

Apresentar soluções tecnológicas que visam aumentar a competitividade das indústrias, por meio de estudos em energia renováveis e eficiência energética a diversas empresas em diferentes setores da economia.

Propor o uso de fontes renováveis em diferentes aplicações levando em consideração aspectos técnicos, financeiros e de sustentabilidade, realizando estudo de matriz energética e de energia.

Sugerir métodos de gerenciamento de energia em sistemas que garantam a segurança energética para a matriz local e global de fornecimento, que visam economia nos custos e consumo de energia.

Identificar oportunidades de mercado econômico apresentando estudos com os gargalos e oportunidades de geração de empregos para profissionais do seguimento de energias renováveis e eficiência energética.

4 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

O trabalho desenvolve-se com base no amplo debate da sociedade sobre as questões envolvendo o desenvolvimento energético brasileiro, a ampliação das fontes renováveis em nossa matriz energética, e as oportunidades de desenvolvimento tecnológico com a adoção de ações mais eficientes para o consumo.

Para melhor compreensão do assunto é necessário delimitá-lo, não se pode abranger toda a extensão do tema abordado, que se desenrola em outras áreas específicas como a política econômica e ambiental.

Sendo assim, este trabalho restringe-se dentro de algumas delimitações, desenvolvidas a partir de informações coletadas em organismos de consulta pública e privado, associações do setor, relatórios, anuários e periódicos disponibilizados pelas principais fontes do segmento energético. Dentre as delimitações, é proposto apresentar uma projeção para o atendimento do aumento da demanda por energia, com base em um modelo futuro e alinhado ao conceito de desenvolvimento sustentável, mas com tecnologias já existentes e disponíveis.

Este trabalho, limita-se na apresentação de dados de transição para um modelo alternativo, com o uso de fontes renováveis e sustentáveis, ganhos com o aumento na eficiência energética, modificando padrões de uso e consumo de energia. Associado a este modelo, procurou-se contextualizar os aspectos técnicos, financeiros, sociais e ambientais, que juntos cominam a um desenvolvimento sustentável.

É improvável que uma só pessoa ou estudo, possa atender todos os contextos e anseios envolvidos no cenário abordado. Porém, importantes aspectos serão apresentados, como por exemplo, a expansão e o crescimento da demanda de energia, as diferentes formas de atender este aumento, as ações e preocupações do setor público e privado, mas principalmente, o aumento da competitividade por meio do desenvolvimento energético, ampliação das fontes renováveis e da eficiência energética.

5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para uma melhor compreensão do tema relacionado à eficiência energética e às energias renováveis, seus principais conceitos e referências serão expostos no contexto a seguir.

Segundo o relatório da Agência Internacional de Energia (IEA, 2018), o petróleo ainda é a fonte energética mais utilizada no mundo, seguido pelo carvão, gás natural, combustíveis renováveis (como biomassa), nuclear e água. Por último, conforme demonstrado na figura 2, estão representados os 1,6% correspondentes às energias alternativas incluindo solar, eólica, das marés e geotérmica.

Figura 2 - Matriz Energética Mundial 2016

Fonte: (EPE, 2019).

De acordo com os dados publicados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), entre as fontes de energia renováveis, a energia eólica e a bioenergia de rejeitos, já despontam como competitivas com as fontes de combustível fósseis, mesmo quando os custos externos devido aos impactos no meio ambiente não são levados em consideração. A recuperação desses impactos ambientais requer investimentos elevados, que deveriam ser, portanto, incluídos nos custos reais dos sistemas de energia à base de queima de combustíveis fósseis (EPE, 2018).

O consumo mundial de petróleo, segundo a Agência Nacional de Petróleo (ANP, 2018), é de aproximadamente 98,2 milhões de barris por dia. Conforme a figura 3, no Brasil o petróleo e seus derivados, responde por cerca de 36% da energia utilizada, dependência que é maior ainda em países desenvolvidos. Os Estados

Unidos por exemplo, consomem sozinhos cerca de 25% de toda a energia produzida no planeta, e o petróleo responde por 45% de sua matriz energética.

Figura 3 - Matriz Energética Brasileira 2017

Fonte: (EPE, BEN 2018)

Nas últimas décadas ocorreram vários movimentos ambientais no âmbito internacional, fomentando uma transição do atual sistema energético fóssil-nuclear para um sistema energético baseado em energias renováveis, subordinado às práticas sustentáveis de aproveitamento de recursos naturais e medidas mitigadoras das mudanças climáticas globais. Um marco desse movimento foi o Protocolo de Kyoto realizado no Japão em 1997, um acordo internacional entre países integrantes da Organização das Nações Unidas (ONU), que firmaram um compromisso de reduzir a emissão de gases causadores do efeito estufa (GEE) e consequentemente o aquecimento global. O objetivo e premissa principal do acordo era reduzir as emissões em 5,2% comparando aos níveis de emissões referentes ao ano de 1990 (MMA,2019).

O importante Protocolo de Kyoto, infelizmente não obteve o êxito esperado, principalmente pelo fato de que a maioria dos países ainda detém uma economia dependente do petróleo, e o fato de que os Estados Unidos e a China, justamente os responsáveis por mais de 40% das emissões globais de CO₂, não assinaram ao protocolo (MMA,2019).

Com tamanha dependência do petróleo, seria o caso questionar o que aconteceria se esta substância acabasse amanhã? Segundo Saul Suslick (Suslick

,2002), professor Dr. do Centro de Estudos do Petróleo (CEPETRO) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), "Seria o colapso da civilização tal qual a conhecemos atualmente", completando:

Os sistemas de transporte entrariam em colapso. Nos países do Hemisfério Norte, o frio provocaria grande número de mortes pela ausência de energia para calefação. No campo, máquinas e tratores não poderiam funcionar, gerando carência de alimentos no mundo.

Como forma de conseguir uma matriz energética mais limpa, os governos buscam pressionar investimentos principalmente de grandes petroleiras para o desenvolvimento de novas tecnologias. A empresa Shell, alinhada a este novo cenário, anunciou um investimento para os próximos anos, de cerca de 2 bilhões de dólares em pesquisa e desenvolvimento em fontes alternativas de energia. Segundo um artigo da jornalista Taís Hirata no jornal Folha de São Paulo em 2019, o valor do investimento anunciado pela empresa, ainda é inferior ao recurso destinado à pesquisa para a exploração de gás e petróleo, mas um sinal de que as grandes petrolíferas se preparam para explorar outras fontes de energia (Folha, 2019).

De acordo com estudos do Ministério de Minas e Energia (EPE, 2018), há uma tendência de crescer o papel de outras fontes, em particular do gás natural. Essa tendência deverá se aprofundar nos próximos anos, principalmente em função da necessidade de diversificação para geração de energia. Além da exaustão das jazidas existentes no mundo a médio e longo prazo, os danos ambientais seriam outro motivo para que as pesquisas fossem reforçadas, já que petróleo produz grandes quantidades de CO₂, aumentando o aquecimento do planeta. Na busca de um equilíbrio ambiental, o gás natural vem ganhando espaço como o sucessor imediato do petróleo, apesar de sua origem fóssil. Há diferenças regionais, mas a participação do gás natural no balanço energético mundial vem crescendo de maneira substancial e representa atualmente 24% do consumo mundial de energia primária.

A matriz elétrica brasileira com 158GW instalados (BEN, 2018) conforme ilustrado na figura 4, é ainda mais renovável do que a energética, isso porque grande parte da energia elétrica gerada no Brasil vem de usinas hidrelétricas. A energia eólica também vem crescendo significativamente, contribuindo para que a matriz elétrica continue sendo, em sua maior parte renovável.

Figura 4 - Matriz Elétrica Brasileira 2017

Fonte: (EPE, BEN 2018)

A energia eólica e a solar são duas das principais fontes de energia alternativas. Para alguns, uma solução futura para enfrentar o problema de escassez de energia do mundo atual. Para outros, uma solução presente. Conhecida a centenas de anos por diversas civilizações, as fontes de energia alternativa eólica e solar são realidades que já fazem parte da matriz energética de muitos países, a exemplo do Brasil (EPE,2019).

Além da importância das fontes de energia renováveis na segurança energética do país, a eficiência energética exerce um importante papel para o desenvolvimento energético nacional. Segundo a ISO 50001 o conceito da eficiência energética é produzir mais (ou pelo menos, a mesma coisa) com menos energia, mantendo o conforto e a qualidade. Quando se discute energia, eficiência energética significa também gerar a mesma quantidade de energia com utilização de menos recursos naturais.

De acordo com o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf), as ações compreendem modificações ou aperfeiçoamentos tecnológicos, resultando em uma melhor organização, conservação e gestão energética por parte das entidades que aplicam estas estratégias. Devem ser privilegiadas todas as ações que, na margem, tenham um custo inferior ao necessário para suprir a energia economizada.

Em 2015 foi estabelecido pela ONU, uma agenda para desenvolvimento sustentável ratificada por mais de 150 líderes mundiais, promovendo um conjunto de ações e compromissos os quais deram origem aos 17 Objetivos de Desenvolvimento

Sustentáveis (ODS) a serem implementados mundialmente durante os próximos 15 anos, até 2030.

Figura 5 - 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS)

Fonte: (ODS, 2019)

Os 17 objetivos publicados têm como horizonte final o ano de 2030, com metas e ações que visam ser em sua totalidade, norteadores para um mundo mais sustentável, traçando iniciativas e políticas que garantam a segurança climática e a qualidade de vida no planeta (ODS, 2019).

Dentre os objetivos citados, é destacado o ODS 7, que visa assegurar o acesso confiável, sustentável e moderno de energia a um valor acessível para todos, tratando como meta diferentes níveis de importância, interligando a energia tanto como fator primordial à vida cotidiana, mas também à produção industrial global. Com isso, os interessados no assunto são muitos e variados, indo desde famílias que moram no campo, até as populações urbanas, chegando a Estados e Nações, comprovando que a energia é um campo de disputa internacional, principalmente quanto ao uso de fontes renováveis e não poluentes, refletindo diretamente na economia (ODS, 2019).

O objetivo de número 7 trata do acesso às diferentes fontes de energia, principalmente às renováveis, eficientes e não poluentes. Para o ano de 2030, as metas e objetivos relacionados ao ODS 7, são destacados a seguir:

- a) Assegurar o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis a serviços de energia;

- b) Aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global, até 2030;
- c) Dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética até 2030;
- d) Reforçar a cooperação internacional para facilitar o acesso a pesquisa e tecnologias de energia limpa, incluindo energias renováveis, eficiência energética e tecnologias de combustíveis fósseis avançadas e mais limpas, e promover o investimento em infraestrutura de energia e em tecnologias de energia limpa;
- e) Expandir a infraestrutura e modernizar a tecnologia para o fornecimento de serviços de energia modernos e sustentáveis para todos nos países em desenvolvimento, particularmente nos países menos desenvolvidos.

Ainda no contexto mundial em 2016, durante a 21ª Conferência sobre a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC) em Paris no COP21, foram apresentadas ações para contribuir e acelerar o desenvolvimento de tecnologias de baixo carbono e aumentar a implantação de soluções e negócios sustentáveis no mundo. Todas ações em conjunto visam, como objetivo central, fortalecer a resposta global à ameaça da mudança do clima e de reforçar a capacidade dos países para lidar com os impactos decorrentes dessas mudanças (MMA,2019).

Para o Brasil, estabeleceu-se uma agenda de trabalho com o objetivo principal de criação e apresentação de propostas para o alcance de um “País mais Sustentável”. O mesmo, definiu como meta até 2025, reduzir as taxas de emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis obtidos em 2005, uma contribuição subsequente também foi estabelecida para reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 43% abaixo aos níveis de 2005, até o ano de 2030. Para isso, o país se comprometeu a aumentar a participação de bioenergia sustentável na sua matriz energética para aproximadamente 18% até 2030, restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas, bem como alcançar uma participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética e alcançar 10% de ganhos de eficiência no setor elétrico até 2030 (MMA,2019).

A utilização das energias renováveis como fonte energética para consumo é constatada nas aplicações de climatização e no aquecimento de águas quentes sanitárias e de piscinas, tais ações são formas mais eficientes de reduzir o consumo

de energias de combustíveis fósseis. A instalação de painéis solares térmicos na cobertura dos edifícios pode representar uma redução de 60% no consumo de energia para aquecimento de águas sanitárias. Entretanto, deve-se considerar que mesmo em fontes limpas, sua eficiência está atrelada a sua taxa de consumo e não à fonte geradora.

6 CLASSIFICAÇÃO DAS FONTES DE ENERGIA

As fontes de energia são classificadas em fontes primárias, secundárias, renováveis e não renováveis suas principais características serão detalhadas nos tópicos a seguir.

6.1 Recursos Energéticos

É o conjunto de meios com os quais os países do mundo tentam atender às suas necessidades de energia. As principais fontes energéticas são o petróleo, gás natural, carvão, combustíveis sintéticos, energia nuclear, energia solar, biomassa e energia geotérmica.

O petróleo cru e o gás natural são encontrados em quantidades comerciais em reservas sedimentarias situadas em mais de 50 países de todos os continentes. As maiores jazidas se encontram no Oriente, onde se concentram mais da metade das reservas conhecidas de petróleo cru e quase um terço das reservas conhecidas de gás natural (EPE, 2018).

O carvão é um termo genérico para designar uma grande variedade de materiais sólidos com um alto conteúdo de carbono. A maioria é queimada em centrais térmicas para gerar vapor d'água destinado a impulsionar os geradores elétricos. Também se usa parte do carvão nas fábricas para proporcionar calor aos prédios e aos processos industriais. Uma variedade especial de carvão de alta qualidade é transformada em coque metalúrgico para a fabricação de aço.

Os combustíveis sintéticos são fabricados a partir de substâncias existentes na natureza. Os dois combustíveis sintéticos mais utilizados são o gasóleo e aqueles fabricados a partir do carvão.

A energia nuclear é gerada por meio da fissão de átomos de urânio. O calor deste processo de fissão é empregado para impulsionar uma turbina que gera

eletricidade. O reator nuclear e o equipamento de geração elétrica são apenas parte de um conjunto de dispositivos que compõem o processo de produção de energia, todos esses estão correlacionados se dispõem de um grande aparato de instrumentação e controle, proporcionando estabilidade e segurança na operação. A produção para um fornecimento seguro de eletricidade a partir da fissão nuclear exige processos industriais complexos e interativos, e conhecimentos especializados.

A energia solar não é apenas uma tecnologia energética, mas também um termo que se aplica a diversas tecnologias de energias renováveis, sua característica comum é que, ao contrário de quase todas as demais, é inesgotável. A energia solar é o proveniente da luz e do calor do Sol que são aproveitados e utilizados por meio de diferentes tecnologias, os principais tipos são empregados para geração de aquecimento, energia solar fotovoltaica, energia heliotérmica e arquitetura solar.

A energia obtida da biomassa é toda a matéria orgânica de origem vegetal ou animal, utilizada na produção de energia, ela é obtida por meio da decomposição de diferentes matérias como por exemplo: plantas, resíduos agrícolas, madeira, restos de alimentos, lixo, entre outros.

A biomassa é muito aplicada em usinas termoelétricas para geração de eletricidade, principalmente em regiões sucroalcooleiras do interior de São Paulo, no Brasil 8,2% da energia elétrica produzida, é gerada a partir da biomassa.

A energia geotérmica se baseia no fato de que a Terra fica mais quente quanto mais profundamente se perfura. A energia geotérmica pode originar-se de vapor de água encontrado em grandes profundidades sob a superfície terrestre, este vapor extraído até a superfície, pode mover uma turbina gerando eletricidade. Outra possibilidade é o aquecimento de água pelo bombeamento através de rochas quentes e profundas. Ainda que essa fonte de energia seja na teoria ilimitada, na maior parte das áreas habitadas do planeta as rochas aquecidas estão situadas em camadas profundas demais, fazendo com que não seja viável a perfuração de poços para sua utilização.

6.2 Fontes Renováveis

Energia renovável é aquela que vem de recursos naturais que são naturalmente reabastecidos, como sol, vento, chuva, marés e energia geotérmica. É importante notar que nem todo recurso natural é renovável, por exemplo, o urânio, carvão e

petróleo são retirados da natureza, porém existem em quantidade limitada. A maioria das fontes renováveis é vista como fonte alternativa, com exceção das hidrelétricas, as outras fontes ainda não possuem grande capacidade produtiva para geração de energia, característica essa cada vez mais pesquisada. Menos poluentes, com tecnologia consolidada e flexibilidade para sua ampliação, as fontes renováveis preservam o meio ambiente e aparecem como uma promissora e eficiente opção de expansão do sistema. Segundo relatório da situação mundial das energias renováveis, publicado pela Renewable Energy Policy Network for the 21st Century = Rede de Políticas de Energia Renovável para o Século 21 (REN21, 2016), "o ano de 2015 foi extraordinário para a energia renovável, com as maiores adições à capacidade mundial já observadas até o momento". Tradicionalmente, utiliza-se muito as fontes não renováveis na produção energética. Mesmo assim, o Brasil está entre um dos maiores produtores do mundo de energia a partir de fonte hidrelétrica, tendo em vista que sua bacia hidrográfica é extremamente favorável. Pode-se constatar baseado no levantamento realizado pela AIE, que até 2017 o Brasil se utilizava de 42,9% de fontes renováveis no país, segundo a figura 6:

Figura 6 - Participação de Renováveis na Matriz Energética

Fonte: Relatório Síntese do BEN -EPE,2018.

As energias do tipo eólica e solar, ainda não alcançaram todo o seu potencial de participação, principalmente porque seus custos de instalação e manutenção ainda são altos. O principal problema da energia produzida por meio do vento (eólica) é que ela não garante de maneira individual uma grande e continua oferta de energia, sua operação é intermitente, pois depende de condições climáticas. Porém levantamentos

recentes observam um crescente avanço, segundo Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica, 2018), onde a energia eólica está sendo responsável por 74% da energia consumida na região nordeste, sendo esta região do país a responsável por 85% de toda a geração energética eólica do Brasil.

O uso da energia solar consiste na utilização os raios solares como fonte, sendo ainda sua maioria no Brasil aplicados no aquecimento de água. Para o uso dos sistemas de geração de energia solar fotovoltaica com a finalidade de produzir energia elétrica, mesmo o país possuindo um grande potencial para sua produção, sua participação ainda é pequena, sendo aproximadamente 1% (ANEEL, 2018). Já em países da Europa, existem programas governamentais que estimulam o aumento de instalações fotovoltaicas contribuindo para o crescimento da competitividade neste setor.

A biomassa é todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica (de origem animal ou vegetal) que pode ser utilizada na produção de energia. Assim como a energia hidráulica e outras fontes renováveis, a biomassa é uma forma indireta de energia solar. A energia solar é convertida em energia química, por meio da fotossíntese, base dos processos biológicos de todos os seres vivos. No Brasil, com relação à biomassa, cita-se como exemplo o bagaço de cana, lenha, carvão vegetal, álcool e outras fontes de energia. É observado uma redução do uso da madeira nos setores residencial e agropecuário, em contrapartida, ocorre um aumento na participação da indústria. Atualmente, a biomassa vem sendo cada vez mais utilizada na geração de eletricidade, principalmente em sistemas de cogeração (calor e eletricidade) e no suprimento de eletricidade para demandas isoladas da rede elétrica.

Uma das principais vantagens da biomassa é que, embora de eficiência reduzida, seu aproveitamento pode ser feito diretamente, por intermédio da combustão em fornos, caldeiras onde com a produção de gás e o vapor provenientes de sua queima, é acionado uma turbina de um gerador elétrico. A biomassa corresponde a 2,3% da energia elétrica mundial, (EPE, 2018), ilustrado na figura 7:

Figura 7 - Matriz Elétrica Mundial 2016

Fonte: (EPE, IEA 2018).

As fontes renováveis solar, eólica e geotérmica, por exemplo, correspondem juntas a apenas 5,60% da matriz energética mundial. Somando à participação da energia hidráulica e da biomassa, as renováveis totalizam 18,9% (IEA, 2018).

6.3 Fontes Não Renováveis

As fontes de energia não renováveis são consideradas finitas ou esgotáveis. Em sua maioria, a reposição na natureza é muito lenta, pois resulta de um processo de milhões de anos sob condições específicas de temperatura e pressão. Quanto maior a dependência das fontes não renováveis, menor será a garantia de sua disponibilidade. São exemplos de fontes não renováveis de energia: petróleo, carvão mineral, gás natural e nuclear (EPE,2019).

As fontes de energia não renováveis também são conhecidas como fontes de energia convencionais, quando formam a base de suprimento (fornecimento) de energia (EPE,2019).

Vários países utilizam recursos não renováveis como principal fonte de geração de energia, são citados como exemplos os Estados Unidos e a China, dois dos maiores consumidores de energia do mundo. Para estas nações desenvolvidas, são esperadas ações e iniciativas que possam nortear o uso racional dos recursos existentes, promovendo a eficiência no uso e investindo em ciência e tecnologia para

o desenvolvimento de fontes renováveis (eólica, hidrelétrica, solar, entre outras) e que possam no futuro substituir as não renováveis (Portal Energia, 2019).

Atualmente, grande parte da energia consumida no mundo é proveniente de fontes não renováveis, porque as características dessas fontes são bem conhecidas, possuem um rendimento energético elevado (poucas perdas de energia no processo de transformação), preços atrativos, geram muitos empregos e possuem infraestrutura construída para geração e distribuição (usinas, dutos, ferrovias e rodovias). De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2018) os principais usos das fontes não renováveis são aplicados na geração de eletricidade, como combustível nos transportes de cargas e de pessoas e no aquecimento térmicos de casas.

Entre as fontes não renováveis de energia, é possível elencar o petróleo e o carvão mineral, como os responsáveis por grande parte da emissão (liberação) de gases de efeito estufa na atmosfera, visto que estas fontes são combustíveis (precisam ser queimadas para gerar energia) e liberam gases poluentes, que impactam a saúde e o meio ambiente.

No Brasil, conforme ilustrado na figura 8, a matriz energética brasileira é mais renovável do que a mundial (EPE, 2019).

Figura 8 - Composição da Matriz Energética Mundial e Brasileira em 2016

Fonte: (EPE, IEA 2018).

Algumas características destes combustíveis se sobressaem entre os demais, o petróleo, por exemplo, tem a vantagem de ser transportado com facilidade, mas é altamente poluente na atmosfera com a emissão de dióxido de carbono.

O país, de acordo com a Agência Nacional do Petróleo (ANP, 2018), tem um investimento de R\$ 1.3 bilhão em pesquisa e desenvolvimento na área do gás natural e do petróleo como fonte de energia elétrica, o que faz com que se tenha alternativas energéticas, porém, mesmo o gás poluindo em menor escala, seu custo de instalação dos gasodutos é extremamente alto. O carvão mineral é outra fonte não renovável utilizada no Brasil, por meio das usinas termelétricas, libera poluentes na atmosfera que contribuem para a chuva ácida.

A energia nuclear também uma fonte de energia não renovável, é uma importante fonte de produção de energia, por meio de um reator de potência nuclear utilizado para geração de energia elétrica tem sua energia liberada e controlada no processo de fissão nuclear. O calor liberado nessa reação é usado para aquecer água sob pressão, por sua vez este potencial térmico gera vapor que aciona uma turbina geradora de eletricidade, neste processo após a queima do combustível no reator nuclear, é gerado material radioativo que deve ser cuidadosamente armazenado (PNE2030, 2019). Atualmente a tecnologia para tratar o rejeito nuclear está em desenvolvimento, mas ainda não está disponível e nem aplicada na maioria das centrais nucleares, neste tipo de geração de energia os riscos de contaminação em caso de acidentes são muito altos, podendo gerar impactos catastróficos.

7 CONTEXTO SOBRE AS PRINCIPAIS FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA

Nos tópicos a seguir faz-se uma contextualização do cenário atual sobre as principais fontes renováveis de energia no Brasil.

7.1 Energia Hidroelétrica

A utilização da energia cinética e a energia de potencial das águas, sempre foram utilizadas para acionamentos de máquinas e dispositivos nas margens e nos leitos dos rios.

No século XIX, a aplicação do conceito da roda d'água aplicada ao processo de geração energia se tornou comum, com o desenvolvimento das turbinas elétricas e a possibilidade do transporte de eletricidade a grandes distâncias por meio dos sistemas de transmissão, o que ampliou e viabilizou este tipo de aplicação (Portal Energia, 2019).

A partir do princípio das rodas d'água foram desenvolvidas as usinas hidroelétricas, segundo a Agência Internacional de Energia (IEA, 2018), essa fonte atualmente representa 17% da produção de energia elétrica mundial.

Pode-se converter energia hidráulica em energia mecânica por meio de rodas horizontais e verticais. A água, ao incidir sobre as pás de uma roda, exerce uma força que a move, um sistema de engrenagens é utilizado para transmitir a potência mecânica ao gerador de energia.

Devido ao desnível, a água que desce por um duto tem sua energia potencial convertida em energia rotacional da roda ou tecnicamente chamada de turbina. Assim, efetivamente, ocorre a conversão da energia potencial da água em energia cinética. Existem situações em que não há um desnível, mas a água possui energia cinética suficiente para mover a turbina geradora, resultando também em conversão hidromecânica. As atuais turbinas são rodas modificadas de modo a aumentar a eficiência da máquina. Atualmente, as turbinas hidráulicas chegam a ter uma eficiência de 95%, isto é, 95% da energia hidráulica é convertida em energia mecânica, porém, o seu fator de capacidade é atualmente é de 46% de acordo dados da ANEEL (ANEEL, 2019)

A conversão da energia hidráulica em elétrica é feita em duas etapas: na primeira, a energia hidráulica é transformada em energia mecânica rotacional da turbina, e na segunda, essa energia mecânica é convertida em energia elétrica. A corrente e a tensão geradas por uma usina são transmitidas e distribuídas por sistemas constituídos por grandes extensões de cabos, suportados por altas torres, pois, em geral, as usinas estão situadas em regiões relativamente afastadas dos centros consumidores (ANEEL, 2019).

Os geradores elétricos utilizados em usinas de energia elétrica possuem, em geral, um eletroímã no lugar do ímã permanente e um conjunto de bobinas que forma a armadura no lugar da espira. Na figura 9, é demonstrado o eixo da turbina que está ligado ao eletroímã ou à armadura. Assim, quando a turbina gira, devido ao impacto da água, ela produz um movimento rotacional relativo entre o eletroímã ou da armadura determina a frequência da corrente alternada produzida (ITAIPU, 2019).

Figura 9 - Unidade de Geração de Energia de Itaipu

Fonte: (Itaipu,2019)

Em geral, a tensão alternada produzida pelos geradores é relativamente baixa assim, para que se possa abastecer diferentes centros e diminuir as perdas e custos de transmissão, são utilizados linhas de transmissão, onde essa tensão é elevada por meio de transformadores. Ao atingir os centros de consumo, a tensão é reduzida também por transformadores das subestações e distribuída para os consumidores finais.

Apesar da corrente produzida ser alternada (AC), ela pode ser retificada e transmitida como corrente contínua (DC). Uma inconveniência da adoção de DC é a necessidade de se usar retificadores na saída de usinas e alternadores antes das subestações, uma vez que os transformadores e motores em geral utilizam corrente alternada, aumentando o custo de sua instalação. Entretanto, como a tensão é estável, as perdas nas linhas de transmissão são essencialmente por calor (por efeito Joule ou ôhmicas), enquanto nas linhas corrente alternada existem grandes perdas por irradiação eletromagnética, além das ôhmicas (ANEEL, 2019).

Existem atualmente, linhas de transmissão supercondutores, nas quais as perdas ôhmicas são reduzidas quase que completamente para tensões DC, e consideravelmente para tensões AC. O material com que as linhas são manufaturadas é um supercondutor cuja resistência é extremamente baixa. Entretanto, para que essas linhas possam ser utilizadas é necessário esfriá-las, o que significa que é preciso consumir energia para diminuir as perdas. Assim, torna-se importante um cálculo cuidadoso para determinar as perdas totais durante a transmissão.

De acordo com a Centrais Elétricas Brasileira (Eletrobrás, 2018), e ilustrado nas figuras 10 e 11, o potencial hidroelétrico brasileiro está avaliado em 246.000 MW, dos quais aproximadamente 43% estão instalados. A bacia do Rio Paraná é a mais aproveitada de todas as bacias hidrográficas, que incluem as dos Rios Amazonas, Tocantins, São Francisco, Uruguai e as regiões do Atlântico. A central de Ilha Solteira é a maior hidroelétrica do estado de São Paulo e a sexta maior brasileira com 3.200 MW seguida no mesmo estado pela de Jupiá, com 1.400MW.

Figura 10 - Potencial hidrelétrico brasileiro projetado por Estado - Valores em MW

Potencial Hidrelétrico Brasileiro em cada Estágio por Estado (valores em MW)

Dezembro de 2018 - Fonte: Sipot Eletrobras

UF	Total Estimado	Inventário	Viabilidade	Projeto Básico	Construção	Operação	Total Geral
AC	1.058,00	62,50	0,00	0,00	0,00	0,00	1.120,50
AL	17,20	12,63	1.165,00	0,00	0,00	1.582,25	2.777,08
AM	12.677,00	7.216,10	0,00	7,03	0,00	274,96	20.175,09
AP	360,00	1.059,70	66,00	7,50	0,00	735,15	2.228,35
BA	324,48	1.590,99	3.037,90	382,17	0,00	6.869,51	12.205,05
CE	0,00	3,45	0,00	17,57	0,00	4,00	25,02
DF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00	30,00
ES	213,30	627,12	0,00	54,19	0,00	557,91	1.452,52
GO	2.066,05	4.073,30	405,00	87,09	0,00	5.794,55	12.425,99
MA	292,00	430,31	894,00	2,50	0,00	663,18	2.281,99
MG	2.489,90	7.031,21	835,10	768,43	46,75	12.763,95	23.935,34
MS	842,51	953,07	0,00	761,40	10,44	3.664,38	6.231,80
MT	5.588,00	11.131,08	75,00	304,83	764,32	3.331,62	21.194,85
PA	5.154,00	23.047,63	930,00	711,84	0,00	21.180,60	51.024,07
PB	5,50	2,10	0,00	0,00	0,00	3,52	11,12
PE	0,00	303,88	500,00	22,12	0,00	757,77	1.583,77
PI	0,00	101,00	230,00	0,00	0,00	118,65	449,65
PR	1.471,68	3.829,39	1.610,83	936,72	350,20	16.104,35	24.303,17
RJ	545,20	843,73	130,00	143,80	9,60	1.474,40	3.146,73
RN	0,00	2,15	0,00	0,00	0,00	0,00	2,15
RO	3.183,79	477,13	0,00	57,10	30,00	7.774,18	11.522,20
RR	4.262,00	1.301,30	324,00	0,00	0,00	5,00	5.892,30
RS	1.745,10	3.515,16	146,00	356,97	0,00	4.537,38	10.300,61
SC	395,72	2.065,52	146,00	443,75	153,77	4.195,91	7.400,67
SE	0,00	0,00	1.165,00	0,00	0,00	1.581,00	2.746,00
SP	770,00	942,80	2.154,00	232,58	0,00	11.089,17	15.188,55
TO	156,60	2.151,08	1.824,00	127,00	0,00	2.327,48	6.586,16
Totais	43.618,03	72.774,33	15.637,83	5.424,59	1.365,08	107.420,87	246.240,73

Fonte: (SIPOT,2018).

Figura 11 - Potencial Hidrelétrico Brasileiro por bacias -Valores em MW

Fonte: (SIPOT,2017).

A potência da usina de Itaipu está projetada para 14.000MW, dez vezes a da usina nuclear Angra II (Eletrobrás, 2018),

De acordo com o histórico informado por Furnas Centrais Elétricas, após o acordo entre o Brasil e Paraguai, em 1973, os dois países assumiram a missão de mudar o curso do Rio Paraná para produzir energia. Estavam, na verdade, mudando o curso da história de duas nações, trazendo desenvolvimento, tecnologia e inovação.

Dez anos depois, iniciou-se a operação das turbinas que, desde então, já geraram 2,4 bilhões de megawatts-hora de energia (até novembro de 2016). Para se ter uma ideia, se essa energia pudesse ser acumulada, seria suficiente para abastecer o mundo inteiro por 40 dias, duas horas e 45 minutos (Eletrobrás, 2018).

Toda essa energia produzida garante à Itaipu Binacional o título de maior usina hidrelétrica do mundo em geração de energia limpa e renovável. Embora a usina de Três Gargantas, da China, seja maior em infraestrutura, com capacidade instalada de geração de 22,5 mil MW de energia enquanto Itaipu tem capacidade de 14 mil MW, a Binacional segue batendo recordes (ITAIPU, 2019).

Mesmo com quase o dobro da potência de Itaipu, a usina chinesa de Três Gargantas ainda não superou a binacional em geração de energia. A hidrelétrica

asiática fechou 2018 com 101 milhões de MWh, valor inferior ao recorde mundial de Itaipu, de 103,1 milhões de MWh gerados em 2016. As duas UHEs são as únicas do planeta a ultrapassar a barreira dos 100 milhões de MWh num único ano (ITAIPU, 2019).

Figura 12 - Usina Hidrelétrica de Itaipu

Fonte: (Itaipu ,2019).

Como a demanda da energia elétrica não é constante, há períodos em que a energia produzida se torna ociosa, ou mesmo perdida. Assim, foram projetadas as usinas de bombeamento, que aproveitam esses períodos para operar bombas que transferem a água já circulada pelas turbinas a reservatórios adicionais à represa principal. Em períodos de alta demanda a água desses reservatórios extras também pode ser aproveitada para impulsionar turbinas geradoras, aumentando o aproveitamento das reservas naturais.

Nas pequenas centrais hidrelétricas (PCH) do tipo a fio d'água, se aproveita a queda d'água e a vazão natural dos rios, promovem redução dos impactos ambientais, uma vez que não há construção de represas ou grandes lagos. As usinas com reservatórios de acumulação por sua vez, causam alteração na fauna e na flora, esses impactos não podem ser desprezíveis ao meio ambiente e ao ser humano. Sua construção requer o represamento de um grande volume de água, atualmente a tendência é a implementação de projetos de usinas do tipo á fio d'água, o que reduz a capacidade da usina (disponibilidade hídrica), mas, viabiliza a aprovação dos projetos e principalmente o licenciamento ambiental (Eletrobrás, 2019).

7.2 Energia Solar

A energia solar, é uma fonte radiante produzida no Sol como resultado de reações nucleares de fusão, chega à Terra através do espaço organizados em blocos de energia que são chamados fótons, que interagem com a atmosfera e a superfície terrestre (Portal Energia, 2019).

A intensidade da radiação solar na borda exterior da atmosfera, caso se considere que a Terra está a certa distância média do Sol, é chamada de constante solar e seu valor é $Q = 1360 \text{ W/m}^2$. Mesmo assim, esta quantidade não é exatamente constante, já que parece haver cerca de 0,2% de variação a cada 30 anos. A intensidade de energia real disponível na superfície terrestre é menor do que a constante solar, por causa da absorção e da dispersão da radiação que origina a interação dos fótons com a atmosfera. A absorção natural de energia solar acontece na atmosfera, nos oceanos e nas plantas. Além disso, esta energia pode ser captada, de modo artificial, com o uso de dispositivos, conforme figura 13, onde recebem o nome de coletores solares. A energia, uma vez absorvida, é empregada em processos térmicos, heliotérmicos ou fotovoltaicos. Pode ser convertida em energia elétrica sem nenhum dispositivo mecânico intermediário (Portal Energia, 2019).

Figura 13 - Energia solar heliotérmica

Fonte: (Portal Energia, 2019).

O Sol é uma fonte de energia renovável, o aproveitamento desta energia tanto como fonte de calor quanto de luz, é uma das alternativas energéticas mais promissoras para que se possa enfrentar os desafios do novo milênio.

A energia solar é abundante e permanente, renovável a cada dia, não polui e nem prejudica o ecossistema. A energia solar é a solução ideal para áreas afastadas e ainda não eletrificadas, especialmente em um país como o Brasil onde se encontram ótimos índices de insolação em qualquer parte do território.

A energia solar soma características vantajosamente positivas para o sistema ambiental, pois o Sol, trabalhando como um imenso reator à fusão, irradia na terra todos os dias um potencial energético extremamente elevado e incomparável a qualquer outro sistema de energia, sendo a fonte básica e indispensável para praticamente todas as fontes energéticas utilizadas pelo homem.

De acordo com o Atlas Brasileiro de Energia Solar, o Sol irradia anualmente o equivalente a 10.000 vezes a energia consumida pela população mundial neste mesmo período. A energia irradiada pelo Sol atinge o topo da atmosfera terrestre com uma taxa aproximadamente igual a $1,50 \text{ kW/m}^2$. A figura 14, demonstra como o Sol emite energia em todas as direções, e mesmo um pouco desta energia sendo desprendida, a radiação solar fornece anualmente para a atmosfera terrestre $1,5 \times 10^{18} \text{ kWh}$ de energia (ABSOLAR, 2019).

Figura 14 - Processos de interação da radiação solar com os principais constituintes atmosféricos

Fonte: (Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2017).

A energia solar é importante na preservação do meio ambiente pois tem muitas vantagens sobre as outras formas de obtenção de energia, como: não ser poluente, não influenciar no efeito estufa, não necessita de turbinas ou geradores para a produção de energia elétrica, e em sua instalação por metro quadrado de coletor solar, evita-se a inundação de 56 metros quadrados de terras férteis na construção de usinas

hidrelétricas, ou seja, uma parte do milionésimo de energia solar que nosso país recebe durante o ano poderia nos dar 1 suprimento de energia equivalente a:

- a) 54% do petróleo nacional;
- b) Duas vezes a energia obtida com o carvão mineral;
- c) Quatro vezes a energia gerada no mesmo período por uma usina hidrelétrica.

A figura 15, ilustra a irradiação total diária incidente no Brasil (Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2017).

Figura 15 - Total diário da irradiação global horizontal, média anual

Fonte: (Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2017).

A energia solar fotovoltaica é a energia da conversão direta da luz em eletricidade, este efeito denomina-se fotovoltaico. Este processo é definido pelo aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura do material semicondutor, produzida pela absorção da luz, e a célula fotovoltaica é a unidade fundamental do processo desta conversão.

Atualmente, o custo das células solares é um grande desafio para a indústria e o principal empecilho para a difusão dos sistemas fotovoltaicos em larga escala. A

tecnologia fotovoltaica está se tornando cada vez mais competitiva, tanto porque seus custos estão decrescendo, quanto porque a avaliação dos custos das outras formas de geração está se tornando mais real levando em conta fatores que eram anteriormente ignorados, como a questão dos impactos ambientais.

O atendimento de comunidades isoladas tem impulsionado a busca e o desenvolvimento de fontes renováveis de energia. No Brasil, de acordo com o levantamento da Eletrobrás, 5% da população não possui acesso à energia elétrica. Coincidentemente, essa parcela da população vive em regiões onde o atendimento por meio da expansão do sistema elétrico convencional é economicamente inviável. Trata-se de núcleos populacionais esparsos e pouco densos, típicos das regiões Centro-Oeste, Nordeste e Norte (Eletrobrás, 2018).

Ainda no Brasil, a geração de energia elétrica por conversão fotovoltaica, sistema demonstrado na figura 16, obteve um impulso notável por meio de projetos privados e governamentais, atraindo interesse de fabricantes do mercado brasileiro. A quantidade de radiação incidente no Brasil é outro fator muito significativo para o aproveitamento da energia solar.

Figura 16 - Sistema de geração solar fotovoltaico

Fonte: (Portal Energia, 2016).

7.3 Energia Eólica

A energia dos ventos é uma abundante fonte de energia renovável, limpa e disponível em todos os lugares. De acordo com o Portal de Energia, a utilização dessa fonte energética para a geração de eletricidade, em escala comercial, teve início há pouco mais de 30 anos e, por meio de conhecimentos da indústria aeronáutica, os equipamentos para geração eólica evoluíram rapidamente em termos de ideias e conceitos preliminares para produtos de alta tecnologia. No início da década de 70, com a crise mundial do petróleo, houve um grande interesse de países da Europa e Estados Unidos em desenvolver equipamentos para produção de eletricidade que ajudassem a diminuir a dependência do petróleo e do carvão. Ainda de acordo com o Portal de Energia, mais de 50.000 novos empregos foram criados e uma sólida indústria de componentes e equipamentos foi desenvolvida. Atualmente, a indústria de turbinas eólicas vem acumulando crescimentos anuais acima de 30% e movimentando cerca de 2 bilhões de dólares em vendas por ano (Portal de Energia, 2019).

Além de ser uma fonte de energia renovável, a energia eólica possui uma diferença em relação às demais, pois pode ser utilizada para o fornecimento de energia para pequenas populações onde não há um acesso de energia direta e não dispõem de grandes investimentos. Essa última vantagem pode ser empregada por pessoas que queiram montar um módulo de geração de energia próprio ao redor de suas casas, não necessitando por sua vez se vincularem a empresas de geração e venda de energia.

Mais de 30.000 turbinas eólicas de grande porte estavam em operação no mundo, com capacidade instalada da ordem de 539,58 GW (ABEEólica, 2017). A figura 17, apresenta a capacidade eólica total instalada no mundo atingindo 591 GW no final de 2018, um crescimento de 9,6% em relação ao final de 2017, podendo tal projeção ser estendida em função da perspectiva de venda dos "Certificados de Carbono".

Figura 17 - Crescimento da energia eólica no mundo

Fonte: (Global Wind Statistics (GWEC), 2018).

Segundo o Relatório Anual sobre o status da indústria eólica global divulgado pelo Global Wind Energy Council (GWEC), na Dinamarca a contribuição da energia eólica é de 12% da energia elétrica total produzida, no norte da Alemanha (região de Schleswig Holstein) a contribuição eólica já passou de 16%; e a União Europeia tem como meta gerar 10% de toda eletricidade a partir do vento até 2030 (GWEC, 2018).

No Brasil, embora o aproveitamento dos recursos eólicos tenha sido feito originalmente para a utilização de bombeamento d'água, e atualmente para aplicação de aerogeradores elétricos, pesquisas realizadas recentemente em diversos pontos do território nacional, indicam a existência de um imenso potencial eólico ainda não explorado.

Grande atenção tem sido dirigida para o estado do Ceará por este ter sido um dos primeiros locais a realizar um programa de levantamento do potencial eólico através de medidas de vento com modernos anemógrafos computadorizados. Entretanto, não foi apenas na costa do Nordeste que áreas de grande potencial eólico foram identificadas. Em Minas Gerais, por exemplo, uma central eólica está em funcionamento desde 1994, em um local com excelentes condições de vento, afastado mais de 1000 quilômetros da costa.

O Brasil atingiu a marca de 14,7 GW de capacidade instalada, com turbinas eólicas de médio e grande portes conectadas à rede elétrica (ABEEólica, 2018). Além

disso, existem dezenas de turbinas eólicas de pequeno porte funcionando em locais isolados da rede convencional para aplicações diversas como o bombeamento, carregamento de baterias, telecomunicações e eletrificação rural.

De acordo com o Boletim Anual de Geração Eólica publicado pela ABEEólica, a capacidade instalada no Brasil sofreu um crescimento significativo nos últimos anos, por questões de aspectos técnicos, econômicos e políticos, aumentando cada vez mais a sua representação em nossa matriz (ABEEólica, 2018).

A figura 18, ilustra essa evolução e caracteriza uma prospecção de crescimento na produção de aproximadamente 17,8 GW até 2023.

Figura 18 - Evolução da capacidade de instalação eólica no Brasil

EVOLUÇÃO DA CAPACIDADE INSTALADA (MW)

Fonte: (ABEEólica/ANEEL,2018).

Para a avaliação do potencial eólico de uma região faz-se necessária a coleta de dados de vento com precisão e qualidade. Em geral, os dados de vento coletados para outros usos (aeroportos, estações meteorológicas, agricultura) são pouco representativos da energia contida no vento e não podem ser utilizados para a determinação da energia gerada por uma turbina eólica - que é o objetivo principal do mapeamento eólico de uma região.

No Brasil, assim como em várias partes do mundo, quase não existem dados de vento com qualidade para uma avaliação do potencial eólico. Os primeiros anemógrafos computadorizados e sensores especiais para energia eólica foram instalados no Ceará e em Fernando de Noronha/Pernambuco apenas no início dos

anos 90. Os bons resultados obtidos com aquelas medições favoreceram a determinação precisa do potencial eólico daqueles locais e a instalação de turbinas eólicas (ANEEL, 2018).

Vários estados brasileiros seguiram os passos de Ceará e Pernambuco e iniciaram programas de levantamento de dados de vento. A análise destes dados de várias regiões do Nordeste confirma as características dos ventos comerciais (trade-winds) existentes na região, demonstrando sua média alta, as baixas variações e turbulência durante todo ano.

Dada a importância da caracterização dos recursos eólicos da região do Nordeste, o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE), com o apoio da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) lançou, em 1998, a primeira versão do Atlas Eólico do Nordeste no Brasil - Wind Atlas for the Northeast of Region of Brazil (WANEB) - com o objetivo principal de desenvolver modelos atmosféricos, analisar dados de ventos e elaborar mapas eólicos confiáveis para a região. Um mapa de ventos preliminar do Brasil gerado a partir de simulações computacionais com modelos atmosféricos é mostrado na figura 19 (ANEEL, 2018).

Figura 19 - Panorama do potencial eólico no Brasil

Fonte: (Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, 2001).

O vento é o ar em movimento devido ao aquecimento desigual da superfície da terra pelo sol. A terra e seu envelope de ar, a atmosfera, recebe mais calor solar próximo ao Equador do que nas regiões polares. Mesmo assim, as regiões equatoriais não ficam mais quentes, nem as polares ficam mais frias. É o movimento do ar ao redor da terra que ameniza a temperatura extrema e produz ventos na superfície úteis para a geração de energia.

Como todos os gases, o ar se expande aumentando o volume quando aquecido, e contrai diminuindo o volume quando resfriado. Na atmosfera o ar quente é mais leve e menos denso do que o ar frio. O ar aquecido localizado próximo ao Equador flui para cima e na direção dos polos onde o ar próximo a superfície é mais frio. As regiões terrestres próximas aos polos agora têm mais ar, pressionando-as, e o ar da superfície mais fria tende a desligar dessas áreas e movimentam-se na direção do Equador (EPE, 2018).

A energia está constantemente sendo transferidas do Sol aos ventos da Terra, no entanto, apenas ventos das camadas atmosféricas mais baixas são acessíveis para a conversão de sua energia.

Considerando o grande potencial eólico existente no Brasil e apresentando no Atlas do Potencial Eólico Brasileiro de 2011, é possível produzir eletricidade a custos competitivos com centrais termoeletricas, nucleares e hidroelétricas.

Análises realizadas em parques eólicos localizados em vários locais do Brasil, demonstram a possibilidade de geração elétrica com custos da ordem de US\$ 70 - US\$ 80 por MWh, na figura 20, é ilustrado um parque eólico em operação (EPE, 2018).

Figura 20 - Parque de geração eólica

Fonte: (Portal Energia, 2019).

De acordo com estudos da Eletrobrás realizado em 2017, o custo da energia elétrica gerada por meio de novas usinas hidroelétricas construídas na região amazônica, será bem mais alto que os custos das usinas implantadas até hoje. Quase 70% dos projetos a serem realizados, deverão ter custos de geração maiores do que a energia gerada por turbinas eólicas. Outra vantagem das centrais eólicas em relação às usinas hidroelétricas é que quase toda a área ocupada pela central eólica pode ser utilizada para agricultura, pecuária, etc, ou preservada como habitat natural (Eletrobrás, 2017).

7.4 Energia Geotérmica

Energia Geotérmica é a energia extraída do interior do planeta Terra em forma de calor. A água existente nos reservatórios subterrâneos pode aquecer ou mesmo ferver quando em contato com o magma. Existem locais no planeta onde a água quente sobe até a superfície terrestre, formando pequenos lagos. Essa água pode ser utilizada para aquecer prédios, casas, piscinas no inverno, e até para produzir eletricidade. Em alguns lugares esse potencial é tão alto, que é possível gerar vapor e água quente suficiente para produzir energia elétrica. A temperatura da água quente pode ser maior que 2000 C (Portal de Energia, 2016).

Para tanto, se faz necessário a abertura de perfurações até os reservatórios de água e vapor, estes fluidos são conduzidos até a superfície por meio de tubos e canos apropriados. Por meio desses tubos, o vapor é conduzido até a central elétrica (gerador e turbina a vapor). Tal como uma central elétrica normal, o vapor faz girar as lâminas da turbina produzindo energia mecânica, a qual é transformada em energia elétrica através de um gerador elétrico. A diferença principal entre as centrais elétricas, termoelétricas e geotérmica, é que não é necessário queimar um combustível para produzir eletricidade. Após passar pela turbina, o vapor é conduzido para um tanque onde será resfriado. A água que se forma será novamente canalizada para o reservatório onde será naturalmente aquecida pelas rochas quentes (EPE, 2016).

Na figura 21 é ilustrado o princípio de funcionamento de uma usina geotérmica.

Figura 21 - Usina de Energia Geotérmica

Fonte: (Portal Energia, 2016).

A Energia Geotérmica é uma fonte de energia alternativa que é encontrada em regiões especiais da superfície da Terra, isto é, ela só pode ser aproveitada em lugares onde o calor é mais acentuado, como por exemplo, onde houve manifestações vulcânicas e atividades tectônicas pois o gradiente térmico é mais adequado para extração desse tipo de energia.

Na Grécia, Império Romano, Babilônia e Japão era utilizada para fins medicinais nas termas de águas quentes e isso já se sabia por meio de documentos romanos de mais de 2000 anos. A Itália foi o principal país a desenvolver a geração de eletricidade a partir de energia geotérmica.

Segundo Pedro Reis (REIS, 2010), engenheiro eletrotécnico, a primeira eletricidade gerada geotermicamente no mundo foi produzida em Larderello, na Itália em 1904. O uso da energia geotérmica para eletricidade cresceu a nível mundial alcançando aproximadamente 13,3 GW em 2015, estando presente hoje em vinte e quatro diferentes países em todo o mundo.

De acordo com a figura 22, extraída do relatório da situação mundial energias renováveis (REN21), os Estados Unidos possuem instalados 3,5 GW de eletricidade de energia geotérmica, eletricidade comparável a queimar sessenta milhões de barris de petróleo por ano (REN21, 2016).

Figura 22 - Capacidade e adições de energia elétrica geotérmica: 10 principais países e resto do mundo

Fonte: (REN21, 2016)

Sua maior vantagem é a escala de exploração, que pode ser adequada às necessidades permitindo o seu desenvolvimento em etapas à medida que aumenta a demanda. Uma vez concluídas as instalações, os seus custos de operação são baixos.

O tempo de vida de um campo geotérmico é de algumas décadas enquanto sua recuperação pode levar séculos.

Existem 3 tipos de recursos de energia geotérmica utilizados:

- Vapor quente;
- Água quente;
- Rocha quente.

Comercialmente essa fonte de energia não-convencional, possui algumas dificuldades para utilização desse recurso, como por exemplo:

- Alto custo da construção de instalações para extração de energia;
- Alto custo com manutenção e operação do sistema;
- Dependência e disponibilidade do local para a extração;
- Falta de incentivo governamental.

Alguns efeitos negativos podem ser associados a utilização deste recurso, como exemplo, a poluição sonora e ambiental. No Brasil, não há notórias aplicações com a energia geotérmica apenas algumas fontes de água quente, entre essas pode-

se citar Poços de Caldas (MG) e Caldas Novas (GO) e que chegam no máximo à 51° C (EPE, 2016).

Devido à perda de energia ocasionada pelo transporte e distribuição do fluido geotérmico, a aplicação desta fonte está condicionada a atividades e consumo em locais próximos da fonte geradora, causando impacto ambiental somente nos arredores da sua produção.

Geralmente os fluxos geotérmicos contêm gases dissolvidos, e esses gases são liberados para a atmosfera junto com o vapor de água. Na maioria são gases sulfurosos (H₂S), que possuem odor desagradável, corrosivos e com propriedades nocivas à saúde humana (EPE, 2016)

Há a possibilidade de contaminação da água nas proximidades de uma usina geotérmica, devido à natureza mineralizada dos fluidos geotérmicos e à exigência de disposição de fluidos gastos. A descarga livre dos resíduos líquidos para a superfície pode resultar na contaminação de rios e lagos.

Quando uma grande quantidade de fluido é retirada da terra, sempre há a chance de ocorrer um abalo, e nesses lugares deve ser injetado água para não ocorrer o aluimento da terra.

Os testes de perfuração das fontes são operações barulhentas e geralmente, as áreas geotérmicas são distantes das áreas urbanas. O calor perdido das usinas geotérmicas é maior que de outras usinas, o que leva a um aumento da temperatura do ambiente próximo à usina (Portal Energia, 2018).

A energia geotérmica é uma fonte de energia alternativa encontrada em locais especiais da superfície terrestre, necessitando de pesquisa para seu melhor aproveitamento, pois o rendimento que se consegue é ainda muito baixo. O alto custo das construções das usinas, e perfuração da superfície, e os possíveis impactos ambientais, inviabilizam o desenvolvimento de projetos para sua utilização.

7.5 Biocombustível

Os Biocombustíveis “são combustíveis produzidos a partir da biomassa, isto é, de fontes renováveis, produtos vegetais, ou compostos de origem animal. São biodegradáveis e por isso provocam menor impacto à natureza” (EPE, 2016). As fontes mais conhecidas são cana-de-açúcar, milho, soja, semente de girassol, madeira e celulose. A partir dessas fontes é possível produzir biocombustíveis como

álcool, etanol e biodiesel. Portanto, a biomassa pode apresentar-se de várias formas: resíduos florestais, agrícolas, urbanos e industriais. Pode ser cultivada em plantios herbáceos ou em árvores, podendo ser transformada em eletricidade e em vários biocombustíveis sólidos, líquidos e gasosos.

O Brasil é um grande produtor agrícola e, portanto, gera uma enorme e contínua quantidade de biomassa, e assim como em outros países do mundo, converte essa energia química armazenada em combustíveis líquidos por meio de processos industriais. Conforme o diagrama de processos de conversão da biomassa demonstrado abaixo, é possível por exemplo, fermentar os açúcares de plantações de milho, trigo e beterraba, e convertê-los em etanol (BEN, 2016).

Figura 23 - Diagrama esquemático dos processos de conversão energética da biomassa

Fonte: (BEN MME, 1982. (adaptado)).

Entre os biocombustíveis líquidos com potencial de utilização, os mais comuns são o biodiesel e o bioetanol, sendo o primeiro obtido a partir de óleos orgânicos e o segundo a partir da fermentação de hidratos de carbono (açúcar, amido, celulose). Os biocombustíveis gasosos, que têm origem nos efluentes agropecuários, industriais e urbanos (lamas das estações de tratamento dos efluentes domésticos), e ainda nos aterros, são constituídos por uma mistura de gases em que o metano é o gás predominante, sendo esta mistura denominada por biogás, (PETROBRÁS, 2007).

A evolução na adoção de tecnologias limpas também alcançou o meio agrícola, potencial produtor de biocombustíveis, pois há atualmente uma preocupação com o

manejo e a conservação, que visa a qualidade do solo e da água, e prioriza os métodos de produção conservacionistas. Porém, apesar da evolução das últimas décadas nas tecnologias e nos modos de produção, associados a inserção de termos como sustentabilidade, gestão e educação ambiental, no ponto de vista prático, os combustíveis fósseis não podem ser substituídos totalmente pelos biocombustíveis. Isso ocorre porque a área necessária para a sua produção implicaria uma redução da área agrícola, o que comprometeria a produção de alimentos. Portanto, o objetivo não é a substituição dos combustíveis fósseis, mas sim, a diminuição da dependência de países produtores e o impacto ambiental.

O aumento projetado para utilização do biocombustível, demonstrado na figura 24 é observado como uma alternativa viável justamente porque ele pode ser utilizado dentro de motores de combustão interna. Não são necessárias grandes modificações na estrutura produtiva para sua utilização, além de poder ser misturado ao combustível fóssil. A exemplo disso o Brasil, onde atualmente 25% da gasolina utilizada é composta de álcool combustível; e 5% do diesel, de etanol (PNEF2030, 2010).

Figura 24 - Consumo mundial de biocombustíveis no cenário de 2030

Fonte: (PNEf 2030).

A biomassa, outro importante biocombustível, é um recurso renovável oriundo de matéria orgânica e pode ser utilizada para a produção de energia, assim como a energia hidráulica e outras fontes renováveis, sendo uma forma indireta de energia solar. A energia solar é convertida em energia química, através da fotossíntese, base dos processos biológicos de todos os seres vivos.

Historicamente, a biomassa tem sido pouco expressiva na matriz energética mundial, cerca de 9,8% segundo a AIE, ao contrário do que ocorre com outras fontes, como carvão, energia hidráulica ou petróleo, contabilizada com grande expressão. As estimativas mais assertivas indicam um crescimento significativo na matriz energética brasileira, principalmente impulsionado pelo setor sucroenergético, em constante expansão, atualmente a participação energética nacional da biomassa representa cerca de 17% (BEN, 2018).

Embora grande parte da biomassa seja de difícil contabilização, devido ao uso não-comercial, estima-se que ela possa representar até cerca de 14% do atual consumo mundial de energia primária. Em alguns países em desenvolvimento, essa parcela pode aumentar para 34%, chegando a 60% na África, conforme a tabela 1 (EPE, 2018).

Tabela 1 - Consumo mundial de biomassa

TABELA 5.1 Consumo de biomassa (MtEP)				
Pais ou Região	Biomassa [1]	Outros	Total [2]	[1/2] %
Mundial	930	5.713	6.643	14
China	206	649	855	24
Leste Asiático	106	316	422	25
Sul da Ásia	235	188	423	56
América Latina	73	342	415	18
África	205	136	341	60
Países em desenvolvimento	825	1.632	2.457	34
Países da OCDE	81	3.044	3.125	3

Fonte: (AIE, 1998)

Atualmente, várias tecnologias de aproveitamento estão em fase de desenvolvimento e aplicação, estimativas indicam que em 2020 a biomassa ocupará 11% na proporção da matriz energética mundial (AIE, 1998). Outros estudos indicam que, ao contrário da visão geral que se tem, o uso da biomassa deverá se manter estável ou até mesmo aumentar por duas principais razões: o crescimento populacional e urbanização e a melhoria no padrão de vida. O aumento no padrão de vida faz com que pessoas de áreas rurais e urbanas de países em desenvolvimento passem a usar mais carvão vegetal e lenha, em lugar de resíduos, a exemplo de pequenos galhos de árvore, restos de materiais de construção etc.

8 CONTEXTO SOBRE AS PRINCIPAIS FONTES NÃO RENOVÁVEIS DE ENERGIA

Nos tópicos a seguir será conceitualizado o cenário atual para o uso das principais fontes não renováveis de energia no Brasil.

8.1 Termelétricas convencionais

A Termoelétrica é definida por uma instalação que produz energia elétrica a partir da queima de carvão mineral, óleo combustível, biomassa, urânio ou gás natural, produzida em uma caldeira projetada para esta finalidade específica.

Conforme a figura 25, nos últimos anos, por questões técnicas e da ausência de investimentos, foi observado um maior despacho de energia advindo das termoelétricas, em conjunto com outras fontes energéticas. Juntas foram responsáveis pelo suprimento da demanda de energia elétrica nacional (158GW), em um ano caracterizado pelo recuo da geração hídrica (BEN, 2018).

Figura 25 - Capacidade Instalada de Geração Elétrica

Fonte: (BNE, 2018).

O funcionamento das centrais termelétricas é muito semelhante, independentemente do combustível a ser utilizado. O combustível é armazenado em áreas adjacentes a central, onde é enviado a usina para ser queimado na caldeira, gerando vapor a partir da água que circula por uma extensa rede de tubos que revestem suas paredes. A função do vapor é movimentar as pás de uma turbina, cujo

rotor gira juntamente com o eixo de um gerador que produz a energia elétrica (Petrobras, 2019).

Essa energia é transportada por linhas de alta tensão aos centros de consumo, conforme demonstrado na figura 26, onde o vapor é resfriado em um condensador e convertido outra vez em água, que volta aos tubos da caldeira, dando início a um novo ciclo, também conhecido como ciclo Rankine.

Figura 26 - Esquema Usina Termelétrica

Fonte: (Petrobras,2019).

A água em circulação é resfriada pelo condensador, expulsando o calor até a atmosfera pelas torres de refrigeração, que são grandes estruturas que identificam essas centrais, parte do calor extraído passa para o mar ou um rio próximo.

Para minimizar os efeitos contaminantes da combustão sobre as redondezas, a central dispõe de uma chaminé de grande altura, podendo chegar a 300 metros, e alguns precipitadores que retêm as cinzas e resíduos voláteis da combustão. As cinzas são recuperadas para aproveitamento em processos de metalurgia e construção, onde são misturadas com o cimento (Petrobras, 2019).

A potência mecânica é obtida pela passagem do vapor através da turbina, fazendo com que esta gire juntamente com o gerador acoplado mecanicamente à turbina, transformando a potência mecânica em potência elétrica.

A energia gerada é conduzida do gerador para o transformador elevador, onde a tensão é elevada para que se possa reduzir as perdas técnicas, conduzindo a

energia por meio de linhas de transmissão até os centros de consumo, em seguida os transformadores rebaixados, ajustam a tensão elétrica a níveis adequados para sua utilização.

Uma central nuclear também pode ser considerada uma central termelétrica, onde o combustível é um material radioativo que, em sua fissão, gera a energia térmica necessária para seu funcionamento.

Segundo estudos conduzidos pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2018), em relação ao funcionamento do sistema elétrico nacional e às fontes associadas à termelétricidade na matriz elétrica brasileira, compreendeu-se que o funcionamento das usinas termelétricas resultam em uma segurança operacional para os períodos de escassez hidrológica, ou de indisponibilidade de geração eólica e solar, contribuindo para a garantia do suprimento de energia e reduzindo o risco de escassez no sistema.

8.2 Carvão Mineral

Em busca do desenvolvimento tecnológico, procura-se o direcionamento de ações para o aumento da eficiência térmica em sintonia com a redução de emissões dos Gases de Efeito Estufa (GEE). Neste aspecto, nota-se que muitos países apostam no desenvolvimento de tecnologias inovadoras com base no carvão, visando à redução de emissões de CO₂ através do aumento de eficiência dos processos, e da adição de sistemas de captura e armazenamento de carbono (como a pré-combustão, pós combustão, oxicomustão e biofixação), associadas a outras boas práticas sustentáveis que reduzem os impactos ambientais. Em qualquer situação aplicada, mecanismos de mitigação ambiental envolvem custos que podem elevar substancialmente o custo de investimento da geração de eletricidade a partir do carvão (EPE, 2018).

As tecnologias de combustão hoje disponíveis, utilizam maiores temperaturas e pressões na câmara de combustão permitindo o alcance de maiores eficiências sendo classificadas por ciclos subcríticos, supercríticos e ultra supercríticos.

O relatório Roadmap Tecnológico para Produção, Uso Limpo e Eficiente do Carvão Mineral Nacional (CGEE, 2012), aponta que as rotas tecnológicas para o uso

do carvão mineral nacional necessitam buscar soluções e aplicações com formas mais limpas, eficientes e econômicas.

A maioria das termelétricas a carvão no Brasil são antigas e operam com rendimentos abaixo de 34%. Com a adoção de novas tecnologias, como caldeiras supercríticas, é possível proporcionar um rendimento acima de 40% com menores índices de emissões (EPE, 2016).

Com a adoção de tecnologias de limpeza de gases, pode-se equiparar ou mesmo superar os níveis de emissões de combustíveis mais limpos como o gás natural.

Na geração de energia a carvão mineral pode-se considerar a questão do tratamento do principal resíduo gerado, as cinzas. Essa questão vem sendo superada pelo surgimento de tecnologias para captação e aproveitamento industrial das cinzas leves e para seu uso em cimenteiras, na agricultura, ou mesmo em projetos de recuperação ambiental.

Para a construção de uma usina termelétrica a carvão mineral, o tempo médio da obra seria de 4 a 5 anos. O tempo de construção associado ao custo do combustível, são ainda os principais fatores que impactam no custo da energia gerada por essas usinas térmicas (EPE, 2016).

As usinas a carvão em operação no Brasil, possuem em sua maioria baixa eficiência devido à falta de investimento para a modernização e substituição dos equipamentos de produção, apresentando sistemas atuais com Custos Variáveis Unitários (CVU) mais altos, chegando acima de R\$ 400/MWh, sendo que as novas usinas a carvão possuem CVUs de R\$ 80 a 120/MWh (EPE, 2018).

8.3 Gás natural

A geração termelétrica por meio do gás natural é realizada predominantemente em usinas de ciclo simples ou combinado. O ciclo simples funciona com uma turbina a gás, composta de três elementos principais: o compressor, a câmara de combustão e a turbina. O fluido de trabalho (geralmente o ar) é comprimido, passando para a câmara de combustão, onde recebe energia do combustível aumentando sua temperatura. Saindo da câmara de combustão, o fluido de trabalho é direcionado para a turbina, onde é expandido, fornecendo potência para o compressor e para o eixo do gerador elétrico (LORA, 2004).

O gás natural é uma mistura de hidrocarbonetos leves, que a temperatura ambiente e pressão atmosférica permanece no estado gasoso. É um gás inodoro e incolor, não é tóxico e é mais leve que o ar, e sendo uma fonte de energia limpa, pode ser usada nas indústrias, substituindo combustíveis poluentes, como óleo, lenha e carvão. Desta forma, ele contribui para reduzir o desmatamento e diminuir o tráfego de caminhões que transportam óleos combustíveis para as indústrias. As reservas de gás natural são muito grandes e o combustível possui inúmeras aplicações em nosso dia a dia, melhorando a qualidade de vida das pessoas. Sua distribuição é feita por uma rede de tubos de maneira segura, pois não necessita de estocagem de combustível e por ser mais leve do que o ar, dispersa-se rapidamente na atmosfera em caso de vazamento.

O gás natural é composto basicamente de hidrocarbonetos leves, nas Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP) encontra-se em estado gasoso. Normalmente, é encontrado em reservatórios subterrâneos ou submarinos acompanhadas ou não, de petróleo. Quando mesclado ao petróleo ou envolvendo-o, obtêm-se o gás natural associado (EPE, 2017).

O gás não associado caracteriza-se pela ausência de óleo ou ínfima presença. No caso de gás associado, sua produção está intimamente vinculada à produção do petróleo, diferentemente dos reservatórios de gás não associado. Daí a necessidade de manter-se o preço do gás atrelado a um combustível cujo custos sejam estáveis. A composição do gás natural também é bastante variável, dependendo também de estar ou não associado, fundamentalmente compõe-se de metano, etano e propano. Apesar da pequena quantidade, é bastante comum estar contaminado com nitrogênio, dióxido de carbono, água e compostos de enxofre.

Da mesma forma que o gás liquefeito de petróleo (GLP), o gás natural também é inodoro, incolor, inflamável e asfixiante. Assim sendo, por questões de segurança, é impregnado com compostos de enxofre que, apesar de caracterizar o odor, não tem propriedades corrosivas.

Atualmente o gás natural possui 22% de participação na matriz energética sendo a terceira maior fonte de energia primária do mundo, superada pelo petróleo e carvão. Até o início desse século, a principal fonte de energia na indústria era carvão, a partir dos anos 50, o gás natural passou a fazer parte da matriz energética dos EUA, responsável por 92% da produção e do consumo mundial (IEA, 2018).

Na Europa ocidental, a indústria do gás começou a desenvolver-se na década de 60 com a descoberta e exploração do campo de Groningen, na Holanda. Nessa mesma época, começou sua utilização no Brasil.

Em 1996 as reservas provadas de gás natural no Brasil eram da ordem de 157,7 bilhões de m³, ainda assim é uma fonte pouco expressiva na oferta do país. Com a chegada do gás natural da Bolívia em 2017, a participação ficou em 13% na matriz energética brasileira. (BEN, 2018).

Além da grande aplicação no setor de transporte, o gás natural é altamente empregado na produção de energia como combustível em usinas termoeletricas representando 37% deste total, utilizados em larga escala em processos de geradores de energia térmica em caldeiras e fornos industriais (BEN, 2018).

As usinas a gás também podem ser utilizadas em centrais de cogeração de energia a gás natural, a cogeração se constitui em uma opção de geração elétrica de grande potencial associadas à geração de energia térmica (vapor, calor ou frio), com isso, é possível elevar a eficiência global para cerca de 80%. Porém, o desenvolvimento deste potencial está condicionado a investimentos e incentivos do setor elétrico, principalmente na geração distribuída.

O Brasil produz por dia, cerca de 109 milhões de metros cúbicos de gás natural, por estar no estado gasoso, o gás natural não precisa ser atomizado para queimar resultando em uma combustão limpa com reduzida emissão de poluentes e melhor rendimento térmico, o que possibilita redução de despesas com a manutenção e melhor qualidade de vida para a população, (EPE, 2018).

A composição do gás natural pode variar bastante, o seu componente principal é o gás metano já no restante de sua composição há pequenas parcelas de etano, propano, butano e outros gases. Apresenta baixos teores de dióxido de carbono, compostos de enxofre, água e contaminantes, como nitrogênio. A sua combustão é completa, liberando como produtos o dióxido de carbono e vapor de água, sendo os dois componentes não tóxicos, o que faz do gás natural uma energia ecológica e não poluente, caracterizando-se por sua eficiência, limpeza e versatilidade.

Como já mencionado é utilizado em indústrias, no comércio, em residências e veículos e é altamente valorizado em consequência da progressiva conscientização mundial da sua relação entre energia e o meio ambiente.

8.4 Termelétricas não convencional - nucleares

De maneira geral, as plantas nucleares em operação são similares às usinas térmicas convencionais em ciclo simples. O processo envolve o aquecimento de vapor a alta pressão que, ao expandir-se, aciona uma turbina térmica movimentando um gerador elétrico acoplado a seu eixo. O vapor saído da turbina, em baixa pressão, é resfriado, condensado e novamente aquecido, reiniciando o ciclo térmico que é denominado ciclo de Rankine.

As principais diferenças entre as usinas termelétricas convencionais e termonucleares estão no combustível utilizado e na forma de aquecimento e vaporização da água, e o processo de obtenção de energia na usina nuclear acontece por meio da fissão nuclear.

A fissão nuclear é o processo de divisão do núcleo atômico instável em outros núcleos mais estáveis, a aplicação do urânio como matéria-prima para esse processo, foi desenvolvida em 1938. Utilizada inicialmente para fins militares durante a Segunda Guerra Mundial, mais tarde evoluída por meio de pesquisas para aplicações pacíficas, como a utilização da energia nuclear. Já em meados da década de 60, várias usinas nucleares estavam funcionando ou em construção, especialmente na Europa e nos Estados Unidos (IPEN, 2018).

Acreditava-se então que a energia nuclear seria a energia do futuro, ficando ainda mais evidente quando veio a primeira crise do petróleo. O processo de fissão nuclear é realizado através do bombardeamento dos átomos de urânio ou tório, quando isso ocorre os núcleos dos átomos de urânio ou tório fragmentam-se liberando uma enorme quantidade de energia. Os nêutrons dos átomos fragmentados, por sua vez, vão bombardear outros átomos que também se quebram e assim sucessivamente, desenvolvendo uma reação em cadeia.

Nas usinas nucleares, a fissão é provocada sob controle do reator atômico, o elemento fundamental desse tipo de usina. A energia liberada na fissão produz calor, que vai aquecer uma certa quantidade de água, transformando-a em vapor; a pressão do fluido faz girar uma turbina geradora a vapor que fica acoplada ao gerador elétrico, convertendo a energia mecânica proveniente da turbina em energia elétrica.

Segundo a Nuclear Energy Instituto (NEI), o elemento combustível de um reator nuclear, representa menor parcela entre os custos de uma usina nuclear, quando comparado com as usinas a carvão e a gás natural. Os gastos relacionados ao

combustível das usinas nucleares são compostos pela soma dos custos de cada uma das etapas do ciclo do urânio, que vai da mineração até a fabricação dos elementos combustíveis. Conforme apresentado na figura 27, apenas 26% dos custos de produção em centrais nucleares relacionam-se com combustível, e destes custos, aproximadamente 50% referem-se aos custos de enriquecimento do urânio (NEI, 2018).

Figura 27 - Participação do custo do combustível e custo de O&M nos custos de produção

Fonte: (Elaboração EPE adaptado de NEI,2018).

De acordo com a Associação Mundial de Energia Nuclear (WNU), atualmente existem aproximadamente 450 reatores em operação no mundo. Os países desenvolvidos e subdesenvolvidos industrializados, a exemplos de Taiwan, ou em fase de industrialização como a China, investem massivamente no desenvolvimento e no aprimoramento da tecnologia nuclear, no entanto, as usinas ou centrais nucleares nos Estados Unidos, são líderes neste tipo de produção energética. Os países mais dependentes da eletricidade nuclear são: França, Suécia, Finlândia e Bélgica, onde mais de 50% da eletricidade provém de centrais atômicas. A figura 28 ilustra a distribuição dos reatores em operação no mundo (WNU, 2009).

Figura 28 - Reatores nucleares operacionais no mundo

Fonte: (Associação Mundial Nuclear e Guardian, 2009).

Observa-se um crescimento da participação da energia nuclear na oferta total de energia mundial, considerada uma fonte energética altamente concentrada, onde um combustível nuclear contendo urânio U-235, por exemplo, produz aproximadamente 80 000 vezes a energia produzida pela mesma quantidade de carvão mineral, porém mesmo com os avanços tecnológicos que promoveram consideráveis aumentos na segurança e operação das usinas, essa fonte de energia ainda apresenta uma série de problemas de ordem econômica, política e ambiental.

Os problemas de ordem econômica relacionados às atuais usinas nucleares, estão associados ao fato de que as mesmas, possuem em média uma duração de 30 anos de utilização e funcionamento, conforme a Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA, 2018). Assim, considerando os elevados custos de sua instalação, do desenvolvimento de tecnologia e a quantidade de energia que produzem nesses 30 anos de existência, se comparadas as usinas hidrelétricas e termelétricas, pode-se questionar se elas são de fato uma boa alternativa energética para a futura escassez de petróleo e de carvão. Ainda de acordo com IAEA, na figura 29 é demonstrado o cenário total de reatores nucleares no mundo, incluindo as unidades em construção, operação e as planejadas (IAEA, 2018).

Figura 29 - Total de reatores nucleares operacionais: propostos, planejados e sob construção no mundo

Fonte: (Associação Mundial Nuclear e Guardian, 2009).

Com a utilização da energia nuclear para a geração de eletricidade, é possível reduzir a quantidade de energia gerada a partir de combustíveis fósseis (carvão e petróleo), diminuindo também as emissões de gases de efeito estufa. A adoção da geração nuclear é observada no planejamento energético das principais nações desenvolvidas, conforme observado na figura 30.

Figura 30 - Geração de eletricidade nuclear em bilhões de kWh em 2008

Fonte: (Associação Mundial Nuclear e Guardian, 2009).

Outra característica importante da energia nuclear está associada ao combustível utilizado, pois são geradas grandes quantidades de energia com pequenos volumes. Com isso é observado uma economia em matérias-primas, transporte, mineração e no manuseio de combustível nuclear.

A produção de eletricidade na usina nuclear é praticamente contínua, podendo-se observar um elevado fator de capacidade, favorecendo o planejamento e a operação do sistema de geração e transmissão de energia. Sendo assim, não depende de aspectos naturais, destacando-se uma vantagem em relação as energias renováveis, que dependem da luz solar ou do vento, nem sempre coincidindo com as horas de maior demanda de energia.

Os problemas ambientais estão relacionados com os acidentes que ocorrem nessas usinas e com o destino do chamado resíduo atômico, ou seja, o material resultante do processo de fissão no reator, local onde ocorre a queima do urânio para a fissão do átomo. Por conter elevada quantidade de radiação, este material tem que ser armazenado em recipientes metálicos protegidos por caixas de concreto, que posteriormente são armazenados geralmente em piscinas, permanecendo a radiatividade por milhares de anos.

No final da década de 60, o governo brasileiro começou a definir o Programa Nuclear Brasileiro (PNB), destinado a implantar no país a energia nuclear com o argumento de que por volta do ano 2000 começaria a faltar energia elétrica no país, devido ao esgotamento do potencial hidrelétrico (Eletrobras, 2018).

Em 1973 o governo propôs pela Eletrobrás, um plano para a construção de oito usinas nucleares no Brasil até 1990. No ano de 1974 foi criada a Nuclebrás (Empresas Nucleares Brasileiras S.A.) que ficou responsável pela execução deste plano. A primeira dessas usinas foi Angra I, localizada na praia de Itaorna em Angra dos Reis no estado do Rio de Janeiro, foi fornecida pela empresa norte americana Westinghouse, já as usinas de Angra 2 e 3 fazem parte do acordo Brasil-Alemanha.

A usina Angra I, com uma potência de 626 MW, começou a funcionar em 1981 e enfrentou alguns problemas com equipamentos prejudicando seu funcionamento, sanando essas questões somente em meados da década de 90. Seu custo, que havia sido orçado em 300 milhões de dólares, já havia subido para 1,2 bilhão no final de 1983. A usina de Angra II está em operação desde 2001 e tem uma capacidade instalada de 1350 MW e Angra III está sem previsão de término (Eletrobras, 2018).

O PNB, em especial o acordo realizado com a Alemanha, vem sendo objeto de inúmeras críticas de cientistas e da população em geral por vários motivos.

Em primeiro lugar, foi uma decisão tomada sem consulta à população e nem às associações científicas representativas do país.

Em segundo lugar, percebeu-se que a alegação de que começaria a faltar eletricidade no país por volta do ano 2000 é falsa, não se computou nesses cálculos o potencial hidráulico da bacia Amazônica, e eles foram elaborados com base num hipotético crescimento econômico do Brasil de 10% ao ano, algo muito otimista.

Na realidade, houve um crescimento intenso que exigiu sempre mais energia elétrica, de 1968 até 1973, época do chamado "milagre brasileiro", com maciças entradas de capital estrangeiro e com o aumento da dívida externa. Porém, de 1974 em diante, sobreveio uma fase de recessão econômica, com taxas de desenvolvimento econômico do país inferiores às da evolução demográfica, sendo em alguns anos (1982, 1983, 1991), essas taxas chegaram a ser negativas (Eletrobras, 2018).

No mundo inteiro a energia nuclear suscita dúvidas e debates, principalmente em relação aos seus riscos e seu custo elevado. Nos países efetivamente democráticos costuma-se realizar plebiscitos para consultar a população antes de se instalar uma usina nuclear naquela área. Usinas nucleares já deixaram de ser instaladas na Áustria e em alguns estados norte-americanos devido ao resultado desfavorável de plebiscitos populares. Em alguns casos inclusive, a maioria da população aprovou a instalação de usinas nucleares, especialmente em países carentes de petróleo, de carvão de boa qualidade, e de grande potencial hidráulico.

O PNB foi realizado na época da ditadura militar e teve objetivos tanto econômicos como geopolíticos. Na ótica geopolítica, uma grande diretriz é definida pela posse de armamentos modernos, principalmente no projeto de desenvolvimento do submarino nuclear. A tecnologia das usinas nucleares e em especial o plutônio, são considerados e analisados os resíduos produzidos, consequência preliminar e indispensável para se obter aos armamentos nucleares. Possivelmente, como argumentam vários cientistas, esse programa tenha sido uma tentativa de desenvolver futuramente armas nucleares no país (Eletrobras, 2018).

Além dos fatores já citados sobre Angra I, a primeira usina construída no Brasil possui tecnologia cara e obsoleta, sua construção foi realizada em local inapropriado pela falha geológica da região, podendo originar instabilidade. Sua construção foi

iniciada em 1972, porém somente em 1985 a usina entrou em operação comercial. Em 1999 alcançou um fator de 96% de disponibilidade e uma geração bruta de 3.976.943 MWh, na figura 31 é apresentada a imagem atual da usina de Angra I.

Figura 31 - Usina de Angra I

Fonte: (Eletronuclear, 2019).

Angra I possui 657 MW de potência e funciona com reator de água pressurizada (PWR), moderado e refrigerado a água com prédio de contenção (Eletrobras, 2018).

Além de programas de segurança, testes periódicos de rotina garantem a proteção contra acidentes com liberação de radioatividade para o meio ambiente.

Angra II, uma usina de 1.350 MW de potência, conta com um reator de água pressurizada (PWR) de tecnologia alemã da Siemens/KWU (hoje Areva NP). Fruto do acordo nuclear entre Brasil e Alemanha, assinado em 1975, a usina começou a ser construída em 1981, mas teve o ritmo das obras desacelerado a partir de 1983, devido à crise econômica que assolava o país naquele momento, parando de vez em 1986. A unidade foi retomada no final de 1994 e concluída em 2000.

Figura 32 - Usina de Angra II

Fonte: (Eletronuclear, 2019).

O desempenho da usina tem sido exemplar desde o início. No final de 2000 e no início de 2001, sua entrada em operação permitiu economizar água dos reservatórios das hidrelétricas brasileiras, amenizando as consequências do racionamento de energia, especialmente na região Sudeste, maior centro de consumo do país (Eletrobras, 2018).

Em 2009, a unidade foi a 33ª terceira em produção de energia entre as 436 usinas em operação no mundo, segundo a publicação da americana Nucleonics Week, especializada em energia nuclear. No mesmo ano, ocupou a 21ª posição em comparação as 50 melhores usinas americanas numa análise dos indicadores de desempenho da Associação Mundial de Operadores Nucleares (WANO).

Outra importante aplicação para a energia nuclear está na área da saúde, por meio da produção de radiofármacos utilizados no tratamento e diagnósticos de doenças, que são obtidos a partir de radioisótopos produzidos em reatores nucleares ou em aceleradores de partículas.

Esses radioisótopos são, em geral, associados a substâncias químicas (fármacos) que se associam a órgãos ou tecidos específicos do corpo humano.

O Brasil produz esses radioisótopos no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), em São Paulo, e no Instituto de Engenharia Nuclear (IEN), no Rio de Janeiro, ambos da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Devido à vida muito curta, os radiofármacos para “tomografia por emissão de pósitrons e elétrons”, conhecido por PET (sigla em inglês), devem ser produzidos próximos ao local de uso.

As radiações nucleares são utilizadas também em diversas terapias, principalmente no tratamento de câncer nesse caso, a irradiação das células cancerosas tem o objetivo de matá-las e impedir sua multiplicação. Uma das formas de aplicação da radiação consiste em se colocar uma fonte externa ao paciente, a uma certa distância do tumor a ser tratado (teleterapia).

9 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A eficiência energética é uma atividade que busca melhorar o uso das fontes de energia, suas principais características serão detalhadas nos tópicos a seguir.

9.1 Definições e conceituação sobre eficiência energética

A eficiência energética e as energias renováveis são “os dois pilares” principais de uma política energética sustentável. Sendo o PNEf, segundo a EPE, definido pelo conjunto de ações que reduzem a quantidade de energia utilizada para concepção de produtos e serviços (PNEF2030, 2010).

As ações do PNEf promovem vários benefícios diretos e indiretos para toda a sociedade, entre eles é possível citar:

- a) Viabiliza investimentos mais atrativos e ambientalmente responsáveis, reduzindo a necessidade de construções de novas usinas e ampliação das redes de energia elétrica, contribuindo para maior sustentabilidade no sistema de transmissão e distribuição de energia elétrica;
- b) Minimiza os custos relacionados ao consumo de combustível, operação e manutenção de usinas, representando um impacto potencial sobre tarifas de energia elétrica dos consumidores em geral;
- c) Mitiga a emissão de gases de efeito estufa, mesmo com uma matriz predominantemente renovável, obtêm-se ainda emissões relacionadas durante a concepção das usinas e durante a produção da energia;

- d) Promove o aumento da competitividade das empresas que investem em eficiência energética, reduzindo seus custos com insumos energéticos;
- e) Garante maior segurança energética para o país, assegurando a disponibilidade de energia e a utilização racional das fontes energéticas além de menor exposição à dependência de outros países.

A globalização do mercado e a competitividade observada na sociedade atual forçam as instituições e empresas a possuírem um sistema produtivo e de consumo cada vez mais “enxuto” visando uma melhora nos processos e consequentemente na qualidade dos produtos, aliado à redução dos custos operacionais.

Um dos fatores que agregam valor ao processo, sem dúvida é a utilização das diferentes fontes de energia (eletricidade, gás, água etc.) empregada sempre da melhor forma possível, resultando o conceito do PNEf, buscando reestabelecer a relação da energia consumida ao produto realizado. O resultado desejado é reduzir o consumo de energia e manter ou aumentar a produtividade (PNEF2030, 2010).

Os Planos Decenais de Expansão de Energia (PDE) desenvolvidos pela EPE, procuram apresentar a relevância da energia como um insumo para os processos produtivos pois, sem energia, nada pode ser realizado, transportado ou processado. Sabe-se que boa parte da energia entregue às unidades produtivas é desperdiçada ou usada com baixa eficiência, sendo igualmente reconhecida a necessidade de se melhorar o rendimento dos processos energéticos no contexto industrial, proporcionando vantagens econômicas e ambientais (EPE, 2018).

É importante salientar que, apesar de existirem setores e usos finais com maior atratividade para a implantação de projetos de racionalização energética, a correta administração dos recursos e dos sistemas energéticos nas empresas industriais constitui o elemento-chave para o sucesso efetivo destas ações, proporcionando redução de faturas de energia de forma permanente e competitiva nos mais variados contextos. Nesse sentido, convém reiterar que não existem relevantes obstáculos técnicos para a promoção da eficiência energética, sendo o componente gerencial sempre o mais decisivo (PNEF2030, 2010).

Atualmente existem várias linhas de fomento e financiamentos para atender os empresários que queriam investir no PNEf, em muitos casos os retornos são altamente rentáveis e com taxas financiamento muito competitivas.

9.2 Iniciativas e ações para o desenvolvimento da eficiência energética

De acordo com o PNEf, este vem sendo considerada e adotada por diversos norteadores do planejamento energético do governo brasileiro por meio do PNEF, estipulando metas para horizontes de 10 a 15 anos. Entretanto, continua a ser um desafio reduzir as barreiras entre as metas estipuladas e as ações efetivas, com um acompanhamento e monitoramento contínuo e transparente (PNEF2030, 2010).

O Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), constituído por altos executivos dos mais expressivos grupos econômicos do país, promoveu um estudo e uma agenda sustentável com o intuito de projetar as ações do PNEf, avaliando diferentes cenários, projetados em três contextos para o crescimento do potencial da eficiência energética, e com capacidade de reduzir respectivamente em 10%, 15% e 20% a demanda por energia, se enquadrando nos parâmetros da demanda projetada para 2030. O cenário de 10% equivale ao compromisso assumido pelo governo brasileiro na sua Intenção de Contribuições Nacionalmente Determinada na sigla em inglês INDC (Intended Nationally Determined Contributions). Os outros cenários, têm por objetivo quantificar benefícios adicionais, caso medidas mais efetivas do PNEf sejam realizadas. Para cada cenário, define-se um plano de expansão da oferta de geração e transmissão de energia (CEBDS, 2016).

Para uma correta explanação das oportunidades, foram construídos três cenários de redução no consumo de eletricidade projetado para o Brasil até 2030 (CEBDS, 2016):

- a) Redução de 10% no consumo de eletricidade previsto para 2030, de acordo com a meta anunciada pelo governo brasileiro - definido como INDC;
- b) Redução de 15% no consumo de eletricidade previsto para 2030, cenário otimista – definido como INDC +;
- c) Redução de 20% no consumo de eletricidade previsto para 2030, cenário arrojado e idealizado - definido como INDC++.

Comparando as diferentes oportunidades nos INDC (10%), INDC+ (15%) e INDC++ (20%), alguns dados são demonstrados e correlacionados aos resultados nos custos de operação do setor elétrico, de investimento em nova oferta, em emissões evitadas de CO₂, além dos custos de implementação das medidas e ações propostas pelo PNEf.

Com base em simulações realizadas pelo CEBDS, o cenário mostra que a redução dos custos operativos do setor elétrico varia entre 24% no INDC até 38% no cenário INDC++, conforme mostra a tabela 2 (CEBDS, 2016).

Tabela 2 - Redução nos custos de operação do Sistema Interligado Nacional (SIN)

Cenário	Custo operativo total (bilhões R\$)	Redução sobre referência (Bilhões R\$)	Redução sobre referência (%)	Redução Tarifária (%)
Referência	112	-		
INDC	85	27	24%	17%
INDC+	78	34	30%	21%
INDC++	69	43	38%	27%

Fonte: (CEBDS, 2016).

O setor de distribuição arrecadava dos consumidores de energia, cerca de R\$ 100 bilhões em 2015, com o crescimento estimado do mercado até 2030 (quase 60% de incremento), as ações de fomento ao PNEf podem trazer um benefício direto para a sociedade com redução média das tarifas entre 17% e 27% (CEBDS, 2016).

A redução dos investimentos em nova oferta, por sua vez, é mais significativa, de 42% a 72%, conforme tabela 3 (CEBDS, 2016).

Tabela 3 - Redução nos custos de investimentos do SIN

Cenário	Custo de investimento acumulado (bilhões R\$)	Redução sobre referência (bilhões R\$)	Redução sobre referência (%)
Referência	92	-	-
INDC	53	39	42%
INDC+	42	50	54%
INDC++	26	66	72%

Fonte: (CEBDS, 2016).

Dada a redução dos custos operativos e de investimento, é possível calcular o benefício líquido dos cenários alternativos, como mostra a tabela 4.

Tabela 4 - Benefício líquido de ações e medidas

Cenário	Redução de custos de investimento (bilhões R\$)	Redução de custos de operação (bilhões R\$)	Investimento para implementação (bilhões R\$)	Benefício líquido (bilhões R\$)
INDC	39	27	7	58
INDC+	50	34	14	70
INDC++	66	43	19	90

Fonte: (CEBDS, 2016).

O estudo do CEBDS confirma ainda que a eficiência energética, reduz a necessidade de investimentos relativos ao aumento da geração, expansão e infraestrutura do sistema para transmissão e distribuição de energia. É possível comparar o custo de implementação do MWh gerado com o economizado. Na tabela 5 é demonstrado a comparação entre o preço de energia nova para diversas fontes, o Cálculo do Custo Marginal de Expansão (CME), o custo de implantação de ações e medidas do PNEf (CEBDS, 2016).

Tabela 5 - Custos de conservação Versus Custo de produção por fonte

Fonte: (CEBDS, 2016).

O governo promove alguns programas para a eficiência energética no Brasil, entre eles o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) criado em 2003, e o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) criado em 2001. Porém as atuações desses programas precisam de aprimoramento, pois identifica-se uma série de barreiras no setor, que necessitam de medidas específicas para serem superadas, sendo as principais (Procel, 2019):

- a) **Priorização da expansão:** Os agentes econômicos promovem e direcionam investimentos na expansão de suprimento (construção de novas usinas e redes de energia) em relação à conservação;
- b) **Falta de capacitação e desconhecimento tecnológico:** os consumidores não estão atualizados com tecnologias de conservação de energia ou não têm clareza sobre a sua viabilidade técnica e financeira;
- c) **Ausência de cultura global de eficiência:** mesmo entre consumidores de maior porte, como industriais, a visão imediatista da organização é um sintoma da falta desta informação. É necessário desenvolver políticas de transferência tecnológica, seja essa de capacitação ou disseminação, o esclarecimento para o público em geral, treinamentos para alguns profissionais identificarem oportunidades de eficiência energética e fazer a gestão e gerenciamento dos projetos de PNEf;
- d) **Linhas de financiamento e fomento para o PNEf:** Atualmente, estão disponíveis poucas linhas de financiamento específicas para as ações de eficiência energética, as que existem possuem particularidades e exigência de garantias bancárias muito restritivas, restrições devido a comprovações de requisitos administrativos para a liberação do financiamento, além de serem potencializadas pela baixa qualidade técnica de muitos projetos;
- e) **Priorização de investimentos pelas empresas:** As organizações que possuem um nível de endividamento elevado, não priorizam os empréstimos e investimentos voltados para conservação de energia, como não é a sua atividade fim, essas iniciativas não têm na maioria dos casos, participação no seu planejamento estratégico.
- f) **Custos incremental de tecnologia:** Com a implantação de uma tecnologia inovadora e eficiente, é necessário a modernização e adaptação da infraestrutura e capacitação adicional de mão de obra, o que representa um custo adicional que em muitos casos pode torná-la menos atrativa.

No contexto internacional, no que se define o *ranking* de eficiência energética, a organização não governamental Conselho Americano para uma Economia Energeticamente Eficiente (ACEEE, na sigla em inglês), o Brasil está na penúltima colocação entre as 23 maiores economias do mundo, ficando apenas a frente do México. O estudo apresentado pela ACEEE, indica que o Brasil promove por meios de sua política energética, uma predominância básica para produção de energia renovável, deixando assim uma grande fatia de ações e oportunidades voltadas a eficiência energética sem tratamento e priorização (ACEEE, 2018).

No restante do mundo, principalmente nos EUA e na União Europeia, várias ações são adotadas, legislações e acesso a informações sobre eficiência energética e disponibilizadas para fomentar o mercado e facilitar a adoção de ações e práticas para implementação do processo.

No Brasil, o PNEf estabelece uma série de medidas demonstradas na tabela 6, que se executadas no cenário de 2016 a 2030, poderiam reduzir os custos com energia e com emissões de CO₂ (PNEF, 2010).

Tabela 6 - Medidas de fomento a eficiência energética para o horizonte 2016-2030

Medidas	Esfera de atuação	Horizonte Execução	Custo de implementação (milhões R\$)	Emissões evitadas (MtCO ₂)
Aspectos institucionais, legais e regulatórios				
Níveis mínimos compulsórios de EE	Governo Federal	Curto	0	2,71
Incentivo à geração distribuída	Governo Estadual	Curto	0	2,53
Rever a alocação de recursos do PEE*	Governo Federal	Médio	0	2,71
Desacoplamento tarifário	Governo Federal	Médio	10	1,50
Padrões de desempenho energético e M&V*	Empresas /Todas as esferas de Governo	Médio	450	2,53
Ambiente de negócios				
Realização de auditorias energéticas	Empresas	Curto	750	2,71
Realização de contratos de performance com ESCOs*	Empresas	Curto	750	2,53
Otimização da gestão energética (ISO 50.001)	Empresas/ Governo Federal	Médio	1	1,00
Rede de Eficiência Energética	Empresas	Curto	30	2,53
Leilões de eficiência energética	Governo Federal	Médio	15	1,00
Formação, capacitação, divulgação e marketing				
Portal de Eficiência Energética	Empresas /Todas as esferas de Governo	Curto	8	4,07
Incluir EE na ementa escolar e de formação técnica	Todas as esferas de Governo	Médio	10	1,50
Capacitação e conscientização	Empresas/ Todas as esferas de Governo	Curto	45	4,07
Projetos de P&D de novas tecnologias	Empresas/ Todas as esferas de Governo	Curto	750	3,80
Incentivos financeiros e/ou tributários				
Tributação reduzida e "rebates" para equipamentos eficientes	Todas as esferas de Governo	Curto	15	5,07
Criação de fundo garantidor (ex: EEGM* do BID*)	Governo Federal	Médio	0	2,00
Melhorias no BNDES Eficiência (ex-PROESCO**)	Governo Federal	Curto	8	2,71
Off Balance Sheet	Empresas	Curto	0	2,00
Total			2819	47.00

Fonte: (Adaptado de PNE 2030 MME, 2008).

Para a realização do planejamento energético, são levantadas as incertezas e os desafios envolvendo o aumento do consumo, várias ações e políticas são imprescindíveis para que se possa garantir a estabilidade técnica e a segurança energética para o atendimento desta demanda.

Os aspectos quantitativos e qualitativos são identificados e associados, a inserção de novos sistemas e tecnologias são previstos aos organismos responsáveis para planejar o atendimento do fornecimento, definindo desta forma uma trajetória assertiva de curto e longo prazo, cuja análise considera alguns fatores importante como:

- a) Aplicação de eficiência energética no consumidor final de energia;
- b) Expansão da geração distribuída;
- c) Inserção de novas tecnologias em setores da indústria, transporte e residências;
- d) Aumento da incorporação de novos consumidores neste horizonte (50% até 2050);
- e) Evolução das edificações brasileiras;
- f) Competitividade entre os diferentes insumos energéticos.

Algumas das diretrizes de expansão do setor são previstas e apontadas nos relatórios da EPE, apresentadas em balanços e levantamentos periódicos que visam definir estratégias para o atendimento do setor energético brasileiro (EPE, 2018).

As ações políticas, certificações de equipamentos e empreendimentos, leis de controle e fundos de financiamentos específicos são inseridas no mercado para promoção da eficiência energética. De acordo com a tabela 7, as principais iniciativas têm como objetivo fomentar oportunidades e estimular as implementações de uso e consumo racional da energia.

Segundo a EPE, a projeção da demanda de energia elétrica ao longo do período de 2013-2050 soma ganhos com eficiência energética de 17% do consumo total de eletricidade, o que significa uma redução de 43GW médio, aproximadamente cinco vezes a usina de Itaipu (EPE, 2016), com isso um cenário de mudanças expressivas deve acontecer.

Tabela 7 - Relação das principais iniciativas em eficiência energética e os mecanismos utilizados no Brasil

Tipos de Mecanismos	Setores				
	Industrial	Residencial	Comercial	Público	Transportes
Suporte	PROCEL/CONPET	PROCEL/CONPET	PROCEL/CONPET	PROCEL/CONPET	PROCONVE/CONPET
	CNI/PBE/SEBRAE	PBE	PBE/SEBRAE	PBE	PBE
Controle	Lei de Eficiência Energética e CGIEE, PEE/ANEEL, PNMC	Lei de Eficiência Energética e CGIEE, PEE/ANEEL, PNMC, PMCMV	Lei de Eficiência Energética e CGIEE, PEE/ANEEL, PNMC	Lei de Eficiência Energética e CGIEE, PEE/ANEEL, PNMC	Lei de Eficiência Energética, CGIEE, PNMC e PNLT
Mercado	Informação e divulgação	Informação e divulgação IPI para equipamentos eficientes	Informação e divulgação IPI para equipamentos eficientes	Informação e divulgação IPI para equipamentos eficientes Compras eficientes	Informação e divulgação IPI para equipamentos eficientes
Fundo	RGR CTEnerg e PEE (Lei 9.991/2000) PROESCO	RGR CTEnerg e PEE (Lei 9.991/2000)	RGR CTEnerg e PEE (Lei 9.991/2000) PROESCO	RGR CTEnerg e PEE (Lei 9.991/2000) RELUZ, PROESCO	CTEnerg

Fonte: (Estudos da demanda de energia 2050 -EPE, 2014).

9.3 Definições básicas para um diagnóstico em eficiência energética

Segundo as definições estabelecidas no PNEF 2030 (2011) desenvolvido pelo Ministério de Minas e Energia (MME), as orientações para a realização de um estudo em eficiência energética, possuem escopo divididos em diferentes etapas, entre elas estão:

- O estudo de pré-viabilidade:** tem por objetivo identificar os potenciais de economia de energia com substituição de equipamentos, adoção de práticas operacionais adequadas, realização de programas de manutenção etc., que atendam a critérios técnicos e econômicos estabelecidos entre o estudo e a indústria. Por exemplo: Tempo de Payback ou impossibilidade de alteração da produção.
- Estudo de viabilidade:** corresponde ao detalhamento das iniciativas a serem implementadas caso seja confirmada a viabilidade do processo, avaliando de modo mais acurado o custo e os benefícios energéticos esperados. Esta etapa é crucial e deve ser executada de modo cuidadoso, visando o esclarecimento dos responsáveis pela empresa, que levarão o projeto adiante, ou não, com

base nas expectativas de ganhos associados à redução das despesas com energia frente aos custos de investimento e amortização.

- c) **Implementação:** superadas as etapas de pré-viabilidade e viabilidade, onde as premissas de “oportunidades” são estabelecidas e definidas, as metodologias de financiamento seguem-se para a implementação, onde são compostos cronogramas com base nas rotinas de trabalho típicas de cada projeto industrial, seja ele envolvendo novos processos, equipamentos, mudanças de hábitos, padrões de consumo ou operação.
- d) **Medição e verificação:** após a implementação das ações, é recomendável aplicar as metodologias de Medição e Verificação (M&V) dos resultados, avaliando as dificuldades e verificando o cumprimento das metas. Esta etapa também pode incluir validação por parte de auditoria externa contratada para este fim.

Resumindo as informações das análises de cada projeto implantado, pode-se dizer que alguns fatores são determinantes para o sucesso ou insucesso do projeto.

Pelo lado técnico, os casos de sucesso estão particularmente relacionados a alguns usos finais e se aplicam a todos os segmentos estudados. Assim, os sistemas de ar comprimido, os motores elétricos e a iluminação se mostraram alvos efetivamente interessantes para as medidas de fomento à eficiência energética.

Algumas medidas como reconstrução de demanda, correção de reativos e instalação de cabines primárias para mudança de modalidade tarifária, têm como principal razão a redução dos custos com energia e não a economia ou aumento da eficiência energética (PNEF2030, 2010).

A partir dos dados levantados por meios dos diagnósticos, é possível desenvolver e implantar projetos, alcançando resultados extremamente positivos e melhorando o desempenho energético das organizações.

Os principais benefícios com a melhoria do desempenho energético são:

- a) Redução do desperdício;
- b) Otimização / redução do consumo;
- c) Economia graças ao uso racional;
- d) Estímulo ao aumento da competitividade da tecnologia industrial;
- e) Aumento da produção e da produtividade, redução de custos e melhoria da qualidade dos produtos do setor;

- f) Elaboração de diagnósticos energéticos detalhados e ações de melhoria na planta industrial;
- g) Acompanhamento das implementações e das ações de melhoria e divulgação de seus resultados;
- h) Análises de viabilidade financeira de investimento por meio de Payback;
- i) Conhecimento real dos processos fabris no que tange a impacto energético;
- j) Diagnóstico em eficiência energética com potenciais de redução de economia.

De maneira geral, é possível apresentar as principais tecnologias usualmente aplicadas e que possuem maior potencial técnico para conservação de energia (tecnologias prioritárias), destaca-se como referência duas tecnologias maduras e amplamente comercializadas: motores elétricos de alto rendimento e iluminação por LED. Essas tecnologias, são abordadas nas principais ações de PNEf.

Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Conservação de Energia (ABESCO), existem oportunidades de economia de energia em diferentes setores e classe de consumo. As ações do PNEf são propostas conforme a classe e o uso, sendo sugeridas as principais (ABESCO, 2019):

Para a classe industrial (CEBDS, 2016):

- a) As ações de iluminação, substituição de lâmpadas incandescentes e fluorescentes por lâmpadas LED, automação por sensores e controladores automáticos para seccionamento e dimerização;
- b) Substituição de motores elétricos antigos e de baixo rendimento por modelos mais novos de alto rendimento, adequação do fator de carregamento dos motores, recalculando equipamentos onde são encontradas situações de falha no dimensionamento;
- c) Aplicação de novas tecnologias, especialmente no uso final eletroquímico e nos gêneros metais não ferrosos, segmentos de alumínio, cobre e zinco, e química, com vistas a reduzir o consumo específico de eletricidade;
- d) Estudos de energia, substituição do combustível utilizado no uso final, análise de exergia com diferentes fontes de energia e que apresentem um melhor rendimento energético;
- e) Otimização do sistema de refrigeração e climatização, com procedimentos adequados de vedação, isolamento térmicos, controle automático de

temperatura, evaporador, posicionamento dos equipamentos, combate aos vazamentos, além da substituição de equipamentos obsoletos por tecnologias mais eficientes (Sistemas VRF, VAV, Chiller Absorção etc.)

- f) Redução do uso de equipamentos em modo standby, seja por mudança de procedimento ou por automação;
- g) Utilização de controladores de velocidade por inversores de frequências e sistemas automáticos como por exemplo, o acionamento de bombas, ventiladores ou compressores com regimes de operação variáveis, resultando desta forma em economias substanciais no consumo de energia de trabalho;
- h) Substituição dos fornos elétricos antigos, especialmente os utilizados na etapa de fusão e redução do metal no gênero metais não ferrosos (segmentos de alumínio, cobre e zinco), por modelos mais novos de alto rendimento;
- i) Instalação de controladores e gerenciadores de energia, sistemas automáticos de monitoramento e controle de energia (elétrica, gás, água, etc.), permitindo ação de programação de eventos e interações com o processo produtivo.

Para a classe comercial (CEBDS, 2016):

- a) As ações de iluminação, substituição de lâmpadas incandescentes e fluorescentes por lâmpadas LED, automação por sensores e controladores automáticos para seccionamento e dimerização;
- b) Substituição de equipamentos antigos por tecnologias mais eficientes;
- c) Otimização do sistema de climatização com procedimentos de melhoria em vedações, isolamento térmicos, controle automático de temperatura, evaporador, posicionamento dos equipamentos, combate aos vazamentos e substituição de equipamentos obsoletos por tecnologias mais eficientes (Sistemas VRF, VAV, Chiller Absorção etc.)

Para classe residencial (CEBDS, 2016):

- a) Conscientização em relação a melhores hábitos de consumo, como desligar equipamentos quando não houver uso, manter fechados os ambientes com temperatura condicionada e dimensionar adequadamente velocidade de ventiladores e temperatura de condicionadores de ar. Adotar o uso de

tecnologias de alta eficiência energética como por exemplo, o *Sistema Inverter* e seguir a classificação do PROCEL;

- b) Desligar aparelhos em standby e aplicação do uso de *tomadas inteligentes* que possuem interruptores próprios pode facilitar essa ação;
- c) Substituir lâmpadas fluorescentes por LED, adoção de controladores automáticos e sensores de presença/dimerização;
- d) Instalar sistemas solares para aquecimento de água para aplicação em banhos, piscinas e lavatórios;
- e) Construir e reformar casas, considerando a participação maior de iluminação natural e/ou novas tecnologias de reflexão de luz que permitem manter a luminosidade com uma menor potência requerida de lâmpadas;
- f) Construir e reformar casas, considerando o melhor aproveitamento da ventilação natural, aplicação de materiais térmicos, observando a orientação da incidência solar.

As medidas do PNEf promovem caso sejam implementadas, vários benefícios diretos e indiretos ao governo e a toda a sociedade entre esses, é possível ressaltar:

- a) Investimentos com viabilidade técnica e financeira, associados à redução dos impactos ambientais, reduzindo a necessidade de construção de novas usinas e a ampliação da rede elétrica, o que contribui com a disponibilidade de energia sustentável do setor;
- b) Redução dos custos com mão de obra e com combustível, como alguns casos de geração de eletricidade que são acionadas termoelétrica onde esses custos são potencializados, incidindo acréscimos e repasse nas tarifas de energia.

De acordo com a Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN), a redução dos custos de energia alcançado pelas empresas que investem em eficiência energética, aumentam sua produtividade e competitividade, sendo o principal insumo usado por 79% das empresas a eletricidade, podendo representar mais de 40% dos custos de produção.

Na figura 33 é ilustrado a elevação dos custos com energia elétrica no Brasil (FIRJAN, 2016).

Figura 33: Custo médio da energia elétrica para a indústria no Brasil (MWh)

Fonte: (FIRJAN, 2016).

9.4 Intensidades energética

O índice de intensidade energética é representado pela relação entre o consumo total de energia de um país em unidade de energia, e o PIB da economia expressado em unidades monetárias. O índice de intensidade energética evidencia o grau de eficiência da utilização de energia em relação à riqueza do país, desta forma quanto menor o uso de energia por unidades monetárias, maior a eficiência da economia (ODS7, 2019).

O referido índice não está relacionado apenas a utilização eficiente dos recursos energéticos, mas sim em como minimizar as perdas nos processos de transformação. Existem as dimensões econômica e ambiental inerentes ao indicador de intensidade energética.

A dimensão econômica, que mede a alocação dos recursos energéticos em relação à produção da economia, está relacionada ao conceito de eficiência econômica ou eficiência de Pareto. O conceito de eficiência de Pareto representa uma situação onde a alocação dos recursos maximiza o bem-estar dos indivíduos, não existindo alocação que os deixe em melhor situação. Essa dimensão da eficiência ou

de produtividade energética tem ganhado importância no plano internacional em função da ocorrência de custos crescentes, do caráter finito dos recursos energéticos e da presença de externalidades ambientais negativas (EPE, 2019).

A figura 34 ilustra a evolução da intensidade energética e de consumo final de energia no Brasil entre os anos de 2000 e 2018.

Figura 34 - Histórico da intensidade energética no Brasil

Fonte: (EPE e IBGE, 2019).

Pesquisas do IEA indicam que a intensidade energética da indústria brasileira está estagnada nos últimos 30 anos, conforme ilustrado na figura 35. Esse indicador contrasta com os índices dos países desenvolvidos, a exemplo da Alemanha, que apresenta uma constante melhoria na eficiência energética. Os setores da metalurgia, minerais e alimentos correspondem à metade do consumo industrial (IEA, 2018).

Figura 35 – Intensidade Energética no Brasil e na Alemanha
Intensidade de Energia (TPES / PIB) (tep / mil 2005 USD)

Fonte: (AIE, 2018).

Alguns referenciais são utilizados para apresentar uma projeção do aumento de demanda de energia, sendo a publicação mais atualizada da EPE divulgada em 2014, a qual está inserida no PNE 2050 (EPE, 2014).

O principal objetivo do referencial é estabelecer uma projeção assertiva sobre a evolução, o equilíbrio e a oferta da demanda de energia. Estas informações são analisadas a partir das bases de informações e indicadores publicados nas séries do BEN.

Estima-se que os ganhos de eficiência energética oriundos das expansões de plantas mais eficientes e da desativação de sites ineficientes, deverão contribuir para taxas menos aceleradas de crescimento da demanda energética industrial no horizonte do PNE 2050. Como demonstrado na figura 36 e na tabela 8, espera-se que as ações de eficiência energética de forma geral, contribuam com algo em torno de 18% de redução da demanda de energia em 2050 (PNE 2050, 2014)

Figura 36 - Demanda de eletricidade e fontes de atendimento à demanda de energia para 2050

Fonte: (EPE, 2014).

Tabela 8 - Projeção de demanda da eficiência energética do PNE 2050

Consumo (GWh)	2020	2030	2040	2050
Consumo potencial sem conservação	722.043	1.069.742	1.494.799	1.987.116
Energia conservada	36.824	104.696	210.229	363.568
Energia conservada (%)	5,1%	9,8%	14,1%	18,3%
Consumo final, considerando conservação	685.219	965.046	1.284.570	1.623.548
Setor Industrial	15.121	45.671	93.738	159.968
Setor transporte	210	712	1.543	2.627
Setor serviços	7.213	26.095	59.278	112.781
Setor residencial	13.726	30.697	53.119	83.976
Setor Agropecuário	554	1.521	2.551	4.216

Fonte: (EPE, 2014).

A figura 37 apresenta a evolução do consumo de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN) por classe de consumo. A estagnação do setor industrial dos últimos anos e o forte crescimento do consumo de energia elétrica residencial,

impulsionado por ascensão social da população e acesso a crédito, e o consumo comercial fizeram reduzir a importância relativa da indústria, sendo ainda a classe com maior consumo segundo o Anuário Estatístico da EPE identificou em 2014, 180 TWh ou seja, 38% do total do consumo energético (EPE, 2014)

Figura 37 - Consumo de energia elétrica no SIN por classe

Fonte: (EPE,2014).

Mesmo com o crescente aumento do consumo das classes residenciais e comerciais (5,5 milhões de consumidores residenciais e 66 milhões comerciais), a indústria é a classe que detém a maior concentração de consumo, são aproximadamente 500 mil unidades. Com esse patamar destaca-se a importância de ações de eficiência energética planejadas e a sua importância para esse setor (EPE, 2014).

O controle e monitoramento desejado por meio desses referenciais, têm como objetivo assegurar a segurança energética para o Brasil, garantindo o fornecimento e a previsão do aumento da demanda de energia, alinhado ao crescimento da economia e do consumo.

10 METODOLOGIA

Os assuntos tratados nessa pesquisa possuem carácter multidisciplinar e transversal, permeando em diferentes áreas como a engenharia, física, química, meio ambiente, economia e gestão. Desta maneira, a diretriz escolhida para a elaboração do estudo, tem como norteador a tradicional Metodologia de Pesquisa Explicativa, estruturada na investigação bibliográfica, comparação de dados coletados e uso de lógica dedutiva.

A utilização de pesquisas bibliográficas permitiu a adoção de técnicas de exploração em carácter dedutivo, alcançando tanto fontes primárias como secundárias, entre livros, documentos técnicos, resoluções normativas, artigos, eventos, estudo de casos e entrevistas publicadas.

Para tratamento dos dados levantados, utilizou-se duas principais análises: quantitativas e qualitativas, que de acordo com os assuntos abordados resultam na aplicação do método dedutivo através de dados secundários, e método indutivo por meio dados adquiridos em fontes primárias de informação.

Com o intuito de atender os objetivos propostos neste estudo, a apresentação e sintetização da pesquisa consistem em pontos norteadores, analisados e consultados de acordo com as intenções citadas a seguir:

a) Participação das fontes renováveis de energia na matriz energética brasileira:

A pesquisa realizou-se com base em dados coletados e publicados pela série histórica do BEN, concluindo-se a predominante participação de fontes de energia renováveis em nossa matriz energética, destacando a energia hidráulica, eólica e a biomassa. Evidencia-se ainda, o crescimento proveniente de outras fontes, em particular a energia solar, que sob o ponto de vista econômico e financeiro, apresenta-se como uma alternativa extremamente viável e promissora, porém com participação ainda muito tímida (BEN, 2018).

As informações referentes a produção de energia, instalações em operação e investimentos do setor, foram extraídas e divulgadas em boletins de associações dos respectivos sistemas de geração de energias renováveis.

b) A relevância da intensidade energética para o desenvolvimento do país:

Recorreu-se as informações disponíveis nos planos decenais de expansão de energia que traçam as perspectivas para o crescimento da demanda energética no país. Constatou-se que a intensidade energética é utilizada como o indicador da eficiência na economia global, por meio dela evidencia-se a relação entre a energia final consumida e a produção de bens. Pesquisas publicadas pelo EPE e pelo MME, demonstram que a IIE da indústria brasileira se apresentou estagnada nos últimos 30 anos, confrontando com as principais economias mundiais (IEA, 2018).

c) A viabilidade técnica e financeira para as ações de eficiência energética:

Destacam-se as diretrizes do PEE, o qual se estabelece a promoção para o uso eficiente da energia elétrica em todos os setores da economia, ações ocorrem por meio de projetos que apresentam viabilidade econômica de melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia (PEE, 2015).

Constituíram-se como base nesses levantamentos, relevantes publicações como do CEBDS e estudos de casos consolidados pela ABESCO e pelo SENAI, ressaltando-se nos dados demonstrados, os resultados positivos destes projetos (quantitativos e qualitativos), comprovando-se as oportunidades técnicas e viabilidades financeiras para a implantações das ações em eficiência energética;

d) Adoção de um modelo sustentável de energia nas organizações:

Apresentou-se um programa bem-sucedido na implantação da NBR ISO 50.001 realizada em grandes indústrias, promovida pelo PROCOBRE (PROCOBRE, 2018). Uma iniciativa que se pautou de maneira ampla e sólida na divulgação dos impactos de ações envolvendo o uso e consumo de energia obtidos em diferentes corporações, ressaltando-se os resultados positivos, os quais foram divulgados publicamente pelas instituições e empresas, demonstrando uma tendência na busca de um modelo sustentável na utilização de energia nestas organizações. Pontuou-se ainda, a grande notoriedade estabelecida pela ONU na agenda para o desenvolvimento sustentável, onde destaca-se a promoção de um conjunto de ações e compromissos os quais deram origem aos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS, 2019).

e) Geração de empregos para a área de energias renováveis e eficiência energética:

Recorreu-se aos dados obtidos em relatórios nacionais e internacionais, pesquisas de mercado e notas técnicas, no qual destacou-se o panorama promissor e atualizado sobre as demandas de empregos para o setor de energias renováveis, evidenciando recentes publicações realizadas pelo projeto de Sistema de Energia do Futuro no Brasil com o apoio do MME, além de dados da IRENA e informações obtidas por meio de estudos realizados pelas associações do setor de geração de energia e eficiência energética.

f) Estudo de caso, com os resultados obtidos por empresas de referência:

Com base nas informações extraídas através da realização de diagnósticos energéticos e consulta em cases das empresas de referência, sintetizou-se uma tendência inovadora por meio desses resultados. Trata-se de um novo panorama e movimento tecnológico cuja síntese se modifica para uma visão onde as ações voltadas a gestão de energia, significam um investimento rentável e necessário.

Observou-se inúmeras publicações relevantes ao tema entre: legislações, mercado energético, consumo de energia, ações dos setores público e privado, indústria, comércio, edificações, educação, capacitação, impactos no meio ambiente e geração de empregos.

Evidencia-se a necessidade da construção de diferentes cenários para a avaliação, formulação e utilização de políticas e planejamentos de processos energéticos, considerando as inserções e inovações tecnológicas para o uso de energias renováveis, mediante ações e iniciativas públicas que visem a promoção do desenvolvimento tecnológico, considerando o impacto econômico, as tendências de crescimento, a variação dos custos com energia, as taxas de emissões, os fatores climáticos, entre outros.

Para os estudos descritos adotou-se distintas previsões, das quais estimam diferentes possibilidades futuras, que variam de acordo com as tendências atuais tendo como exemplo, elementos motivadores como as condições climáticas e a adoção de políticas de incentivos. No entanto, não é possível deixar de apresentar um contexto predeterminado, sem a devida consideração de um cenário técnico que explore as possibilidades e configurações tecnológicas, fornecendo ênfase a viabilidade e implantações das diferentes opções apresentadas.

Não é projetado neste estudo um cenário de mudanças ideais, mas, espera-se a adoção de um modelo desejável, pois como já enfatizado e devidamente

comprovado, mostra-se uma prospecção do futuro onde o cenário tenha base em um modelo energético sustentável, sintetizando neste estudo uma referência para novas pesquisas e aplicações similares.

A integração do contexto abordado permitiu a delimitação de um escopo, através de dados coletados, sendo possível a avaliação dos processos de geração de energia e eficiência energética, a geração de empregos nas respectivas áreas, e a avaliação do impacto do uso dessas diferentes tecnologias. Os resultados desta pesquisa encontram-se no capítulo a seguir.

11 MERCADO NO BRASIL PARA O USO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS E AÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Conforme descrito anteriormente, há uma preocupação mundial sobre as questões energéticas e climáticas, as principais nações prospectam e definem importantes ações para os próximos anos, iniciativas essas que visam atender o aumento da demanda de energia, necessidade de garantir o acesso à energia para todos, maior participação das fontes energéticas e sustentáveis em nossas matrizes, aplicação de tecnologias modernas e eficientes que visam a redução do consumo de energia e com preço acessível para todos. Neste contexto a seguir, serão apresentados o cenário nacional e internacional para a adoção e implantação das ações de eficiência energética e das fontes de energia renováveis.

11.1 Mercados para Fontes de Energia Renováveis

Atualmente, o mercado energético é impulsionado pelo aumento da demanda por energia em todo o mundo e declina para fontes de energia não renováveis, como petróleo, carvão e gás natural, porém é impulsionado pelo aumento da conscientização sobre segurança energética e os impactos ambientais. O alto custo inicial de investimento para a configuração de infraestrutura para processos de energia renováveis ainda provoca uma grande restrição neste mercado, entretanto com o desenvolvimento contínuo de novas tecnologias, é esperado uma elevação no uso de novas fontes energias renováveis. Outro ponto fundamental é o aumento das linhas de financiamento governamental para abrir caminho para novas oportunidades de crescimento no mercado (EPE, 2019).

Analisando-se o ano de 2017, as fontes de energia limpa corresponderam a 70% das adições à capacidade de geração de energia global. O relatório do panorama global da *Renewables*, (REN21, 2018) revela duas realidades: uma foi a revolução no setor de energia que gerou uma rápida mudança no caminho para a produção de energia renovável, e ao mesmo tempo revela que a transição não está avançando com a velocidade esperada. O momento no setor de energia é positivo, porém não serão alcançadas as reduções de emissões exigidas pelo acordo climático de Paris (COP21, 2015).

Seguindo o mesmo relatório, os setores de aquecimento, resfriamento e transporte, que correspondem juntos cerca de 80% da demanda global total de energia final, estão ficando em segundo plano. Porém, em contrapartida, é observado que a capacidade de geração de energia renovável registra seu maior aumento anual, com uma estimativa de 178 gigawatts adicionados globalmente (BEN, 2016). Só a nova capacidade de geração solar fotovoltaica foi maior que as adições de carvão, gás natural e energia nuclear.

Nos últimos anos houve um crescente foco na discussão sobre a participação das energias renováveis que de coadjuvante, passou a ser vista como fonte principal geradora. Apesar da contínua incerteza sobre os incentivos políticos e a concorrência dos preços das fontes não renováveis, o impulso da energia limpa continua a acelerar. No caso da energia eólica e solar, o crescimento supera regularmente as projeções, porém as demais fontes alternativas ainda enfrentam obstáculos, entretanto sua indústria continua avançando e as perspectivas gerais de crescimento são fortes devido às novas tecnologias e as tendências a longo prazo (EPE, 2019).

A geração de energia renovável deve ser colocada na pauta das políticas públicas em todo o mundo, as novas tecnologias para geração de energia, aquecimento, resfriamento e transporte são consideradas ferramentas essenciais para o desenvolvimento de um país, incluindo o aumento da segurança energética nacional e o crescimento econômico, gerados através da criação de empregos, desenvolvimento de novas indústrias, redução de emissões e poluição local e fornecimento de energia econômica e confiável para todos os cidadãos. O crescimento da energia limpa em todo o mundo deve ser estimulado por uma combinação de políticas públicas e avanços em tecnologias energéticas (REN21, 2018).

Novos investimentos globais em energia renovável e combustíveis incluindo projetos hidroelétricos com mais de 50 MW, US \$ 200 bilhões anuais pelo oitavo ano consecutivo. O investimento total de USD 279,8 bilhões cresceram 2% em relação a 2016, apesar de novas reduções de custos de energia eólica e solar. Incluindo investimentos em projetos hidroelétricos de mais de 50 MW, o investimento total novo em energia renovável e combustíveis foi de pelo menos US \$ 310 bilhões em 2017. O investimento em novas energias renováveis (incluindo toda a energia hidroelétrica) foi três vezes o investimento em capacidade de geração de combustível fóssil, é mais do que o dobro do investimento em combustíveis fósseis e geração de energia nuclear combinados. O investimento em energia renovável continuou a concentrar-se na energia solar, particularmente na energia solar fotovoltaica, que aumentou a sua liderança em energia eólica em 2017. O financiamento de ativos de projetos públicos, como parques eólicos e parques solares, dominou o investimento durante o ano em US\$ 216,1 bilhões. Instalações fotovoltaicas solares de pequena escala (menos de 1 MW) viu um aumento de investimento de 15%, para US \$ 49,4 bilhões (REN21, 2018)

Ainda segundo o relatório da REN21, as economias em desenvolvimento superaram os países desenvolvidos em investimentos de energia renovável pela primeira vez em 2015 e ampliaram sua liderança em 2017, respondendo por um recorde de 63% do total global, devido em grande parte à China. O investimento em países emergentes aumentou 20%, US \$ 177 bilhões, enquanto o de países desenvolvidos caiu 19%, para US \$ 103 bilhões. A China respondeu por um recorde de 45% do investimento global em energias renováveis (excluindo hidroelétricas maiores que 50 MW), acima dos 35% em 2016, seguido pela Europa (15%), Estados Unidos (14%) e Ásia-Oceania (excluindo a China e Índia, 11%). As ações menores foram vistas nas Américas (excluindo Brasil e Estados Unidos, 5%), Índia (4%), Oriente Médio e África (4%), e Brasil (2%) (REN21, 2018).

Conforme publicado no relatório, são apresentados na tabela 9, os principais indicadores de energias renováveis entre os anos de 2014 e 2015 (REN21, 2018).

Tabela 9 - Indicadores de energias renováveis

		2014	2015
INVESTIMENTOS			
Novos investimentos (anuais) em eletricidade e combustíveis renováveis ¹	bilhões de USD	273	285,9
ELETRICIDADE			
Capacidade de energia elétrica renovável (total, sem incluir hidrelétrica)	GW	665	785
Capacidade de energia elétrica renovável (total, incluindo hidrelétrica)	GW	1.701	1.849
Capacidade hidrelétrica ²	GW	1.036	1.064
Capacidade de bioenergia ³	GW	101	106
Geração de bioenergia (anual)	TWh	429	464
Capacidade de eletricidade geotérmica	GW	12,9	13,2
Capacidade solar fotovoltaica	GW	177	227
Energia solar térmica concentrada	GW	4,3	4,8
Capacidade de energia eólica	GW	370	433
CALOR
Capacidade de aquecimento solar de água ⁴	GW _{th}	409	435
TRANSPORTES
Produção de etanol (anual)	bilhões de litros	94,5	98,3
Produção de biodiesel (anual)	bilhões de litros	30,4	30,1
POLÍTICAS			
Países com metas de políticas	nº	164	173
Estados/províncias/países com políticas de feed-in	nº	110	110
Estados/províncias/países com políticas de RPS/cotas	nº	98	100
Países com licitações/concorrências públicas ⁵	nº	60	64
Países com obrigações/mandatos para aquecimento	nº	21	21
Países com mandatos para biocombustíveis ⁶	nº	64	66

Fonte: (REN21, 2018).

11.1.1 Análises no Brasil

O Brasil possui o setor hidrelétrico muito desenvolvido, fazendo com essa fonte torne-se sua principal matriz energética representando 65,2% da capacidade instalada de geração de energia elétrica (BEN, 2018), apesar de ser uma fonte renovável de energia, a geração hídrica apresenta um grande impacto sobre o meio ambiente. Porém outros setores, como o eólico, solar e solar fotovoltaico ainda possuem uma matriz não muito explorada. O Brasil é considerado um mercado muito atraente para investimentos nessas novas matrizes, e pode resultar no desenvolvimento de processos renováveis devido à sua alta demanda por energia.

Segundo o Relatório de Monitoramento do Sistema Elétrico do MME, as fontes renováveis representaram 83,7% da capacidade instalada de geração de energia elétrica brasileira em abril de 2019 (hidráulica + biomassa + eólica + solar) (MME, 2019).

Ainda segundo o relatório, a capacidade total instalada é de 165.709 megawatts, tendo a água como a principal fonte com 63,5% da energia produzida. Em segundo lugar vem a energia produzida por usinas de biomassa, que produzem energia através de combustíveis orgânicos, possuindo parques eólicos com 9,1% da energia produzida em abril de 2019, e as usinas solares com 1,7%.

Hoje as usinas hidrelétricas respondem por grande parte da geração interna de eletricidade, porém a expansão desse sistema tende a ficar cada vez mais limitado pelas distancias necessárias para encontrar novos locais para a construção de usinas, devido a pressão pelos impactos no meio ambiente, resultando no crescimento de fontes como gás natural, eólica e bioenergia (MME, 2019).

A matriz elétrica apresentada na figura 38 e publicada pelo MME, ilustra a capacidade instalada de geração de energia elétrica no Brasil em 2019:

Figura 38- Capacidade instalada de geração de energia elétrica do Brasil sem importação contratada

Fonte: (ANEEL e MME, 2019).

O Brasil tem abundantes recursos energéticos renováveis, incluindo recursos eólicos, solares e bioenergéticos, sua fração da oferta total de energia fornecida por fontes de energia renovável, embora ainda muito alta, está diminuindo devido em parte, ao aumento da produção e uso de petróleo e gás natural. A expansão da

utilização de energia renovável poderia ajudar a diversificar o fornecimento de energia, estimular novas indústrias, criar empregos e contribuir para o desenvolvimento econômico e social das regiões mais pobres do país.

Os relatórios e estudos realizados, devem possibilitar a identificação dos potenciais físicos facilitando a obtenção de novas formas de energia, pois apesar da abundância de recursos naturais, o Brasil importa parte da eletricidade e dos combustíveis que utiliza. É importante delimitar essa disponibilidade de recursos energéticos, pois com uma matriz mais diversificada e de preferência renovável, será possível orientar as estratégias de expansão da energia no país a longo prazo.

No Brasil, citando como exemplo a energia eólica, atualmente existem 15.000MW já instalados (ABEEólica, 2019), mas, vários estudos de acordo com a ANEEL, indicam que a estimativa do potencial eólico brasileiro, apresenta valores extremamente consideráveis. Até poucos anos, as estimativas eram na ordem de 20.000 MW, no entanto a maioria dos estudos atuais indicam valores maiores que 60.000 MW. Essas divergências decorrem principalmente da falta de informações (dados de superfície) e das diferentes metodologias empregadas para o levantamento das pesquisas.

Outra característica favorável para a energia eólica no Brasil, é o seu fator de capacidade que representa a proporção entre a geração efetiva da usina em um intervalo de tempo, e a capacidade total no mesmo íterim. Ainda de acordo com ABEEólica e demonstrado na figura 39, o valor médio em 2018 foi 42,2%, tendo atingido o máximo valor médio mensal em setembro com 58,6%. Esse resultado é extremamente positivo, pois demonstra a consolidação da fonte, que mesmo contemplando todos os parques eólicos instalados no país, inclusive os adquiridos pelo Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), representam um fator de capacidade média igual a 28,2%, o que mantém um valor de desempenho superior à média mundial, que se situa entre 25% (ABEEólica, 2019).

Figura 39 - Fator de capacidade médio da eólica no Brasil em 2018**FATOR DE CAPACIDADE 2018**

Fonte: (ANEEL e ABEEólica, 2019).

A energia solar, outro importante recurso energético renovável no país, vem crescendo a taxas elevadas mundialmente, tanto para aplicações térmicas quanto fotovoltaicas, crescendo entre 2010 e 2016 uma média 40% (REN21, 2017).

Conforme demonstrado na figura 40 elaborada pela Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), o Brasil instalou em 2018 a potência de 1,2 GW em energia solar fotovoltaica, a partir de dados oficiais. Hoje, são mais de 2.000 Megawatts (MW) em usinas de geração centralizada solar fotovoltaica em operação, o que representa mais de R\$ 10 bilhões em investimentos privados atraídos ao país desde 2014, viabilizando a geração de mais de 50 mil novos empregos locais qualificados pelo setor nas regiões onde os projetos foram implantados (ABSOLAR, 2019).

Figura 40 – Distribuição da Matriz Elétrica Brasileira em 2019

Fonte: (ANEEL e ABSOLAR, 2019).

Ainda de acordo com a ABSOLAR, há mais de 1.500 MW em novos projetos em fase de desenvolvimento e construção, com início de operação prevista para até 2022 (ABSOLAR, 2019).

Está clara a disparidade na participação da energia solar versus seu potencial de instalação e crescimento, o que é explicado pelos marcos regulatórios e legais do setor elétrico nacional. A fonte solar fotovoltaica não foi incluída no PROINFA, que é considerado o principal impulsionador inicial da energia eólica no Brasil, o programa incentivou apenas três fontes renováveis: Eólica, Biomassa e Pequena Centrais Hidroelétrica (PCH) (ABSOLAR, 2019).

O programa instituído pela Lei nº 10.438/2002, representa uma parcela considerável nos incentivos dados em forma de descontos de tarifas no uso dos sistemas elétricos de transmissão com a Tarifa de Uso dos Sistemas Elétricos de Transmissão (TUST) e a distribuição com a Tarifa de Utilização de Serviços de Distribuição (TUSD), (ABSOLAR, 2019).

A geração de energia por biomassa, outra importante fonte renovável, em 2018 apresentou uma potência instalada de 14.500 MW, comercializando um total de

20.488 GWh em energia no SIN entre janeiro a setembro de 2018, segundo o apontamento levantado por estudos com base em dados da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE).

De acordo com EPE, atualmente a geração a partir da biomassa é responsável por cerca de 8,6% da energia gerada e apresenta grande potencial prospectivo. Calcula-se que seu potencial de geração possa triplicar, chegando a equivalentes a 51.000 MW de potência instalada e com fator de capacidade de 85%, até 2050 (EPE, 2019).

O Brasil já possui uma posição de destaque mundial em termos de renovação de sua matriz energética com projeção do potencial de biomassa para fins energéticos, o que indica que há muito espaço para avançar neste cenário.

O desenvolvimento das cadeias energéticas baseadas na biomassa pode aumentar significativamente a oferta de energia renovável, por meio de diferentes fontes energéticas, tais como biogás, biometano e lenha. Além disso, como a maior parte do potencial reside em dois grandes grupos, sendo a indústria sucroalcooleira e a biomassa residual, o desenvolvimento deste potencial apresenta vantagens competitivas interessantes. No caso da indústria sucroalcooleira, a principal vantagem são os parques produtores e mercados já instalados, e na biomassa residual, a vantagem está no aumento da produtividade econômica, uma vez que há geração de valor a partir dos resíduos, bem como a mitigação de impactos ambientais.

O país tem a capacidade de adotar e implementar políticas e tecnologias inovadoras para geração de energia renovável, o que deve aumentar os esforços para melhoria da eficiência no uso da energia. Esses esforços envolvem um compromisso de longo prazo do governo, um conjunto abrangente de políticas para superar barreiras técnicas institucionais e de mercado, e o engajamento ativo do setor privado.

11.1.2 Geração de empregos

A quantidade de pessoas empregadas pelo setor de energias renováveis cresce a cada ano. Em 2018, cerca de 11 milhões de trabalhadores em todo o mundo mantinham empregos nessa indústria atuando em funções desde a fabricação dos produtos até a comercialização e a instalação final (IRENA, 2018).

Segundo o relatório anual de empregos divulgado pela Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA), a maioria desses trabalhadores concentra-se na

China, União Europeia, Brasil e Estados Unidos. Os números divulgados ainda revelam um crescimento constante ao longo dos últimos anos: enquanto em 2017 havia 10,3 milhões de empregos na área, em 2016 eram 9,8 milhões.

Cerca de meio milhão de empregos em todo o mundo foram criados no setor de energia renovável em 2017, elevando o número total de pessoas empregadas no setor para mais de 10 milhões pela primeira vez (IRENA, 2018). Mais de 70% dos empregos em energia limpa estão concentrados nos seguintes países: China, Brasil, EUA, Índia, Alemanha e Japão. A Pesquisa sobre Energia Renovável e Emprego da IRENA, mostrou que o setor emprega 10,3 milhões de trabalhadores, com 60% dos empregos na Ásia, conforme visualizado na figura 41.

Figura 41 - Empregos Gerados em Energia Renovável por tecnologia

Fonte: (IRENA, 2018).

Embora um número crescente de países esteja colhendo os benefícios socioeconômicos das energias renováveis, a maior parte da produção energia ocorre em um pequeno grupo de países, variando enormemente em tamanho conforme o seu desenvolvimento. Os dados da tabela 10, mostram um quadro cada vez mais regionalizado, destacando que em países onde políticas atrativas existem, os benefícios econômicos, sociais e ambientais das energias renováveis são mais

evidentes, estimando-se que esse setor possa criar até 28 milhões de empregos no até 2050.

Tabela 10 - Estimativa de empregos diretos e indiretos em energia renovável no mundo por setor

ESTIMATIVA DE EMPREGOS DIRETOS E INDIRETOS EM ENERGIA RENOVÁVEL NO MUNDO (2018-17)

	Mundo	CHINA	BRASIL	ESTADOS UNIDOS	ÍNDIA	ALEMANHA	JAPÃO	TOTAL UNIÃO EUROPEIA
solar Fotovoltaico	3 365	2 216	30	233	164	36	272	300
Bio Combustíveis	1 931	51	795*	299*	35	24	3	200
Energia Eólica	1 148	510	34	106	61	160	5	344
Solar de Aquecimento	807	670	42	13	17	8,9	0,7	34
Biomassa	780	180	107	54	43			389
Biogás	344	145	7	85	40			71
Hidrelétrica (PCH)	290	95	12	9,3	12	7,3*		74*
Geotermia	93	1,5		35		6,5	2	25
CSP	34	11		5,2		0,6		6
Total Incluindo Hidro	9 829*	3 880	893	786	432	332	283	1 268
Hidro LCH	1 534	312	184	26	299	7,3*	20	74*
Total Incluindo LCH	10 343	4 192	1 076	812	721	332*	303	1 268*

Fonte: (IRENA, 2018, adaptado).

A energia eólica no Brasil foi responsável pela geração de 130.000 postos de trabalho ao longo de sua cadeia produtiva, sendo estimada a geração de 15 postos de trabalho por MW instalado, criando empregos diretos e indiretos (ABEEólica, 2016).

A geração eólica ainda promove a melhoria de renda e de vida para proprietários de terra com arrendamento para instalações de torres para sua produção. Ainda de acordo com a ABEEólica, atualmente existem cerca de 6.500 torres em operação no Brasil, estimando que mais de 4.000 famílias recebam ao todo R\$ 10 milhões mensais pelo arrendamento de terra. Ressalta-se ainda que os pagamentos dos arrendamentos sofrem tributação e contribuem de forma significativa para o poder público, e permite que o proprietário da terra siga com plantações ou criação de animais.

A geração de emprego, pagamento de arrendamentos a proprietários de terra, e a possibilidade de coexistência de atividades de agricultura e pecuária além do

processo de produção de energia eólicas, colaboram com a fixação do trabalhador no campo.

A energia solar fotovoltaica por sua vez, passa por um momento bastante particular em sua história recente no Brasil. O crescimento exponencial demonstrado pelo setor nos últimos anos, contribuiu com geração de emprego, inovação e desenvolvimento tecnológico.

No país já existem aproximadamente 7 mil empresas que atuam com energia solar em especial nas áreas de equipamentos e serviços para a geração distribuída, conforme mapeamento recente da ABSOLAR. Estimativas demonstram que as companhias empregam atualmente 20 mil profissionais, com investimentos acumulados que ultrapassam R\$ 20 bilhões (ABSOLAR, 2018).

O pressuposto levantado pela ABSOLAR é que em 2018 as novas instalações possam produzir mais de 3.000 MW de energia, e, para cada MW, poderão ser criados de 25 a 30 postos de trabalho, o que dá um número impressionante de 75.000 a 90.000 empregos em toda a cadeia de geração da energia solar.

A figura 42, demonstra que o Brasil alcançou a segunda posição mundial em relação a geração de empregos no segmento de energias renováveis, com 893 mil postos de trabalho, 11% do total mundial (IRENA, 2017). Segundo o mesmo relatório, esses postos de trabalhos envolveram profissionais da produção, geração e distribuição de energia renovável, excluindo as grandes hidroelétricas. Foram 795 mil oportunidades nos biocombustíveis líquidos, 42 mil em aquecimento solar, 34 mil em energia eólica, 12 mil em pequenas hidroelétricas e 10 mil em energia solar fotovoltaica.

Figura 42 - Empregos gerados na área de energias renováveis em 2017

Fonte: (IRENA, 2018).

Os investimentos crescentes no setor de energia renovável têm o potencial de gerar mais empregos do que qualquer outra indústria de combustíveis fósseis. Empresas locais e indústrias renováveis se beneficiam por meio dessa mudança, não somente pelo aumento de sua renda, mas como também em questões sociais, devido a oferta de emprego, e questões ambientais por não agredir o planeta. Os benefícios da mudança para energia renovável são bem definidos e, por essa razão, os governos deveriam reagir positivamente à transição por uma energia limpa e renovável (IRENA, 2018).

11.1.3 Perspectivas futuras

As fontes e tecnologias de energia renovável têm potencial para fornecer soluções para os problemas energéticos da atualidade. As fontes renováveis, como energia eólica, solar, geotérmica, oceânica, biomassa e tecnologia de célula de combustível, podem ser usadas para atender à demanda de energia do futuro.

Atualmente, a principal fonte energética no mundo vem de combustíveis como petróleo e seus derivados (IEA, 2018). Ainda existe uma dependência no uso do carvão, petróleo e gás natural para atender as demandas energéticas, porém esses

recursos são finitos e prejudiciais ao ambiente. É de extrema importância, que estratégias sejam criadas e desenvolvidas para que esses recursos não se tornem escassos ou até mesmo inexistentes, agravando as preocupações de segurança energética e problemas como geração de resíduos que possam contaminar o meio ambiente. Nesse sentido, a ampliação do uso da energia renovável no Brasil e no mundo, deve ser considerada como uma importante estratégia, sendo previstas em todos os planejamentos energéticos e ações socioambientais mundiais.

11.2 Mercado para eficiência energética

As ações de eficiência energética no Brasil estão presentes em diferentes planos e iniciativas tanto do setor público como privado, e culminam na redução da energia necessária para atender as demandas da sociedade por serviços de energia sob a forma de luz, calor ou frio, acionamento, transportes, e uso em processos produtivos. As diversas iniciativas tem como principal objetivo, atender às necessidades da economia com menor uso de energia primária e, portanto, menor impacto à natureza (PNE 2030, 2007) .

As práticas associadas ao PNEf, compreendem modificações ou aperfeiçoamentos tecnológicos ao longo da cadeia produtiva, privilegiando todas as ações que tenham um custo inferior ao necessário para suprir a energia economizada.

No setor público, por meio do PNE 2030, o governo realiza um planejamento com o horizonte energético para 2030 que prevê o ganho com a eficiência energética para conter a elevação das projeções de demandas de energia. No caso do setor elétrico, segundo o PNEF, em 2030 além dos 5% de redução da demanda consideradas a partir do progresso autônomo, foi estabelecida uma meta de 5% adicionais através do progresso induzido, isto é, investimentos em eficiência energética que é tratada como uma opção viável tecnicamente e financeiramente para atender a demanda de energia (PNEF 2030, 2007).

Entre os importantes instrumentos desenvolvido pela ANEEL, é possível citar o Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (P&D) do Setor de Energia Elétrica e o Programa de Eficiência Energética (PEE), cujos objetivos são de promover o uso eficiente da energia elétrica em todos os setores da economia por meio de projetos que demonstrem a importância e a viabilidade econômica da melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia. Busca-se

maximizar os benefícios públicos da energia economizada e da demanda evitada, promovendo a transformação do mercado de eficiência energética através do estímulo do desenvolvimento de novas tecnologias e a criação de hábitos e práticas racionais de uso da energia elétrica.

Na prática o estabelecimento de metas, sem efeito compulsório e sem a existências de fomentos financeiros, dificultam a expansão do mercado de eficiência energética, tendo em vista a cultura imediatista da maioria das organizações.

Para garantir que os programas de economia de energia, de custos e de geração de empregos sejam apoiados no futuro, é necessário desenvolver e estabelecer boas práticas. Os investimentos em eficiência energética não só devem ajudar a reduzir custos de energia, mas também trazer benefícios ambientais, sociais a longo prazo, construindo uma economia mais robusta.

Com o uso da energia de forma mais eficiente, as empresas tornam-se mais competitivas e as famílias enfrentam menores contas de combustível (energia elétrica, gás, água etc.). No nível macroeconômico, as melhorias resultam em importações de combustíveis significando uma melhora na balança comercial (e no PIB), com redução da exposição a choques de preços e maior segurança energética (EPE, 2018).

No contexto de demanda de mão de obra em eficiência energética, profissionais de diferentes áreas e com conhecimentos multidisciplinares estão cada vez mais presentes em projetos e nas ações do setor. Nas organizações atuais, são esperadas e atribuídas múltiplas competências aos gestores de energia, cuja responsabilidade é gerenciar os insumos energéticos envolvidos nos processos produtivos e nas instalações industriais, sempre com vistas à melhoria contínua e no atendimento das metas acordados pela direção da empresa (CEBDS, 2016).

Além destes atores de nível de gestão, também é esperado dos profissionais, competências técnicas específicas para os setores de uso final de energia, como por exemplo, especialistas em sistema de climatização e refrigeração, motores e acionamento, sistemas de iluminação, fornecimento de vapor e ar comprimido. É solicitado principalmente um profissional com visão sistêmica para o processo produtivo, com a responsabilidade de integrar-se entre as áreas de utilidades e produção, identificando o melhor desempenho energético para cada processo e para cada tecnologia instalada (CEBDS, 2016).

Instituições de ensino profissional vêm ao longo do tempo oferecendo formações e capacitações específicas para atendimento desta demanda. Percebe-se

que algumas competências são muitas vezes adquiridas na vivência e experiência profissional do indivíduo, mas sem uma metodologia concreta e sedimentada, pode comprometer a garantia da segurança no alcance dos resultados esperados, como por exemplo, tempo de retorno, total de economia, total de investimento, mitigação de CO² etc.

Com o objetivo de contribuir para o sucesso dessas ações, promovendo o aumento da garantia dos projetos e resultados com viabilidades técnicas e econômicas, algumas instituições de formação de ensino profissionalizante como exemplo o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI-SP) e Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CEETEPS), oferecem aos profissionais do setor, formações de aperfeiçoamento na área de eficiência energética em projetos de iluminação, climatização, gerenciamento de energia, formação para SGE baseado na NBR ISO 50001 - Gestões de Energia, entre outros. Além da formação continuada, também há programas com a inserção de disciplinas de eficiência energética nos cursos técnicos, com intuito inicial de preparar o profissional técnico antes da entrada do mercado de trabalho.

Para atender ao público com formação no ensino superior, existem programas de pós-graduação para gestão de energia, cursos de eficiência energética voltados à indústria e a edificações, o SENAI-SP realiza dentro da sua formação de especialização, visitas técnicas internacionais, como por exemplo para a Alemanha, proporcionando ao aluno uma transferência de conhecimento única e valiosa, uma vez que realizam-se visitas em institutos de pesquisas, universidades e empresas modelos em eficiência energética (SENAI, 2019).

Algumas organizações de extrema relevância, desenvolvem um importante papel na sociedade que apoiam o PNEf, oferecendo programas de formação profissional para os níveis técnicos, superiores e de pós-graduação, entre essas estão o CEETEPS, Universidade de São Paulo (USP), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto Superior de Inovação e Tecnologia (ISITEC), Fundação Escola de Comércio Álvares Penteado (FECAP) e o SENAI. Todas estas instituições possuem um importante papel e responsabilidade em promover iniciativas para a formação e capacitação profissional, desencadeando um cenário positivo e sólido, com a garantia técnica dos profissionais atuantes nas áreas do setor energético.

11.2.1 Geração de empregos

A implantação de sistemas de eficiência energética deve ser vista como um mercado de trabalho inovador. À medida que a tecnologia avança, novas oportunidades serão encontradas para melhorar o perfil do profissional na área energética, aumentando a demanda por competências e resultando em oportunidades de negócios e empregos. Esses postos de trabalho podem ser gerados em várias áreas, como, empresas de serviços de energia incluindo assessorias e consultorias tecnológicas, fundos de investimentos, empresas de modernização e substituição de equipamentos e sistemas, vendas e distribuição de produtos energéticos, e muitos mais.

À medida que as empresas que investem em eficiência energética começam a obter resultados, sua competitividade aumenta, pois consequentemente, ela pode transferir essa economia investindo em outras áreas empresa. Além disso, a redução de custos ocasionada pela eficiência energética pode se traduzir em redução de gastos, criando desenvolvimento econômico, oportunidades e aumentando a criação de empregos (ABESCO, 2019).

No entanto, os meios pelos quais os investimentos em eficiência energética estimulam a criação de postos de empregos são complexos e muitas vezes mal compreendidos. A dificuldade para associar a criação de empregos e mantê-los relacionados com a área após a implementação das ações realizadas, podem levar a resultados conflitantes, gerando dúvidas sobre a eficácia e o valor dos programas de eficiência energética. Assim, a fim de aumentar e manter o apoio a políticas e programas de eficiência energética, é importante concretizar os argumentos e pressupostos econômicos subjacentes que impulsionam as análises preliminares. Tais esforços também podem nos ajudar a estabelecer metas adequadas e expectativas realistas para implementação de programas e medidas de criação de empregos.

No Brasil, estudos sobre os impactos da eficiência energética têm se limitado em geral à energia economizada e aos investimentos evitados, não existe ainda um estudo relevante sobre os empregos gerados através dos resultados da redução de custo em energia.

O primeiro estudo dessa natureza foi realizado pelo projeto Sistemas de Energia do Futuro no Brasil, publicado em fevereiro de 2019, podendo ser considerado

o ponto de partida conceitual, metodológico e de resultados, servindo de apoio para futuros estudos sobre o tema (MME, 2019).

A tabela 11 ilustra os empregos resultantes das atividades de eficiência energética no Brasil em 2016.

Tabela 11 - Empregos de eficiência energética no Brasil em 2016

Empregos em 2016 resultantes de atividades do Setor de eficiência energética Total Diretos Indiretos Induzidos	Total	Diretos	Indiretos	Induzidos
Empregos Totais	413.108	128.099	236.717	48.291
Empregos no setor de eficiência energética	145.469	128.099	15.122	2.248
Empregos em outros setores	267.639	-	221.596	46.043
Porcentagem	100%	31%	57,3%	11,7%

Fonte: (Projeto Sistemas de Energia do Futuro, 2019).

Segundo o relatório citado acima, pode-se afirmar que dos 145 mil empregos no setor de eficiência energética, 76% está concentrado no setor da construção civil e 17% nos demais setores (indústria, comércio e serviços). Quanto a qualificação dos profissionais da área obtém-se a seguinte divisão (MME, 2019):

- 58% - Formação de nível médio;
- 18% - Superior completa.

Os setores que empregam tecnologia de ponta, como implantação de redes de energia, comércio, eletrônicos e veículos apresentam uma pequena parcela, o que nos faz pressupor que o país tem uma carência grande de investimentos nessas áreas (MME, 2019).

O impacto dos investimentos em eficiência energética vai muito além dos benefícios ambientais e da economia de energia. Esses investimentos criam oportunidades de emprego para os trabalhadores, apoiando o sustento a suas famílias, e girando a economia regional. O argumento subjacente que estabelece o potencial de criação de emprego através da eficiência energética é estruturalmente eficaz e sólido, mas pode ser difícil de verificar concretamente.

11.2.2 Sistema de Gestão de Energia (SGE) - NBR ISO 50001

O fornecimento de energia sempre foi uma questão muito discutida e colocada em evidência por diversos fatores. A segurança energética, garantia do fornecimento de energia, variações de preços, impactos ambientais, mudanças climáticas,

dependência internacional, fontes alternativas, todos esses aspectos são avaliados e envolvem o planejamento energético em organizações públicas ou privadas.

A importância na administração destes recursos energéticos é de extrema importância, seja em aspectos sustentáveis ou financeiros, pois determinam estratégias que envolvem a geração de energia até o seu consumo final, e estabelecem a sobrevivência e a competitividade das organizações (ISO 50.001, 2011).

Ações direcionadas para a gestão da energia podem melhorar o desempenho energético das empresas, permitindo o correto monitoramento e controle de seus insumos como eletricidade, gás, água etc.), reduzindo o consumo e custos de produção e melhorando da rentabilidade institucional.

As principais vantagens da implementação são:

- a) Redução de custos com energia;
- b) Redução/diminuição de gases poluentes para a atmosfera;
- c) Permite maior confiança por parte de potenciais clientes e parceiros e, incorpora uma conscientização sobre energia;
- d) Permite a integração com outros sistemas de gestão organizacionais, tais como outras normas de certificação (ambiental, saúde e segurança);
- e) Permite medir e monitorizar o uso de energia para identificar onde a eficiência pode ser melhorada;
- f) Pode ser implementada de forma independente;
- g) Cria transparência e facilita a comunicação sobre a gestão dos recursos energéticos.
- h) Promove as melhores práticas de gestão de energia e reforça os bons comportamentos;
- i) Priorizar a implementação de novas tecnologias de eficiência energética;
- j) Fornece uma estrutura para promover a eficiência energética ao longo da cadeia de abastecimento.

Por meio de uma gestão eficiente, a organização pode adotar um sistema que implante medidas que proporcionem a eficiência energética das suas instalações e processos, como padrão de metodologia em SGE foi criada e publicada em 2011 por meio norma ISO 50001 (ISO 50.001, 2011).

A Norma ISO 50001 - Gestão de Energia, tem o objetivo de padronizar em nível global o SGE das organizações, isto quer dizer, em diferentes fontes de usos e consumos de energia, incorporando práticas que proporcionam a melhoria contínua do desempenho energético.

O principal objetivo desta padronização é obter o comprometimento das organizações com metas relacionadas ao seu desempenho energético, direcionando os benefícios e reflexos diretamente na competitividade e na imagem da empresa, pois a relação da economia de energia está intimamente ligada a redução das taxas de emissão de CO₂, reconhecido amplamente pelo mercado como uma ação sustentável e consciente (ISO 50.001, 2011).

11.2.3 Principais requisitos da norma ISO 50001

Para a certificação na ISO 50001 o método de implementação baseia-se no ciclo do PDCA (Plan, Do, Check, Act), traduzido para o português: planejar, fazer, verificar e agir, e da melhoria contínua, além disto, a empresa deve:

- a) Desenvolver uma política para o uso mais eficiente da energia;
- b) Fixar metas e objetivos para atender a essa política;
- c) Criar e usar os dados internos para melhor compreender e tomar decisões sobre o uso de energia;
- d) Medir e controlar os resultados;
- e) Rever a política energética sempre que necessário;
- f) Melhorar continuamente a gestão da energia.

De acordo com a tabela 12, a organização International Organization for Standardization (ISO), em um levantamento de 2011 a 2017, relata que o número de empresas certificadas no mundo com a ISO 50001 – Gestão de Energia, é de 22.870, sendo que este número no Brasil ainda é tímido, alcançando 49 organizações com a certificação (ISO 50.001, 2018).

Tabela 12 - Número de organizações certificadas no Sistemas de Gestão de Energia SGE - ISO 50001

ISO 50001 - Sistemas de Gerenciamento de Energia - Requisitos com Orientação para Uso							
Ano	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
TOTAL	459	2236	4826	6765	11985	20216	22870
África	0	13	36	18	40	58	61
América do Sul e Central	11	10	34	63	92	81	132
América do Norte	1	9	34	77	77	73	127
Europa	364	1.919	3.993	5.526	10.152	17.102	19.024
Leste da Ásia e Pacífico	49	191	478	693	1.035	2.086	2.516
Centro e Sul da Ásia	26	76	189	299	459	663	716
Meio Oeste	8	18	62	89	130	153	294
ISO 50001 – América Central e Do Sul							
Ano	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
País	11	10	34	63	92	81	132
Argentina		2	6	8	11	10	18
Brasil	2	5	15	23	33	22	49
Chile		3	10	19	24	17	26
Colômbia			1	6	3	13	15
Costa Rica					1	4	5
Cuba						1	
República Dominicana			1	1	1	0	
Equador				1	3	3	3
El Salvador						1	1
Granada	9		0		4	0	4
Guatemala			1	1	1	1	
Peru				1	3	2	3
Trinidade e Tobago					1	0	
Uruguai				2	6	7	8
Venezuela				1	1	0	

Fonte: (ISO 50001, 2018).

Para implantação da norma, é importante realizar uma avaliação das condições organizacionais, o ritmo de sua atividade produtiva, para se ter uma definição de escopo e alinhamento dos objetivos para a certificação (ISO 50.001, 2011).

A melhoria do desempenho energético de uma organização pode representar benefícios importantes por meio da economia no uso dos recursos energéticos e outras providências vinculadas à redução do consumo e aumento da eficiência.

No Brasil o setor industrial é o que mais procura a certificação no sistema de Gestão de Energia, isto acontece porque essas empresas necessitam de muita energia para os processos de fabricação o que aumenta o custo de produção.

Para fomentar a adoção do SGE da ISO 50001, foi lançado um projeto extremamente relevante em 2015, que permitiu a implantação e certificações da

norma em várias empresas, prioritariamente indústrias, cujo consumo de energia representava aproximadamente 33% do país (BEN, 2015).

O projeto contou com o patrocínio do Instituto Cooperativismo e Associativismo (ICA) e do Instituto Brasileiro do Cobre (Procobre), com a implantação do SENAI-SP juntamente com a Eletrobrás. As empresas foram escolhidas por meio de um processo de seleção e atendimento de pré-requisitos, e foram contempladas recebendo todo o suporte necessária para a implantação e certificação da norma ISO 50001.

Entre as empresas participantes no processo de certificação, é possível citar: Bemis, Coca-Cola FEMSA, Baxter, L'oreal, Ficosa, Plastifluor, Thyssenkrupp, Termomecânica, Cecil e o Hospital Albert Einstein (Procobre, 2019).

Alguns cases desse projeto serão apresentados a seguir. Os resultados gerais alcançados pelas empresas após o processo de certificação demonstram uma expressiva economia de energia, resultando também em ganhos financeiros e ambientais.

11.3 Case de Gestão de Energia empresa Coca-Cola

A Coca Cola FEMSA foi participante do programa de implantação do SGE, baseado na norma ISO 50001, promovido pela ICA, Procobre e Eletrobrás, e em parceria com a Escola SENAI Jorge Mahfuz em 2016.

O Grupo Coca Cola FEMSA obteve a certificação ISO 50001 em 2017, e para a organização as questões estiveram diretamente relacionadas a energia e aos impactos das mudanças climáticas, significando vantagem competitiva nos negócios. Visando obter sinergia no SGE e otimização nas operações estratégicas voltadas para a obtenção de resultados consistentes em qualidade, meio ambiente, saúde e segurança ocupacional e desempenho energético, a planta da Coca-Cola FEMSA no município de Mogi das Cruzes agregou valores à sua operação com a certificação nas normas ISO 22000, ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 e ISO 50001 (Procobre, 2018).

De acordo com a organização, por meio de seu planejamento energético as ações de melhoria desempenhadas resultaram nas seguintes iniciativas:

- a) Substituição pressão positiva (produção);
- b) Substituição das luminárias de baixa eficiência por LED (250 lâmpadas, que representam 60% da necessidade real);

- c) Troca de isolamentos térmicos das máquinas (empacotadoras e caldeira);
- d) Substituição de telha de aço por telhas translúcidas;
- e) Automatização no desligamento das empacotadoras em horários de refeição.

Os resultados destas ações e implantações culminaram nos seguintes dados abaixo:

Tabela 13 - Resultados consolidados empresa Coca-Cola

Empresa	Coca – Cola FEMSA
Indústria	Bebidas
Unidade (s) certificada (s)	Mogi das Cruzes - SP
Principais fontes de energia	Energia elétrica e gás GLP
Principais motivos da implantação	Redução do consumo sustentável de energia e redução nas emissões de GEE (Gases Efeito Estufa)
Período de melhoria de desempenho energético	2017 - 2018
Melhoria do período energético (%) no período	+ 8,6 %

Fonte: (Coca Cola/Procobre, 2018).

Com a implementação do SGE, a Coca Cola FEMSA promoveu iniciativas voltadas ao uso e consumo eficiente de energia que, conseqüentemente, refletiram na redução do consumo de energia (kWh/mês) e na redução com custos de energia (R\$/mês). As iniciativas estão a cargo de uma equipe multidisciplinar de colaboradores das áreas de manutenção, meio ambiente, produção, sistema de gestão integrado e melhoria contínua. Os principais projetos de melhoria de desempenho contemplaram (Coca Cola, 2018):

- a) Aquecimento: Substituição das resistências utilizadas no processo de embalagem (Empacotadoras).

Resultados: redução no consumo de energia elétrica em 33%.

- b) Força Motriz: substituição de motores de baixo rendimento e/ou rebobinados por motores de alto rendimento.

Resultados: redução no consumo de energia elétrica entre 3% e 6% por motor.

- c) Iluminação: substituição de lâmpadas do tipo HO, Vapor de Sódio e mista por LED.

Resultados: redução de demanda e consumo de energia elétrica em 200%.

- d) Processo: otimização no processo operacional por meio de implantação de controle operacional sobre as variáveis relevantes.

Resultados: redução no consumo de energia elétrica de 662 kwh/dia.

- e) Conscientização: promoção e difusão de boas práticas sobre uso racional da energia.

Resultados: elevação do nível de conscientização dos colaboradores sobre desenvolvimento sustentável e principalmente sobre a eliminação do desperdício de energia.

11.4 Case de Gestão de Energia empresa Baxter

A Baxter foi a primeira empresa farmacêutica no Brasil a obter a certificação NBR ISO 50001 em 2016. A certificação foi alcançada em tempo recorde e o processo de implantação durou apenas 4 meses (Procobre, 2018).

Com implementação do SGE, a organização conseguiu minimizar o impacto de sua pegada ambiental devido à redução no uso total de energia da planta. Essa abordagem considera não apenas a análise de impactos dos principais usuários de energia, mas o diagnóstico completo de uso de energia de produção (Baxter, 2018).

De acordo com a dados publicados pela empresa, considerando o ano de 2011 como linha de base, a Baxter melhorou seu desempenho energético e ambiental:

- a) 100% de fontes de energia provêm de fontes renováveis;
- b) Diminuição do consumo de água em 24% de receita indexada;
- c) Reciclagem de 82% dos resíduos gerados pelas operações;
- d) Diminuição do consumo de energia em 30,3% da receita indexada;
- e) Redução de 31% das emissões de gases de efeito estufa com transporte de produtos;

Os resultados destas ações e implantações associados aos custos evitados são demonstrados na tabela 14.

Tabela 14 - Resultados consolidados empresa Baxter

Empresa	Indústria Manufatura
Produto/Service	Diálise peritoneal e soluções intravenosas
Localização	São Paulo, Brasil
Sistema de Gestão da Energia ISO 50001	ISO 50001
Período de melhoria de desempenho Energético	5
Melhoria do desempenho energético (%) no período	30,3%
Economia total de custos de energia em relação ao período de melhoria	US\$ 2.459,32
Custos com implantação SGE	US\$ 1.182,000
Payback no período de implantação SGE (anos)	0.48 anos (5.8 meses)
Economia total de energia durante o período de melhoria	120.383 GJ
Redução total de emissão de CO ₂ -e em relação ao período de melhoria	1.194,103 Toneladas equivalentes

Fonte: (Baxter/Procobre, 2018).

11.5 Case de Gestão de Energia empresa BEMIS

Com o intuito de melhorar o desempenho energético envolvendo seus sistemas e processos, a BEMIS, maior empresa de embalagens flexíveis das Américas e maior indústria de materiais sensíveis à pressão, implementou em 2017 o SGE, baseado na norma ISO 50001, promovido pela ICA, Procobre, Eletrobrás e SENAI-SP (Procobre, 2018).

A Bemis trabalha com iniciativas ambientais e sustentáveis desde 2012 e, pensando em incentivar ainda mais os programas de energia e sustentabilidade, estabeleceu em seu plano de metas para 2020 reduzir a pegada ambiental por meio de maior eficiência e conservação de recursos reduzindo (BEMIS, 2018).

- a) 10% do consumo de energia (kWh/kg);
- b) 20% do consumo de solvente (%);
- c) Descarte de efluente industrial em 0;
- d) Aterro a 0.

A síntese dos resultados destas ações e implantações associados aos custos evitados são demonstrados na tabela 15.

Tabela 15 - Resultados Consolidados Empresa BEMIS

Empresa	Bemis do Brasil Indústria e Comércio de Embalagens Ltda.
Indústria	Embalagens Flexíveis
Unidade (s) certificada (s)	Mauá – São Paulo
Principais fontes de energia	Energia elétrica, gás natural e GLP
Principais motivos da implantação	Permitir que a organização institua os sistemas e processos necessários para melhorar o desempenho energético, incluindo a eficiência energética, uso e consumo.
Período de melhoria de desempenho energético	5 anos
Melhoria do período energético (%) no período	6%
Economia total de custos de energia em relação ao período de melhoria	R\$ 395.136,00
Custos com implantação SGE	R\$ 500.000,00 (2016/2017)
Payback no período de implantação SGE (anos)	1,3
Economia total de energia durante o período de melhoria	1152 MWh/ano
Redução total de emissão de CO ₂ -e em relação ao período de melhoria	94 Ton CO ₂ e/ano

Fonte: (Bemis/Procobre, 2018).

12 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este trabalho buscou oferecer uma visão atual e geral do mercado de energia no Brasil, especialmente para o setor de energias renováveis e de eficiência energética, quantificando e qualificando seus potenciais técnicos e econômicos.

Em visão cronológica no estudo, observa-se diferentes características e particularidades existentes entre a matriz energética e matriz elétrica mundial no Brasil. Percebe-se que a civilização e a economia global atual baseiam-se na produção de energia por meio da queima de combustível e de recursos não renováveis, o que aumentam as preocupações relacionadas com a segurança energética, as emissões de gases de efeito estufa, a escassez de energia e água, e as condições socioambientais que envolvem o processo de transformação de energia.

No Brasil diferentemente da maioria dos outros países, nota-se a predominante participação das energias renováveis, sendo 43% na matriz energética. Na matriz elétrica nacional, sua participação atual é 83,7%, porém, ainda não são explorados todos os seus potenciais, processo que permitiria uma transição para um modelo de produção de energia tecnicamente e economicamente sustentável.

Para a projeção do aumento da demanda, deve-se contemplar o uso de fontes de recursos renováveis, mas, aliado a ganhos de eficiência energética, conforme definido pelo PNEF com uma meta de 10% do consumo em 2030. O CME de R\$193,00 /MW é menor do que a produção de algumas fontes de geração, o que pode gerar um aumento de competitividade, redução das emissões de gases de efeito estufa, geração de empregos e desenvolvimento tecnológico para o país.

No âmbito da geração de energia elétrica, nota-se que a energia eólica e a biomassa já são consideradas grandes fontes de geração renovável e com abrangente participação na matriz, sendo que juntas somam 15% desta participação. Para as instalações de energia eólica, a ABEEólica divulga o custo aproximado de R\$ 5.000.000,00 por MW, fator de capacidade de 42% e a criação de 25 a 30 postos de trabalho/MW instalados.

Despontando como uma promissora fonte renovável, a energia solar vem apresentando um expressivo crescimento, atualmente com 1% de participação na matriz elétrica, mas com um enorme potencial de expansão devido aos índices de irradiação solar existente em nosso país. Este cenário poderia ser estimulado com a nacionalização e desenvolvimento de tecnologias, aliadas com a oferta de linhas de

financiamento para o fomento de novas instalações. Atualmente, para a energia solar fotovoltaica observa-se o custo de instalação de R\$ 4.500.000,00 por MW, fator de capacidade menor que 20%, e são criados de 25 a 30 postos de trabalho/MW instalados.

No que tange a eficiência energética, de acordo com a síntese dos resultados apresentados pelas empresas estudadas, identifica-se um potencial médio de economia de energia de 20%, o que resulta no aumento da competitividade das organizações, reduções dos gases de efeito estufa e também atualização tecnológica, pois a modernização dos equipamentos e sistemas resultam em ganhos adicionais dando ênfase a produtividade.

Frente à preocupação com a segurança energética e à garantia do atendimento considerando o aumento da demanda de energia, destaca-se uma síntese de informações relevantes, constantes em relatórios nacionais e internacionais, que traçam um panorama atual e as projeções futuras sobre o setor energético, envolvendo questões relevantes como os aspectos sociais, ambientais e econômicos que permeiam o tema. Como um dos fatos positivos, é apontado a geração de empregos na área de energia renováveis no mundo, sendo 10.3 milhões de empregos em 2017, estimando que no Brasil aproxima-se a 900 mil empregos gerados por ano.

São notórias as adesões e ações que envolvem a temática, as principais nações mundiais têm se conscientizado da importância do modelo sustentável de energia, priorizando fontes limpas e renováveis, bem como as tecnologias eficientes de consumo. Nota-se, porém, que por questões econômicas e de forma contraditória, as nações subdesenvolvidas e em desenvolvimento, não fazem uso da mesma estratégia e diretriz política, fator este que tem limitado o sucesso de grandes acordos internacionais para o desenvolvimento energético e do clima no planeta.

13 CONCLUSÃO

Nesta etapa final do trabalho, espera-se sintetizar os resultados e conclusões encontrados durante o estudo, de modo que outros pesquisadores possam dar sequência ao assunto abordado, dando ainda mais relevância e profundidade ao tema, uma vez que não é possível relatar e abordar todos os contextos que envolvem a área de energia em um único estudo e por uma única pessoa.

De forma geral, observa-se uma grande priorização de ações públicas e privadas voltadas ao aumento na geração de energia, tendo como foco principal a garantia do abastecimento energético futuro, porém, poucas ações no país são voltadas para melhoria do desempenho energético, em especial a implantação de ações de eficiência energética com o potencial estratégico na redução de consumo e dos impactos ambientais.

Como forma de prospectar oportunidades, foram apresentadas premissas mundiais e nacionais sobre o mercado de eficiência energética, demonstrando a existência de oportunidades de melhoria no desempenho energético estão associadas ao aumento da competitividade das organizações, redução dos custos com energia, geração de empregos e ganhos socioambientais.

A análise mostrou aspectos positivos relacionados a nossa matriz, como por exemplo o ganho de escala das fontes de energias renováveis, atualmente acima dos 43% de participação na matriz energética brasileira. Cabe ressaltar ainda, os números de empregos associados a este crescimento, que no Brasil chegam a 900 mil postos de trabalho e no mundo ultrapassam os 10 milhões, para a área de eficiência energética é evidenciada a existência de 145 mil empregos no Brasil, uma tendência positiva e que ainda contribui com a recuperação econômica do país.

Para o atendimento da demanda na formação profissional, destaca-se o importante e positivo papel das instituições públicas e privadas de ensino, com ações diversificadas em diferentes níveis, evidencia-se importantes programas voltados a formação da mão de obra para estes novos profissionais.

Outro aspecto positivo do estudo apresentado, por meio de cases, foram mostrados de forma sintetizada os ganhos econômicos e financeiros alcançados pelas organizações, que estabeleceram como premissa melhorar o seu desempenho energético implantando o Sistema de Gestão de Energia da ISO 50.001. Baseada em metodologias aplicadas para redução do uso e consumo significativo de energia, foi

observado um potencial médio e conservador de 20% de economia de energia nas organizações estudadas.

Cabe ressaltar, que os ganhos alcançados pelas organizações, foram baseados em métodos de diagnósticos energéticos e de gerenciamento de energia. Os dois métodos apresentam diferentes níveis de investimentos, o primeiro apresenta oportunidades técnicas de redução no uso e no consumo dos insumos energéticos, já as ações de gerenciamento possuem como base a redução dos custos de energia.

Conclui-se que o baixo investimento do segmento industrial no Brasil foi um dos principais fatores que determinam a baixa eficiência energética do setor, inibindo também a maior expansão das fontes de geração renováveis no país.

Vale destacar que os um dos objetivos deste trabalho foi apresentar as oportunidades técnicas e financeiras para implantação das ações voltadas para eficiência energética e energias renováveis, de posse dos resultados apresentados, conclui-se que o aumento da eficiência energética e a utilização de fontes renováveis, podem ser responsáveis pela redução do consumo e dos custos com energia, beneficiando vários setores da economia entre eles as indústrias, comércios e toda a sociedade.

Por meio dos benefícios financeiros, ambientais e sociais é observado o aumento na competitividade das organizações, alinhado a políticas públicas internacionais relacionadas ao meio ambiente e principalmente geração de emprego e renda para a sociedade.

A título de sugestão para trabalhos futuros, poderiam ser adicionadas a este, questões específicas sobre potenciais ganhos energéticos com a implantação de automação nos sistemas de distribuição e fornecimento de energia, a implementação de medidores e redes inteligentes (SMARTGRID), a disseminação das soluções em *IoT*, os desafios da eletro mobilidade, adoção dos conceitos em *Green Building* e do *BIM* e a eficiência energética associada a indústria 4.0.

14 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). Biomassa. Brasília: ANEEL, [20--]. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/05-Biomassa\(2\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/05-Biomassa(2).pdf) Acesso em 10 jul. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Energia eólica 6**. Brasília: ANEEL, [2000?]. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica(3).pdf) Acesso em: 12 jul. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica**. Brasília, ANEEL, [2000?]. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/programa-de-p-d> Acesso em: 12 jul. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ESTATÍSTICA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOBUSTÍVEIS (Brasil). **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis: 2018**. Rio de Janeiro: ANP, 2018. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/images/central-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/2018/anuario-2018-versao-impressao.pdf> Acesso em: 5 mai. 2019.

AMARANTE, O. A. C. do *et al.* **Atlas do potencial eólico brasileiro**. Brasília: CRESESB, 2001. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf Acesso em 6 jul. 2019.

AMBIENTES de negócio: quanto custa a energia elétrica para a pequena e média indústria no Brasil. **Publicações Sistema FIRJAN: Pesquisas e Estudos Socioeconômicos**. Rio de Janeiro, jul., 2016. Disponível em: <file:///D:/My%20Works/Downloads/sistema-firjan-quanto-custa-energia-eletrica-industria-2016.pdf> Acesso em: 12 jul. 2019

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA. **Otimizando o consumo de energia**. São Paulo: ABESCO, [2000?]. Disponível em <http://www.abesco.com.br/pt/otimizando-o-consumo-de-energia/> Acesso em: 16 jul. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA. **O que é Eficiência Energética?** São Paulo: ABESCO, [2000?]. Disponível em: <http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/> Acesso em 16 jul. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA (Brasil). **Boletim anual de energia eólica**: 2017. São Paulo: ABEEólica, [2017]. Disponível em: <http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2018/04/Boletim-Anual-de-Geracao-2017.pdf> Acesso em 27 mai. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA (Brasil). **Infográfico absolar**. São Paulo, 2019. Disponível em: <http://www.absolar.org.br/infografico-absolar-.html> Acesso em: 12 jul. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ISO 50001 – Sistema de gestão de energia**: requisitos com orientação para uso. São Paulo: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO MUNDIAL NUCLEAR E GUARDIAN. *In*: Images.ig. **Energia nuclear para fins civis**: reatores nucleares no mundo. [S.l.]. Disponível em: <http://images.ig.com.br/infografico/reatoresnucleares/> Acesso em: 10 jul. 2019.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO. (Brasil). **Em 12 anos, BNDES financia mais de R\$ 97 bilhões em energia renovável**. Brasília, 2017. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/noticias/meio-ambiente/2015/11/em-12-anos-bndes-financia-mais-de-r-97-bilhoes-em-energia-renovavel> Acesso em: 25 mai. 2019.

BELLONI, M.; CONTI, T. das N. The need for changes in electric distribution network for the use of the mini and micro on grid generators. **Journal Scientific Israel-Technological Advantages**. Migdal HaEmeq (Israel), 2017, v.19, n. 2, p. 52-58. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/324273119_THE_NEED_FOR_CHANGES_IN_ELECTRIC_DISTRIBUTION_NETWORK_FOR_THE_USE_OF_THE_MINI_AND_MICRO_ON_GRID_GENERATORS?channel=doi&linkId=5ac83f7a4585151e80a55cf6&showFulltext=true Acesso em: 15 dez. 2019.

BEMIS. **Implantação de sistemas de gestão de energia**: estudo de caso: indústria de embalagens. São Paulo: Cooper Alliance, [2018]. Disponível em: <https://www.procobre.org/pt/wp-content/uploads/sites/4/2018/08/mot-folder-bemis-digital-maio18.pdf> Acesso em: 12 jul. 2019.

BERG, Weston *et al.* **The 2018 State Energy Efficiency Scorecard**. Washington, DC: ACEEE, 2018. Disponível em: <https://aceee.org/sites/default/files/publications/researchreports/u1808.pdf> Acesso em: 12 jul. 2019.

BRASIL. Ministério de Minas Energia. **Capacidade Instalada de Geração Elétrica: Brasil e Mundo 2016**. Brasília: MME, 2017. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/09+-+Capacidade+Instalada+de+Gera%C3%A7%C3%A3o+El%C3%A9trica+-+ano+ref.+2016+%28PDF%29/ef977c63-24e2-459f-9e5b-dd2c67358633;jsessionid=E771C31AC8C293339D02919A5D95A2C6.srv155> Acesso em 1 jun. 2019.

BRASIL. Ministério de Minas Energia. **Plano Nacional de Eficiência Energética: premissas e diretrizes básicas**. Brasília, [2010]. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1432134/Plano+Nacional+Efici%C3%Aancia+Energ%C3%A9tica+%28PDF%29/74cc9843-cda5-4427-b623-b8d094ebf863?version=1.1> Acesso em: 25 mai. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Acordo de Paris**. Paris, 2015. Disponível em: https://www.mma.gov.br/images/arquivos/clima/convencao/indc/Acordo_Paris.pdf Acesso em: 16 jul. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Protocolo de Quioto**. Brasília, 2019. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/protocolo-de-quioto.html> Acesso em: 25 mai. 2019.

CASTRO-ALVAREZ, Fernando *et al.* **The 2018 International Energy Efficiency Scorecard**. Washington, DC: ACEEE, 2018. Disponível em: <https://aceee.org/sites/default/files/publications/researchreports/i1801.pdf> Acesso em: 20 mai. 2019.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIAS SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE S. BRITO **Radiação solar**. Rio de Janeiro: CEPEL, 2008. Disponível em: Acesso em: 1 jun. 2019.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (Brasil). **Consumo eficiente de energia elétrica: uma agenda para o Brasil**. Rio de Janeiro: CEBDS, 2016. Disponível em: <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00392.pdf> Acesso em 12 jul. 2019.

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT. **A transição energética alemã: a “Energiewende” ou a transformação do abastecimento energético alemão**. Bonn: Eschborn: GIZ, 2019. Disponível em: <http://www.energiewende-global.com/pt/startseite-onepager.html?topic=energieeffizienz> Acesso em: 25 mai. 2019.

ELETROBRAS (Brasil). **Áreas de atuação:** Programa luz para todos. Rio de Janeiro: Eletrobras, [s.d.]. Disponível em: <https://eletrobras.com/pt/Paginas/Luz-para-Todos.aspx#comites> Acesso em: 10 jun. 2019.

ELETROBRAS (Brasil). **Potencial Hidrelétrico por Estado:** Dezembro 2018. Rio de Janeiro, Eletrobras, 2018. Disponível em: <https://eletrobras.com/pt/AreasdeAtuacao/geracao/sipot/Potencial%20Hidrel%C3%A9trico%20Brasileiro%20por%20Estado%20-%20Dezembro%202018.pdf> Acesso em: 1 jun. 2019.

ELETROBRAS. ELETRONUCLEAR (Brasil). **Angra: 1.** Rio de Janeiro, [2000?]. Disponível em: <http://www.eletronuclear.gov.br/Nossas-Atividades/Paginas/Angra-1.aspx> Acesso em: 10 jul. 2019.

ELETROBRAS. ELETRONUCLEAR (Brasil). **Angra: 2.** Rio de Janeiro, [2000?]. Disponível em: <http://www.eletronuclear.gov.br/Nossas-Atividades/Paginas/Angra-2.aspx> Acesso em: 10 jul. 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Balanço Energético Nacional 2017:** Relatório final/ ano base 2016. Brasília: EPE, 2017. Disponível em: http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-46/topico-82/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf Acesso em: 5 mai. 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Balanço Energético Nacional 2018:** Relatório síntese/ ano base 2017. Brasília: EPE, 2018. Disponível em: <http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-397/Relat%C3%B3rio%20S%C3%ADntese%202018-ab%202017vff.pdf> Acesso em: 25 mai. 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Cenários de demanda para o PNE 2050.** Brasília: EPE, 2018. (Relatório Parcial 2). Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-202/Cen%C3%A1rios%20de%20Demanda.pdf> Acesso em: 12 jul. 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Matriz energética e elétrica.** Brasília, 2018. Disponível em: <http://epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica> Acesso em: 25 mai. 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Nota técnica DEA 10/14:** Consumo de energia no Brasil: Análises setoriais. Rio de Janeiro: EPE, 2014. Disponível em: [http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-251/topico-311/DEA%2010-14%20Consumo%20de%20Energia%20no%20Brasil\[1\].pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-251/topico-311/DEA%2010-14%20Consumo%20de%20Energia%20no%20Brasil[1].pdf) Acesso em: 16 jul. 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Nota técnica DEA 13/15:** Demanda de energia 2050. Brasília: EPE, 2016. (Série Estudos da demanda de energia). Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-458/DEA%2013-15%20Demanda%20de%20Energia%202050.pdf> Acesso em: 12 jul. 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Nota técnica PR 07/18:** premissas e custos da oferta de energia elétrica: no horizonte 2050. Rio de Janeiro: EPE, 2018. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-456/NT%20PR%20007-2018%20Premissas%20e%20Custos%20Oferta%20de%20Energia%20EI%C3%A9trica.pdf> Acesso em 20 jul. 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Participação de empreendimentos eólicos nos leilões de energia no Brasil:** evolução dos projetos cadastrados e suas características técnicas. Rio de Janeiro: EPE, 2018. Disponível em: http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-251/topico-394/NT_EPE-DEE-NT-041_2018-r0.pdf Acesso em: 20 jul. 2019

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Plano decenal de expansão de energia 2027.** Rio de Janeiro: MME/EPE, 2019. Disponível em: http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE%202027_aprovado_OFICIAL.pdf Acesso em 16 jul. 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Premissas e custos da oferta de energia elétrica:** no horizonte 2050. Brasília: EPE, 2018. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-456/NT%20PR%20007-2018%20Premissas%20e%20Custos%20Oferta%20de%20Energia%20EI%C3%A9trica.pdf> Acesso em 10 jul. 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil); TOLMASQUIM, Mauricio T. (coord.) **Energia termelétrica**: gás natural, biomassa, carvão, nuclear. Brasília: EPE, 2016. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-173/Energia%20Termel%C3%A9trica%20-%20Online%2013maio2016.pdf> Acesso em: 6 jul. 2019.

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. **Global wind report: 2018**. abr. 2019. Bruxelas (Bélgica): GWEC, 2019. Disponível em: <https://gwec.net/wp-content/uploads/2019/04/GWEC-Global-Wind-Report-2018.pdf> Acesso em: 1 jul. 2019.

HIRATA, Taís. Para sobreviver, petroleiras investem em fontes renováveis: Grandes companhias apostam cada vez mais nas matrizes solar e a eólica. **Folha de São Paulo**. São Paulo: Folha de S.P, 2019. (Seminário Folha. Combustíveis) Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/seminariosfolha/2019/04/para-sobreviver-petroleiras-investem-em-fontes-renovaveis.shtml> Acesso em: 25 mai. 2019.

INFOGRÁFICO termelétrico Petrobras. **Pictorama**. Rio de Janeiro: Pictorama, [2013]. Disponível em: <https://www.pictorama.com.br/portfolio/infografico-termeletrica-petrobras-3/> Acesso em 10 jul. 2019.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENRGY AGENCY **Policies of IEA Countries: Germany 2007 Review**. Alemanha: IEA, 2007 184 p. Disponível em https://www.oecd-ilibrary.org/energy/energy-policies-of-iea-countries-germany-2007_9789264030411-en Acesso em: 16 jul. 2019.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENRGY AGENCY. **Renewable energy and jobs: annual review 2018**. Abu Dhabi (EAU): IRENA, 2018. Disponível em: https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/May/IRENA_RE_Jobs_Annual_Review_2018.pdf Acesso em: 12 jul. 2019.

INVESTIMENTOS EM PD&I. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (Brasil). Pesquisa, desenvolvimento e inovação: **Investimentos em PD&I**. Rio de Janeiro: ANP, [s.d.]. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/pesquisa-desenvolvimento-e-inovacao/investimentos-em-p-d-i> Acesso em 1 jun. 2019.

ITAIPU BINACIONAL. A história da maior hidroelétrica do mundo. **Itaipu Nacional**. Paraná, [s.d.]. Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br/nossahistoria> Acesso em: 1 jun. 2019.

ITAIPU BINACIONAL. Geração. **Itaipu Binacional**. Paraná, [2019]. Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br/energia/geracao> Acesso em: 1 jun. 2019.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (Brasil). **Boletim mensal de monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro**, abr. 2019. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/1138781/1435504/Boletim+de+Monitoramento+do+Sistema+El%C3%A9trico+-+Abril+-+2019.pdf/6580c62c-e6a6-4a7c-8169-1f06936f86f2> Acesso em: 12 jul. 2019.

NUCLEAR fuel. **Nuclear Energy Institute**, Washington, DC, [201-]. Disponível em: <https://www.nei.org/fundamentals/nuclear-fuel> Acesso em: 10 jul. 2019.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (Brasil). **Boletim mensal de geração eólica**, dez. 2018. Disponível em: http://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/Boletim_Eolica_dez_2018.pdf Acesso em: 12 jul. 2019.

PARRO, Davi Pavis; CABRAL, Eduardo Lobo Lustosa; CONTI, Thadeu das Neves. Estudo de um aquecedor solar para um ciclo de geração de potência. **Revista Internacional de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 8, n.2, p. 254-267, jul-dez 2018. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/ric/article/view/32974/26997> Acesso em: 20 de jul 2019.

PEREIRA, Enio Bueno *et al.* **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2.ed. São José dos Campos: INPE, 2017. Disponível em: [file:///C:/Users/sn1035225/Downloads/DocGo.Net-Atlas Brasileiro Energia Solar 2a Edicao.pdf.pdf](file:///C:/Users/sn1035225/Downloads/DocGo.Net-Atlas%20Brasileiro%20Energia%20Solar%202a%20Edicao.pdf) Acesso em: 10 jun. 2019.

PORTAL ENERGIA: energias renováveis. **Curso energia solar**. Guarda (Portugal): Portal Energia, [20--]. 1 foto, color. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/category/noticias/cursos-energias-renovaveis/> Acesso em: 10 jun. 2019.

PROCOBRE. Instituto Brasileiro do Cobre. **Baxter - Implantação de sistema de gestão da energia**: estudo de caso: indústria farmacêutica. São Paulo: Procobre, 2018. Disponível em: <https://www.procobre.org/pt/wp-content/uploads/sites/4/2018/03/folder-baxter-digital.pdf> Acesso em: 14 jul. 2019.

PROCOBRE. Instituto Brasileiro do Cobre. **Coca-Cola - Implantação de sistema de gestão de energia**: estudo de caso: indústria de bebidas não alcoólicas. São Paulo: Procobre, 2018. Disponível em: <https://www.procobre.org/pt/wp-content/uploads/sites/4/2019/03/case-coca-cola.pdf> Acesso em: 14 jul. 2019.

PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (Brasil). **Procedimento do Programa de Eficiência Energética – PROPEE**. Brasília: ANEEL, 2013. Disponível em: <http://www.light.com.br/Repositorio/Eficiencia-Energetica/PROPEE%202013.pdf> Acesso em: 12 jul. 2019.

PROGRAMA NACIONAL DA RACIONALIZAÇÃO DO USO DOS DERIVADOS DO PETRÓLEO E DO GÁS NATURAL (Brasil). **Programa Brasileiro de Etiquetagem**. [Brasília], [2000?]. Disponível em: http://www.conpet.gov.br/portal/conpet/pt_br/conteudo-gerais/programa-brasileiro-de-etiquetagem-1.shtml Acesso em: 12 jul. 2019.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Eletrobras - PROCEL Edifica**. [Brasília], [2013]. Disponível em: <http://www.pbcedifica.com.br/node/24> Acesso em: 12 jul. 2019.

REDE DE POLÍTICAS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS PARA O SÉCULO 21. **Energias renováveis 2016**: relatório da situação mundial. Paris: UNEP, [2017]. Disponível em: https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/REN21_GSR2016_KeyFindings_port_02.pdf Acesso em: 6 jul. 2019.

REDE DE POLÍTICAS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS PARA O SÉCULO 21. **Renováveis 2012**: relatório da situação global. Paris: UNEP, [2013]. Disponível em: https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2012_Key-Findings_Portuguese.pdf Acesso em: 25 mai. 2019.

REIMBERG, Adriana *et al.* **Potencial de empregos gerados na área de Eficiência Energética no Brasil de 2018 a 2030**. Brasília: IEI Brasil: ABRINSTAL, 2019. Disponível em: http://www.abrinstal.org.br/docs/empregos_mme.pdf Acesso em: 12 jul. 2019.

REIS, Pedro. Avanços da energia heliotérmica no Brasil. **Portal Energia**. Guarda (Portugal): Portal Energia, [20--]. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/avancos-da-energia-heliotermica-no-brasil/> Acesso em: 1 jun. 2019.

REIS, Pedro. Energia eólica. **Portal Energia**. Guarda (Portugal): Portal Energia, [20--]. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/energia-eolica/> Acesso em: 6 jul. 2019.

REIS, Pedro. Energia geotérmica e o calor da terra. **Portal Energia**. Guarda (Portugal): Portal Energia, [20--]. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/energia-geotermica-calor-da-terra/> Acesso em: 6 jul. 2019.

RENEWABLE energy country attractiveness index. **Building a better working word**. ed. 53. [Reino Unido]: YE, [2019] Disponível em: <https://www.ey.com/uk/en/industries/power---utilities> Acesso em: 20 mai. 2019.

ROADMAP Tecnológico para produção, uso limpo e eficiente do carvão mineral nacional: 2012 A 2035. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2012. (Série Documentos Técnicos, 14) Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Carv%C3%A3o_Mineral_montado_23.01.2013_8376.pdf/fff3baf5-c776-4524-b5c9-74c08fdc803c?version=1.1 Acesso em: 10 jul. 2019.

SANTOS, Edson Pereira; CONTI, Thadeu das Neves. Mercado profissional para a área de energia e eficiência energética no Brasil. **Revista Internacional de Ciências**. Rio de Janeiro, 2017, v.7, n.2, p. 142-158. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/ric/article/viewFile/28138/23259> Acesso em: 20 jul. 2019.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Instalação de sistemas de microgeração solar fotovoltaica**. Elaboração Edson Pereira dos Santos. São Paulo: SENAI, 2019. 211 p.

SUPERINTENDÊNCIA DE REGULAÇÃO DOS SERVIÇOS DE DISTRIBUIÇÃO. **Programa de incentivo as fontes alternativas**. Brasília: ANEEL, 2017. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/proinfa> Acesso em: 12 jul. 2019.

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Diretoria de Pesquisa, Desenvolvimento e Ensino
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cidade Universitária CEP: 05508-000
Fone/Fax(0XX11) 3133-8908
SÃO PAULO – São Paulo – Brasil
<http://www.ipen.br>

O IPEN é uma Autarquia vinculada à Secretaria de Desenvolvimento, associada à Universidade de São Paulo e gerida técnica e administrativamente pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, órgão do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações.