



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL  
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTAO AMBIENTAL**

**WEDJA MARIA BARBOSA GOMES**

**POTENCIALIDADES E DESAFIOS DAS ENERGIAS RENOVAVÉIS PARA O  
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: UMA ANÁLISE DO PROGRAMA DE  
CERTIFICAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO BRASIL**

**Recife, 2018**

**WEDJA MARIA BARBOSA GOMES**

**POTENCIALIDADES E DESAFIOS DAS ENERGIAS RENOVAVÉIS PARA O  
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: UMA ANÁLISE DO PROGRAMA DE  
CERTIFICAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO BRASIL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.

Prof. Dr. José Antônio Aleixo da Silva  
Orientador

**Recife, 2018**

G633 Gomes, Wedja Maria Barbosa.  
Potencialidades e desafios das energias renováveis para o desenvolvimento sustentável: uma análise do programa de certificação de energia renovável no Brasil. / Wedja Maria Barbosa Gomes. – Recife, PE: O autor, 2018.  
126 f.: il., color. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. José Antonio Aleixo da Silva.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE, Campus Recife, Coordenação de Pós-Graduação - Mestrado Profissional em Gestão Ambiental, 2018.

Inclui referências e apêndices.

1. Certificado de Energia Renovável (REC). 2. Matriz Elétrica. 3. Desenvolvimento Sustentável. 4. Desafio. 5. Potencialidade I. Silva, José Antonio Aleixo da (Orientador). II. Título.

333.79 CDD (22 Ed.)

**WEDJA MARIA BARBOSA GOMES**

**POTENCIALIDADES E DESAFIOS DAS ENERGIAS RENOVAVÉIS PARA O  
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: UMA ANÁLISE DO PROGRAMA DE  
CERTIFICAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO BRASIL**

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco como parte integrante dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental.

Data da aprovação: 21/09/2018

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. José Antônio Aleixo da Silva  
Orientador - IFPE

---

Prof. Dr. Hernande Pereira da Silva  
Examinador Interno - MPGA

---

Prof. Dra. Daniele de Castro Pessoa de Melo  
Examinador Externo – ITEP/OS

## APRESENTAÇÃO

Bacharel em Administração de empresas pela Faculdade Pernambucana (2009) e Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (2011). Participei e desenvolvi projetos voltados para gestão ambiental, tendo atuado em alguns grupos envolvidos nas temáticas de gestão de resíduos, conservação de recursos naturais e educação ambiental. Pós-graduada em Gestão da Qualidade e Gestão Ambiental na Universidade Maurício de Nassau (2014). Trabalhei com projetos voltados para certificação de sistemas de gestão da qualidade - ISO 9001. Discente do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco com início em 2016. Responsável atualmente pela Assessoria da qualidade da Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP/OS, atuando desde 2012 com Sistemas de Gestão de Qualidade (SGQ) da instituição, na manutenção da certificação ABNT NBR ISO 9001:2015, acreditação ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017, credenciamento do MAPA e habilitação REBLAS/ ANVISA, desenvolvendo ações de capacitação, acompanhamento e suporte das unidades, para a disseminação dos conceitos e práticas relativos aos sistemas de gestão implantados.

Dedico este trabalho a todos que estiveram ao meu lado durante minha trajetória, cada um, da sua forma e intensidade, contribuíram para o que sou hoje.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por toda força e perseverança plantada em meu coração. Agradeço ainda por Ele ter colocado tantas pessoas boas no meu caminho, fazendo com que minha jornada tivesse sido mais leve.

Agradeço aos meus pais, (Izaque José Gomes e Girandy Maria Barbosa Gomes), pelo amor incondicional e por todo o esforço que sempre desprenderam para me fazerem a mulher que sou hoje.

Agradeço ao professor José Antônio Aleixo da Silva, pela paciência, pela orientação e colaboração para esta dissertação. E a professora e co-orientadora, Marília Regina Costa Castro Lyra.

Agradeço aos amigos maravilhosos que tive a honra e o prazer de conviver durante este período no IFPE. Não vou listar nomes, mas espero que todos saibam que fizeram esses anos serem inesquecíveis e muito mais leves para mim.

As minhas irmãs, Geisiane Gomes e Joseane Gomes, muito obrigada por fazerem parte da minha vida, por serem meus amores e minhas companheiras de todas as horas.

Agradeço ao Programa de Mestrado Profissional em Gestão Ambiental (MPGA) do IFPE, pelo cuidado com cada um dos alunos. Agradeço, ainda, à Professora e Coordenadora do MPGA, Renata Caminha, pelo desejo de fazer o melhor por nós, alunos. Agradeço, também, aos professores que fazem o MPGA, que nos ajudaram nesta caminhada, com seus conhecimentos, conselhos e experiências.

Por fim, agradeço às pessoas com quem entrei em contato para realizar a pesquisa desta dissertação e que tiveram a boa vontade de dedicar um pouco do seu tempo, por telefone ou por e-mail, para responder as minhas perguntas, tornando possível a realização deste trabalho. Em especial a equipe do Instituto Totum e da ABEEólica. A contribuição de todos foi fundamental!

**“Só há um tempo em que é fundamental despertar. E esse tempo é agora”.**

**Buda**



## RESUMO

Diante da necessidade de diversificação da matriz elétrica foi criado o Programa REC Brazil, Programa brasileiro de certificação de energia renovável, que garante que cada Certificado de Energia Renovável (REC) adquirido, equivale a 1 MWh de energia gerada e injetada no sistema elétrico nacional a partir de fontes renováveis (hídrica, eólica, solar e biomassa). Considerando a necessidade de uso das fontes renováveis de energia para diversificação da matriz elétrica, este trabalho teve como objetivo avaliar em que medida o Programa está promovendo desenvolvimento sustentável, a partir da análise de seu contexto atual. Para realização deste estudo, foi realizada uma pesquisa de natureza qualitativa e caráter exploratório buscando maior familiaridade com o problema e torná-lo mais explícito. Foi realizada análise bibliográfica e documental, e aplicado questionários com os envolvidos na criação e gerenciamento do Programa no País. O método de abordagem utilizado para a aplicação dos questionários foi de pesquisa qualitativa, com análise de registros do Programa, com dados dos empreendimentos geradores e compradores de RECs disponíveis em endereços eletrônicos. A análise desse material teve o propósito de mapear o processo e identificar seus desafios e potencialidades, para propor meios ao seu incentivo. Foi observado em seu funcionamento, que o mesmo é promissor e agrega um valor considerável à diversificação da matriz elétrica do País, com destaque para as fontes hídrica e eólica que possuem um maior número de empreendimentos e certificados emitidos. Concluiu-se que o Programa REC Brazil se apresenta como importante ferramenta para promoção de aumento da competitividade das fontes renováveis, e busca o alinhamento com práticas de estratégias para o desenvolvimento sustentável. Contudo, esta ferramenta, ainda não é acessível em termos de conhecimento ao alcance de todo público-alvo disponível. Sugere-se como estratégia para a gestão de mudanças no contexto do Programa REC Brazil, maior adequação ao cenário nacional e aprimoramento das relações entre os participantes; implantação de estratégias que tornem o Programa mais atuante e próximo do público-alvo; parcerias e integração com outras políticas de incentivo a diversificação da matriz energética brasileira; ampliação da modelagem dos processos de toda cadeia do Programa; e aplicação de estratégias de divulgação como instrumento de conhecimento e acesso, direcionados aos diferentes tipos de consumidores de energia elétrica.

**Palavras-chave:** Certificado de Energia Renovável (REC); Matriz elétrica; Desenvolvimento Sustentável; Desafio; Potencialidade.

## ABSTRACT

In view of the need to diversify the electricity matrix, the REC Brazil program, the Brazilian Renewable Energy Certification Program, was created to guarantee that each purchased Renewable Energy Certificate (REC) is equivalent to 1 MWh of energy generated and injected into the national electricity system from renewable sources (hydro, wind, solar and biomass). Considering the need to use renewable energy sources to diversify the electric matrix, this work aimed to evaluate the extent to which the Program is promoting sustainable development, based on the analysis of its current context. For the accomplishment of this study, a research of qualitative nature and exploratory character was carried out seeking greater familiarity with the problem and to make it more explicit. A bibliographic and documentary analysis was carried out, and questionnaires were applied to those involved in the creation and management of the Program in the Country. The method used for the application of the questionnaires was qualitative research, with analysis of the Program's records, with data on generating and RECs buyers available at electronic addresses. The analysis of this material had the purpose of mapping the process and identifying its challenges and potentialities, to propose means to its incentive. It was observed in its operation that the same is promising and adds considerable value to the diversification of the country's electric matrix, with emphasis on water and wind sources that have a greater number of projects and certificates issued. It was concluded that the REC Brazil Program presents itself as an important tool to promote the increase of the competitiveness of renewable sources, and seeks the alignment with practices of strategies for sustainable development. However, this tool is not yet accessible in terms of knowledge available to all available target audiences. It is suggested as a strategy for the management of changes in the context of the Program REC Brazil, greater adaptation to the national scenario and improvement of the relations between the participants; implementation of strategies that make the Program more active and close to the target audience; partnerships and integration with other policies to encourage the diversification of the Brazilian energy matrix; expansion of process modeling throughout the program chain; and application of strategies of dissemination as an instrument of knowledge and access, directed to different types of consumers of electric energy.

**Keywords:** Renewable Energy Certificate (REC); Electrical matrix; Sustainable development; Challenge; Potentiality.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Incentivos ao uso de energia renovável.....	18
Figura 2 -	Mapa de geração total de eletricidade no mundo (TWh) em 2017.....	22
Figura 3 -	Capacidade instalada mundial de energia renovável, por tecnologia até 2017.....	23
Figura 4 -	Evolução da Oferta Interna de Energia (OIE) no Brasil até 2017.....	25
Figura 5 -	Matriz energética brasileira em 2015 e 2016.....	27
Figura 6 -	Matriz elétrica brasileira em 2015 e 2016.....	28
Figura 7 -	Consumo total de eletricidade (TWh) até 2050.....	30
Figura 8 -	Emissões totais em Mt CO <sub>2</sub> no Brasil em 2016.....	37
Figura 9 -	Emissões de CO <sub>2</sub> por setor em 2015 e 2016.....	38
Figura 10 -	Evolução anual do PIB brasileiro até 2016.....	39
Figura 11 -	Capacidade hídrica global em 2016.....	41
Figura 12 -	Potencial hidrelétrico brasileiro.....	43
Figura 13 -	Capacidade global de energia eólica e adições anuais.....	45
Figura 14 -	Mapa do Potencial Eólico Brasileiro.....	46
Figura 15 -	Evolução da capacidade instalada no Brasil em 2016 (MW).....	48
Figura 16 -	Gráfico de evolução da geração eólica em GWh no Brasil, até 2016.....	47
Figura 17 -	Geração da fonte eólica em 2016.....	48
Figura 18 -	Capacidade global solar e adições anuais no Brasil.....	50
Figura 19 -	Mapa da irradiação solar do Brasil.....	52
Figura 20 -	Potencial de geração de energia elétrica a partir da biomassa.....	56
Figura 21 -	Participação da Biomassa no consumo final total de energia.....	60
Figura 22 -	Sistema de compensação de energia elétrica.....	66
Figura 23 -	Linha do tempo para Programa REC Brazil.....	70
Figura 24 -	Mapa político do Brasil, oficialmente República Federativa do Brasil.....	73
Figura 25 -	Empreendimentos geradores de RECs no Brasil, por estado e por fonte de energia.....	84
Figura 26 -	Capacidade elétrica (MW) de empreendimentos geradores de RECs no Brasil por estado e fonte.....	86
Figura 27 -	Capacidade elétrica de empreendimentos geradores de RECs por fontes e número de empreendimentos.....	88
Figura 28 -	Empreendimentos geradores de RECs com selo REC Brazil por fonte....	90
Figura 29 -	Evolução anual de empreendimentos brasileiros certificados no I-REC...	93
Figura 30 -	Evolução do número de RECs transacionados no Brasil.....	95
Figura 31 -	Ciclo REC Brazil para o desenvolvimento sustentável.....	98

Figura 32 -	Fatores decisivos para implantação do Programa REC Brazil.....	101
Figura 33 -	Nível de dificuldade enfrentada para implantação do Programa REC Brazil.....	102
Figura 34 -	Mapeamento “AS IS” do Programa REC Brazil, 2018.....	110

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Oferta Interna de Energia (OIE) no Brasil em 2015 e 2016 por tep e %...	27
Tabela 2	Composição setorial do consumo de eletricidade no Brasil (%).....	30
Tabela 3	Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE) no Brasil em 2015 e 2016.....	32
Tabela 4	Situação dos empreendimentos de geração de energia no Brasil.....	33
Tabela 5	Oferta Interna de Energia (OIE) no Brasil e no mundo (% e tep).....	34
Tabela 6	Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE) no Brasil e no mundo (%).....	35
Tabela 7	Gases de efeito estufa e valor correspondente para o GWP.....	37
Tabela 8	Geração eólica por estado brasileiro (GWh) em 2016.....	48
Tabela 9	Produção de biodiesel, por Estado (mil m <sup>3</sup> ), em 2015 e 2016.....	61
Tabela 10	PROINFA: Usinas e potências contratadas por região.....	65
Tabela 11	Empreendimentos que entraram em operação nos anos de 2015 e 2016...	66
Tabela 12	Agentes envolvidos na emissão de RECs no Brasil.....	78
Tabela 13	Países com empreendimentos registrados na plataforma I-REC services.	84
Tabela 14	Empreendimentos geradores de RECs por estado, fonte e capacidade elétrica.....	88
Tabela 15	Agentes do setor elétrico no Brasil – ANEEL 2018.....	97

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Comparação de certificações I-REC e REC Brazil.....	73
Quadro 2	Comparativo entre as fontes renováveis .....	74
Quadro 3	Documentos que regem o I-REC.....	82
Quadro 4	Taxas de adesão à certificação sem critérios de sustentabilidade.....	109
Quadro 5	Taxas de adesão à certificação com critérios de sustentabilidade.....	110
Quadro 6	Potencialidades do Programa REC Brazil .....	116
Quadro 7	Desafios do Programa REC Brazil.....	116

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABEE	Associação Brasileira de Energia Eólica
ABRACEEL	Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia
ABRAGEL	Associação Brasileira de Geração de Energia Limpa
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
APP	Área de Preservação Permanente
BEN	Balanco Energético Nacional
BPMN	Business Process Model and Notation
CBEE	Centro Brasileiro de Energia Eólica
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CCVE	Contratos de Compra e Venda de Energia
CELPE	Companhia Elétrica de Pernambuco
CH <sub>4</sub>	Metano
CO <sub>2</sub>	Gás Carbônico
Tep	Tonelada equivalente de petróleo
DIE	Departamento de Informações e Estudos Energéticos
EFV	Energia Fotovoltaica
EIA	Energy International Administration
EPE	Empresa de Pesquisas Energéticas
ES	Energia Solar
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FRE	Fontes Renováveis de Energia
GD	Geração Distribuída
GHG	Green House Gases
GO	Garantias de Origem
GSR	Global Status Report
GW	Gigawatt
GWh	Gigawatt-hora
GWP	Potencial de Aquecimento Global
IBA	Instituto Brasileiro de Árvores
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	Agência Internacional de Energia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
I-REC	Internacional REC Standard
IRENA	Agência Internacional de Energia Renovável
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
LEED	Liderança em Energia e Design Ambiental
MAPA	Ministério de Agricultura, Agropecuária e Abastecimento
MCTIC	Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovação e Cultura
MDIC	Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MME	Ministério de Minas e Energia
MW	Megawatt
N <sub>2</sub> O	Óxido Nitroso
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OIE	Oferta Interna de Energia
OIEE	Oferta Interna de Energia Elétrica
OMG	Object Management Group
ONG	Organização Não Governamental

PCH	Pequenas Centrais Hidrelétricas
PIB	Produto Interno Bruto
PROEólica	Programa Emergencial de Energia Eólica
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas
REC	Certificados de energia renovável
RL	Reserva Legal
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
SIN	Sistema Interligado Nacional
TWh	Terawatt-hora

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	17
1.1	OBJETIVOS .....	20
1.1.1	<b>Objetivo geral</b> .....	20
1.1.2	<b>Objetivos específicos</b> .....	20
2	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	21
2.1	CENÁRIO ENERGÉTICO MUNDIAL E BRASILEIRO.....	21
2.1.1	<b>Cenário energético mundial</b> .....	22
2.1.2	<b>Análise da matriz energética brasileira</b> .....	25
2.1.3	<b>Análise da matriz elétrica brasileira</b> .....	29
2.1.4	<b>Comparação entre os panoramas energéticos no Brasil e no mundo</b> .....	33
2.1.5	<b>Comparação entre os panoramas elétricos no Brasil e no mundo</b> .....	34
2.1.6	<b>Emissões de gás carbônico (CO<sub>2</sub>)</b> .....	35
2.2	PRINCIPAIS FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL.....	40
2.2.1	<b>Energia hídrica</b> .....	41
2.2.2	<b>Energia eólica</b> .....	45
2.2.3	<b>Energia solar</b> .....	51
2.2.4	<b>Biomassa</b> .....	56
2.3	PRINCIPAIS INCENTIVOS AO USO DE ENERGIAS RENOVAVEIS NO BRASIL.....	63
2.3.1	<b>Programa de Incentivo ao uso de Fontes Alternativas – PROINFA</b> .....	63
2.3.2	<b>Geração distribuída</b> .....	66
2.3.3	<b>Certificados e selos de energia renovável</b> .....	70
2.3.4	<b>Programa REC Brazil</b> .....	71
3	<b>METODOLOGIA</b> .....	75
3.1	CARACTERIZAÇÃO DE ÁREA DE ESTUDO.....	75
3.2	FONTES E ANÁLISES DE DADOS.....	76
3.3	METODOLOGIA APLICADA PARA MODELAGEM DO PROGRAMA DE CERTIFICAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO BRASIL.....	79
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	80
4.1	APRESENTAÇÃO DO MODELO E FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA REC BRAZIL.....	80



4.1.1	<b>Objetivo do Programa.....</b>	80
4.1.2	<b>Participantes do Programa REC Brazil.....</b>	80
4.1.3	<b>Documentos regulamentadores.....</b>	82
4.1.4	<b>Cenário atual do Programa REC Brazil.....</b>	83
4.1.4.1	Distribuição de RECs por estado e por fonte de energia.....	85
4.1.4.2	Empreendimentos certificados.....	87
4.1.4.3	Participação do Selo REC Brazil.....	90
4.1.4.4	Evolução do Programa REC Brazil.....	92
4.1.4.5	Aquisição de RECs por consumidores finais.....	94
4.2	<b>DESCRIÇÃO DA EXPERIÊNCIA DOS ENVOLVIDOS NO GERENCIAMENTO DO PROGRAMA DE CERTIFICADOS DE ENERGIA RENOVÁVEL NO BRASIL.....</b>	99
4.3	<b>ELABORAÇÃO DE PROPOSTA DE APLICAÇÃO DOS RESULTADOS ANALISADOS, COM MODELAGEM DO PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL.....</b>	106
4.3.1	<b>Modelagem de processo do Programa REC Brazil.....</b>	106
4.3.2	<b>Descrição de processo do Programa REC Brazil.....</b>	108
4.4	<b>IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS POTENCIALIDADES E DESAFIOS DO USO DE SELO E CERTIFICADO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO BRASIL.....</b>	113
5	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	116
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	120
	<b>APÊNDICE A – Modelo de questionário aplicado ao grupo 01.....</b>	127

## 1 INTRODUÇÃO

O impacto da crise ambiental vem aumentando cada vez mais e atingindo países nos mais diversos lugares do globo. Países desenvolvidos e subdesenvolvidos enfrentam problemas causados devido ao aumento das emissões de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) na atmosfera, entre esses, o desequilíbrio do efeito estufa, resultando no aumento do aquecimento global, as mudanças climáticas, inundações, desertificação, crises energéticas, entre outros. Desde os primórdios, o uso dos recursos naturais de forma desenfreada demonstrou que não seria possível se manter um equilíbrio ambiental, social e econômico se mudanças nesse comportamento não fossem realizadas. Observa-se hoje, as consequências desse comportamento, no qual o consumo desenfreado sem as preocupações com a sustentabilidade dos recursos disponíveis, nos faz refletir até que ponto o meio ambiente poderá se manter (PACHECO, 2006).

Apesar de haver declarações sobre o desenvolvimento sustentável a mais de três séculos atrás, o termo “sustentabilidade” apenas começou a ser utilizado a partir da década de 80, quando a primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, chefiando a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, em 1987, publicou o documento “Nosso futuro comum” ou “Relatório Brundtland” no qual surge o termo desenvolvimento sustentável com o seguinte conceito: “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de que as gerações futuras atendam às suas necessidades” (UNITED NATIONS, 1987).

O desenvolvimento sustentável é um conceito que surgiu em Freiburg na Alemanha, em 1713, quando o geólogo Hans Carl Von Carlowitz preocupado com o desmatamento das florestas, que ocorria para abastecimento da mineração pela qual ele era responsável, declarou: "Portanto, a maior arte, ciência e diligência deste país será descobrir como a madeira pode ser conservada e cultivada de forma contínua, consistente e sustentável, algo que é indispensável sem o qual o país não pode permanecer" (CARLOWITZ, 1713).

É sobre este conceito de grande destaque recentemente, que giram as iniciativas para uma mudança do cenário da crise ambiental. Desenvolver-se de forma sustentável é garantir que o tripé da sustentabilidade (ambiental, social e econômico) seja levado em consideração diante de cada atitude tomada pelo homem que vive em sociedade, porém, o fato de ainda se viver em uma sociedade de consumo e descarte, torna difícil a sistematização do desenvolvimento sustentável. Mas isto, não significa dizer que o mesmo não seja factível de se tornar realidade, já que a sua necessidade é cada vez mais necessária, pois os impactos

ambientais têm causado danos irreversíveis ou reversíveis apenas em longo prazo. Considera-se que existem diversas variáveis relacionadas ao futuro do meio ambiente, entre elas: a geração de gases de efeito estufa, a criação e utilização de tecnologias que auxiliem na redução de emissão desses gases, o crescimento econômico e populacional, entre outras. O cenário de alta competitividade enfrentado em diversos nichos e segmentos de mercado torna cada vez mais importante a pesquisa de novas ferramentas para que possam ser oportunamente utilizadas na gestão pela sustentabilidade (PEREIRA; SILVA; e CARBONARI, 2011).

O panorama atual, sobre crescimento da demanda por energia elétrica, associado à preocupação com os impactos ambientais e sociais, tem trazido uma maior busca por novas fontes energéticas. Devido ao aumento da consciência ambiental, ao avanço tecnológico, ao encarecimento das fontes tradicionais de energia pela sua escassez, ao aumento da população e a diversos outros fatores, as fontes renováveis, com destaque para solar e eólica, atuam como uma das principais soluções para a questão energética, aumentando gradativamente e ampliando seu espaço na matriz brasileira. E o Brasil está em condição favorável em relação aos demais países pela disponibilidade destes recursos. Na figura 1, apresentam-se alguns dos fatores de maior impacto no incentivo ao uso de energias renováveis (GOLDEMBERG e LUCON, 2007).

Figura 1 – Incentivos ao uso de energia renovável



Fonte: A autora, 2018.

A solução para a redução dos impactos negativos sobre o meio ambiente deve ser baseada em incentivos, por meio de políticas públicas ambientais que eliminem ou minimizem os entraves para sua ampliação e favoreçam o uso de uma energia renovável em zonas rurais e urbanas, que seja competitiva e vantajosa do ponto de vista social, ambiental e econômico (BARBIERI, 2011).

Com este trabalho busca-se a partir da análise de informações disponíveis, entender esforços aplicados nos últimos anos ao uso de energias renováveis no Brasil, com foco no Programa de certificados e selos de energia renovável já implementados. Neste contexto, será verificado como a adoção de selos e certificados de energias renováveis subsidia o aumento da competitividade dessas fontes, buscando o alinhamento com as práticas de estratégias para o desenvolvimento sustentável.

Em consoante com a linha de pesquisa escolhida “Tecnologias e Inovações Ambientais”, o trabalho foi realizado com foco na busca por mudanças socioambientais que promovam o desenvolvimento sustentável, utilizando das fontes de recursos disponíveis para solucionar problemas existentes e trazer ganhos econômicos e ambientais para todos os envolvidos. O fato de o Brasil possuir condições naturais favoráveis, associado ao cenário atual de crise ambiental e sócioeconômica, reforça que o uso das fontes alternativas para obtenção de energia deve ser ainda mais explorado.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Avaliar como o Programa Brasileiro de Certificação de Energia Renovável subsidia o aumento da competitividade das fontes renováveis de energia no Brasil, buscando o alinhamento com práticas de estratégias para o desenvolvimento sustentável.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Analisar modelo e funcionamento do Programa Brasileiro de Certificação de Energia Renovável – REC Brazil;
- Descrever a experiência dos envolvidos no gerenciamento do Programa de certificados de energia renovável (Renewable Energy Certificates - REC) no Brasil;
- Elaborar proposta de aplicação dos resultados analisados, com a modelagem do processo de certificação de energias renováveis, para difusão do Programa e incentivo ao uso das fontes alternativas de energia;
- Identificar principais potencialidades e desafios do uso de selos e certificados de energia renovável no Brasil.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 CENÁRIO ENERGÉTICO MUNDIAL E BRASILEIRO

Marcoccia (2007) define matriz energética como todo conjunto de recursos energéticos disponíveis e utilizados para fornecimento da energia necessária à realização dos processos produtivos de um determinado local. Esses recursos podem ser primários e secundários. Os primários são aqueles em que as suas fontes não passam por processos de transformação, sendo providos pela natureza na sua forma direta, como por exemplo: resíduos vegetais e animais, água, sol, vento, madeira, gás natural, urânio e carvão mineral. Os secundários, formam-se a partir de uma matéria-prima que sofre alguma transformação, por exemplo, a eletricidade, as refinarias que transformam o petróleo em gasolina, óleo diesel e outros derivados, entre outros. Estes produtos energéticos têm como destino os diversos setores de consumo e eventualmente outro centro de transformação.

Existem dois tipos de fontes de energia, as não renováveis e as renováveis. As não renováveis são aquelas que não possuem a capacidade de renovação, tendo em vista que estão presentes na natureza de forma limitada. Por exemplo, o gás natural, o petróleo, o carvão mineral e os combustíveis nucleares como o urânio. Seu uso de forma descontrolada pode acarretar em consequências sócio econômicas e ambientais irreversíveis. As fontes renováveis são aquelas com capacidade de se renovar. Estão disponíveis na natureza de forma ilimitada e são obtidas por meio de recursos naturais e repostas na natureza de forma que o consumo, em geral, não seja maior que a produção. Os principais exemplos são: hidráulica, eólica, solar, biomassa e geotérmica (LAVADO, 2009).

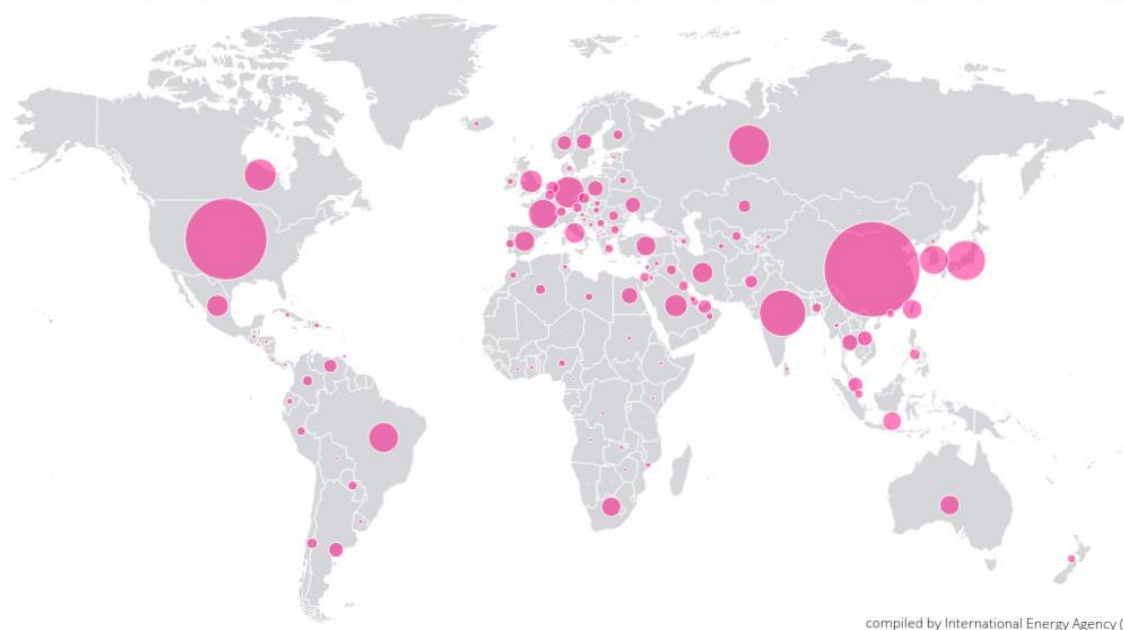
Além da matriz energética, outro indicador de potencialidade econômica, bastante utilizado, é a matriz elétrica. Essa difere da energética por abranger apenas o uso das fontes de energia para geração de eletricidade, enquanto a energética considera todas as destinações, como por exemplo, a utilização nos setores de transportes e industrial. A matriz energética apresenta-se em relatórios de balanços energético nacional e internacional, como Oferta Interna de Energia (OIE), e a matriz elétrica, como Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE), sendo um subproduto da matriz energética. Na OIE está representada toda a energia necessária para fazer a economia de um país ou região se movimentar, num determinado período de tempo, incluindo a soma do consumo final de energia nos setores econômicos e residenciais, as perdas no transporte, distribuição e armazenagem, e as perdas nos processos de transformação de energia, além do consumo próprio do setor energético (MME, 2017).

### 2.1.1 Cenário energético mundial

A sustentabilidade, relacionada ao uso de fontes de energias renováveis, permeia a produção, o consumo e o desperdício. Compreende, primeiramente, o tema do consumo a partir da conscientização, com o objetivo de que os consumidores consigam mudar certos costumes. Ainda se verifica na sociedade muita negligência decorrente de ações individuais. Por comodismo ou ignorância, muitos negam que seu modo de vida, está extremamente relacionado com os impactos ambientais. Atitudes inteligentes com o meio ambiente caracterizam o consumo consciente e todos precisam preservar as fontes de energia, colaborando com a sustentabilidade mundial. Apesar de saberem de todas as necessidades de conservação dos recursos naturais, acabam rejeitando as informações que possam trazer mudanças e desconforto ao seu bem-estar, sem se envolverem com as causas que buscam eliminar ou reduzir os danos ao meio ambiente (SOUZA, 2010).

De acordo com informações da Agência Internacional de Energia, organização sediada em Paris, responsável por analisar questões energéticas, tais como oferta e demanda de petróleo, gás e carvão, energia renovável, tecnologias, mercados de eletricidade, eficiência energética, entre outros, nos resultados de produção total de energia elétrica mundial, China e Estados Unidos dominam com 24% e 18% respectivamente, seguidos pela Índia, Rússia, Japão, Canadá, Alemanha, Brasil, França e Coreia. Estes 10 países representam mais de dois terços da produção global de energia elétrica do mundo. Esta energia é derivada predominantemente de combustíveis fósseis, seguidos por usinas hidrelétricas 16%, usinas nucleares 10,6%, biocombustíveis e resíduos 2,2%. Fontes geotérmicas, solares, eólicas e outras, representam 4,9%, com rápido aumento nos últimos anos. A figura 2 apresenta a geração total de eletricidade em terawatt-hora (TWh) no mundo, indicando quais são os países com as maiores concentrações no ano de 2016.

Figura 2 – Mapa de geração total de eletricidade no mundo (TWh) em 2016



Fonte: International Energy Agency – IEA, 2018.

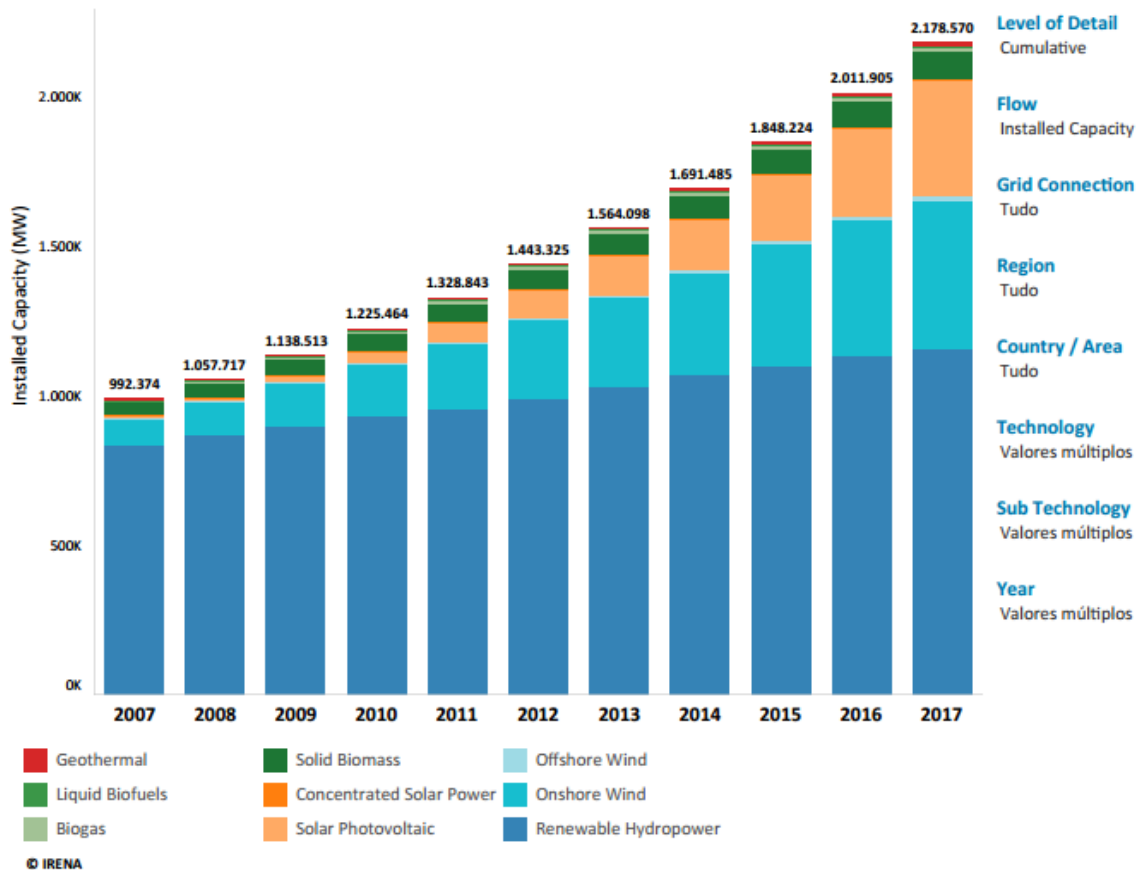
Impulsionado pela inovação, aumento da concorrência e apoio político, nos últimos anos, em um número cada vez maior de países, as tecnologias de energia renovável alcançam avanços tecnológicos maciços e reduções de custo consideráveis. A capacidade instalada global e a produção cresceram exponencialmente. Consequentemente, sua implantação chega a ultrapassar a de qualquer outra fonte de energia. Muitos países já compreendem a energia renovável como uma tecnologia madura, acessível e opção limpa para suas estratégias de desenvolvimento. Como os custos diminuíram, o investimento aumentou. O aumento do interesse dos investidores foi impulsionado em parte por compromissos públicos e tecnologias que amadurecem rapidamente. Porém, o progresso não é igual entre os diversos países e setores, pois muitas barreiras dificultam a implantação principalmente em países em desenvolvimento e surgem novos desafios. As fontes renováveis podem impulsionar o crescimento econômico, o fornecimento seguro de energia e ampliar o seu acesso, ao mesmo tempo em que combatem os impactos ocasionados pelas mudanças climáticas (IRENA, 2018).

Recentemente, a aceleração no desenvolvimento das energias renováveis tem recebido contribuições diversas. A preocupação em alcançar o desenvolvimento sustentável tem crescido nos últimos tempos e a ideia é de que as fontes renováveis de energia tenham uma participação, cada vez mais relevante na matriz energética global nas próximas décadas (NETO, 2012).



A figura 3 ilustra a capacidade instalada mundial de energia renovável, por tecnologia nos últimos dez anos (2007-2017), produzido pela Agência Internacional de Energia Renovável, órgão intergovernamental, de apoio aos países na transição para um futuro energético sustentável.

Figura 3 – Capacidade instalada mundial de energia renovável, por tecnologia até 2017



Fonte: Agência Internacional de Energia Renovável – IRENA, 2018.

Em análise dos dados da capacidade instalada mundial de energia renovável dos últimos dez anos, 2007 até 2017, observa-se que o setor apresentou um forte crescimento, com recorde em 2017. A capacidade instalada de energias renováveis aumentou aproximadamente 167 mil gigawatts (GW) em relação ao ano de 2016. Esse crescimento foi impulsionado principalmente pela energia eólica on-shore e solar fotovoltaica que tiveram um incremento de 41.789 GW e 93.653 GW respectivamente, correspondendo a 22,7% e 17,7% da matriz mundial em 2017. Essa expansão se deve em grande parte às políticas criadas, aos avanços tecnológicos e consequente redução de custos.

Nos anos entre 2010 e 2017, o valor dos módulos fotovoltaicos tiveram uma queda de cerca de 80% e o custo da eletricidade derivada da energia solar fotovoltaica caiu quase 75%. Durante o mesmo período, o preço das turbinas eólicas caiu em cerca de 50%, variando de acordo com o mercado. E os custos de eletricidade eólica on-shore caíram quase 25%. O potencial hídrico predomina na matriz mundial, com um total de 53% da capacidade instalada no final de 2017. A capacidade instalada mundial proveniente de energias renováveis no final de 2017 totalizou aproximadamente 2.178.570 GW (IRENA, 2018).

### **2.1.2 Análise da matriz energética brasileira**

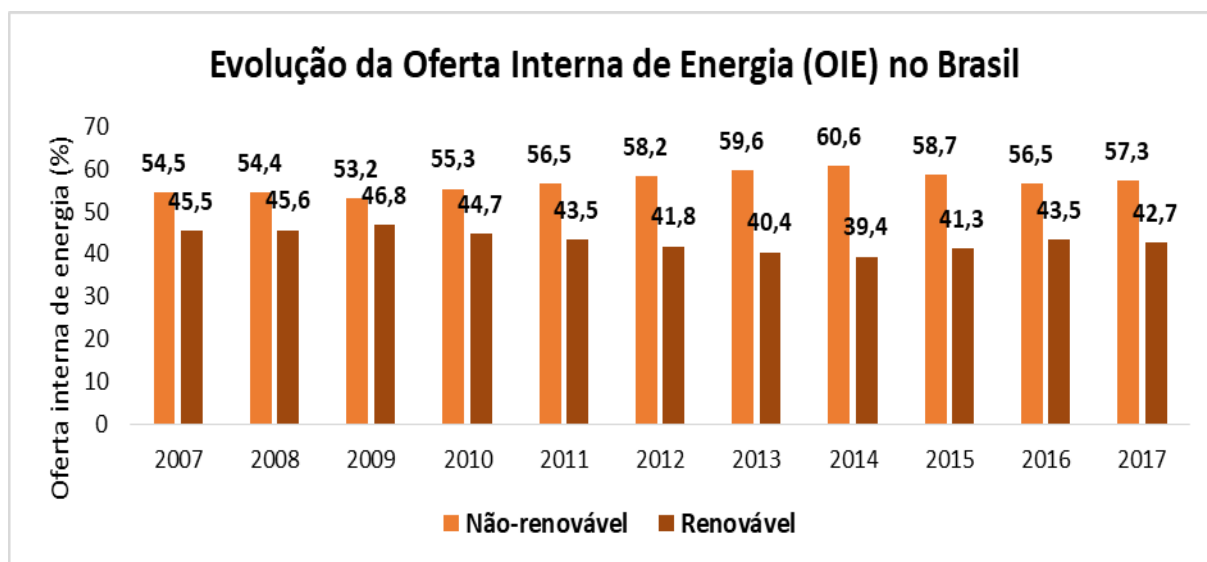
No contexto histórico, foi a partir do término da II guerra mundial, que a produção e utilização da energia no Brasil tiveram um crescimento significativo. Isto se deu pelo intenso crescimento, processo de industrialização, construção de uma infraestrutura de transportes e consequente urbanização acelerada. Em destaque ao crescimento da população, o aumento ocorreu de tal forma que, o consumo de energia, de 15 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep) em 1940, com uma população de cerca de 41 milhões de habitantes, passou para 70 milhões de toneladas em 1970, com cerca de 93 milhões de habitantes. Em 2000, o consumo de energia era de cerca de 190 milhões de tep e a população já ultrapassava os 170 milhões de habitantes. Dessa forma, em 60 anos a população cresceu em 129 milhões de habitantes, demandando um aumento de 175 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (TOLMASQUIM, 2007).

O processo de diversificação da matriz como forma de manter a segurança e autossuficiência energética de um país, tornou-se mais evidente nos últimos anos. Até 1970, apenas duas fontes, lenha e petróleo, eram responsáveis por 78% de toda a demanda brasileira. Em 2005, o cenário já apresentava uma maior pluralidade e os produtos da cana e a hidroeletricidade passou a figurar como fontes energéticas de destaque, em conjunto com o petróleo e a lenha. Estas quatro fontes energéticas, representavam 80,3% do consumo energético total em 2005 (MME, 2007).

O Brasil por ser um país com grandes extensões continentais e recursos naturais em abundância, ostenta uma posição privilegiada em relação ao contexto internacional. Com uma das matrizes energéticas mais renováveis e diversificadas do mundo, devido principalmente aos seus recursos hídricos, biomassa e etanol, além da energia eólica e solar. Com base em dados disponíveis no relatório Balanço Energético Nacional (BEN) de 2017 e no boletim mensal de energia de novembro de 2017, é possível verificar na figura 4 a

evolução da Oferta Interna de Energia (OIE) no Brasil de 2007 a 2017, em relação às fontes renováveis e não renováveis, demonstrando como o Brasil se mantém ao longo dos anos em posição vantajosa quanto à predominância de uma matriz renovável.

Figura 4 – Evolução da Oferta Interna de Energia (OIE) no Brasil até 2017



Fonte: Balanço Energético Nacional - BEN, 2017.

A oferta interna de energia renovável teve um incremento em relação a 2015, enquanto que a oferta de energia não renovável sofreu uma redução. Com isto a participação das fontes renováveis na matriz energética passou de 41,3% em 2015 para 43,5% em 2016. Em 2017 houve uma reação no sentido inverso, com redução de 0,8% das renováveis, totalizando 42,7% da matriz energética e um aumento de 0,8% das fontes não renováveis, totalizando 57,3%. Valendo salientar que os dados de 2017 foram obtidos pelo Departamento de Informações e Estudos Energéticos (DIE), do Ministério de Minas e Energia (MME), no boletim mensal de energia de novembro de 2017 (BEN, 2017).

Tendo em vista que o Brasil possui a maior bacia hidrográfica do planeta, grande parte dos investimentos no setor energético está voltada para a geração de eletricidade com foco nas hidrelétricas. A exploração concentrada desses recursos hídricos tem trazido algumas preocupações, tendo em vista que apesar de ser considerado como um recurso renovável, o seu potencial está se esgotando, fazendo necessário inserir e ampliar a participação de outras fontes energéticas, com o objetivo de estimular a participação de fontes renováveis e menos poluentes, para complementar a matriz atual (RONDINELLI; SILVA, 2015).

Outro fator preocupante são os atuais padrões adotados para produção e consumo de energia. Esses padrões comprometem o suprimento de longo prazo do planeta, pois são

baseados em fontes de combustíveis fósseis, que poluem o meio ambiente, gerando gases de efeito estufa e causando impactos negativos em todo contexto ambiental, social e econômico. Para reverter esse processo, é necessário estimular o uso das energias renováveis, sendo o Brasil, um país com condições bastante favoráveis em relação ao resto do mundo, tendo em vista a abundância desses recursos em seu território (GOLDEMBERG; LUCON, 2007).

A tabela 1 apresenta os resultados da composição da Oferta Interna de Energia (OIE) brasileira entre os anos de 2015 e 2016 com valores em toneladas equivalentes de petróleo (tep) e porcentagem (%).

Tabela 1 - Oferta Interna de Energia (OIE) no Brasil em 2015 e 2016 por tep e %

Especificação	mil tep		16 /15%	Estrutura %	
	2015	2016		2015	2016
<b>Não-renovável</b>	<b>175.903</b>	<b>162.975</b>	<b>-7,3</b>	<b>58,7</b>	<b>56,5</b>
Petróleo e derivados	111.626	105.354	-5,6	37,3	36,5
Gás natural	40.971	35.569	-13,2	13,7	12,3
Carvão Mineral	17.625	15.920	-9,7	5,9	5,5
Urânio e derivados	3.855	4.211	9,2	1,3	1,5
Outras não renováveis	1.826	1.921	5,2	0,6	0,7
<b>Renovável</b>	<b>123.668</b>	<b>125.345</b>	<b>1,4</b>	<b>41,3</b>	<b>43,5</b>
Hidráulica e eletricidade	33.897	36.265	7,0	11,3	12,6
Lenha e carvão vegetal	24.900	23.095	-7,2	8,3	8,0
Derivados da cana-de-açúcar	50.648	50.318	-0,7	16,9	17,5
Eólica	-	-	0,4	0,6	1,0
Solar	-	-	0,0	0,0	0,0
Outras renováveis	14.223	15.667	10,1	4,1	4,4
<b>Total</b>	<b>299.570</b>	<b>288.319</b>	<b>-3,8</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
dos quais são fósseis	172.047	158.763	-7,7	57,4	55,1

Fonte: Relatório Resenha Energética Brasileira, 2017.

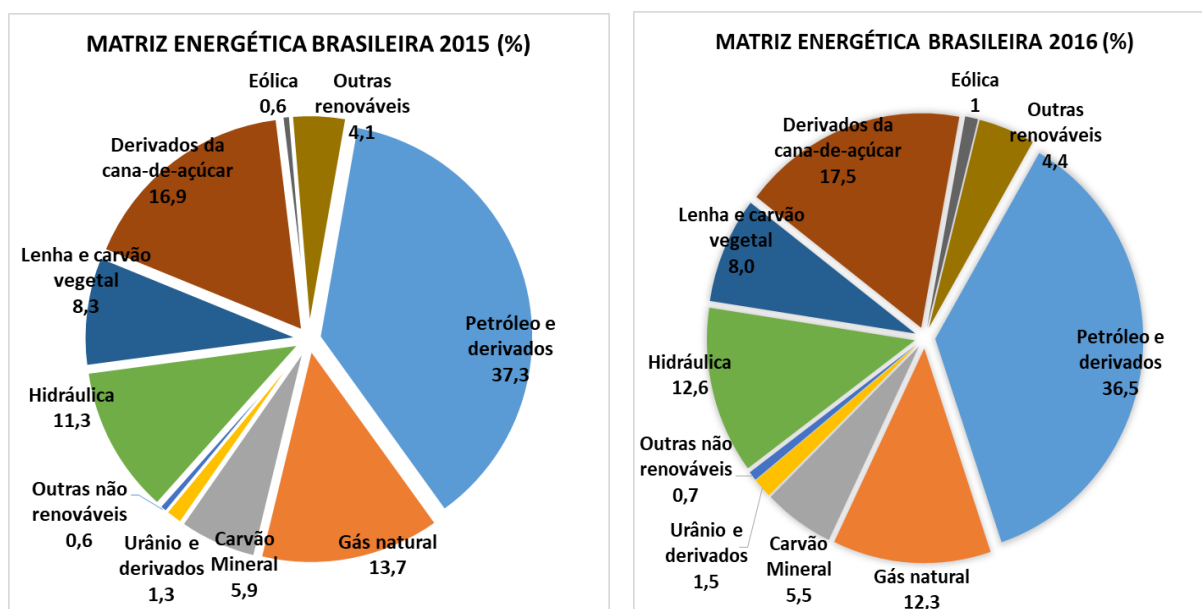
Nesse período houve um pequeno aumento na participação das fontes renováveis de energia (1,4%), devido principalmente a considerável redução das fontes não renováveis (-7,3%). As fontes renováveis tiveram um aumento da participação de demanda total de energia de 41,3% em 2015 para 43,5% em 2016. Maior parte desse aumento está relacionado às fontes hidráulicas, que com crescimento de 7%, em 2016, reverteu as taxas negativas de 3,2% em 2015 e de 5,6% em 2014. Seguido das chamadas “outras renováveis” (eólica, biodiesel, lixívia e outros resíduos de biomassa), com crescimento de 10,1%. Observa-se ainda que, as fontes de lenha e carvão vegetal recuaram em 7,2%.

Em 2016, a Oferta Interna de Energia (OIE) teve uma redução de -3,8% em relação a 2015, com 288,3 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep), o que equivale a 2,07% da energia mundial com 13.926 milhões no mesmo ano. Estes resultados se apresentam como reflexo do recuo de 3,6% na economia do país, segundo dados do Produto Interno Bruto (PIB)

nacional divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2016. Como reflexo do superávit nos fluxos de exportação e importação, o petróleo e seus derivados sofreram uma redução de 5,6% entre 2015 e 2016. Adicionado a redução do gás natural, e carvão mineral e seus derivados, esses foram fatores determinantes para a queda total da oferta de energia (MME, 2017).

Baseado no Balanço Energético Nacional (BEN) de 2017, a figura 5 demonstra a composição da matriz energética brasileira de 2015 e 2016, com as diversas fontes renováveis e não renováveis que a compõem.

Figura 5 – Matriz energética brasileira em 2015 e 2016



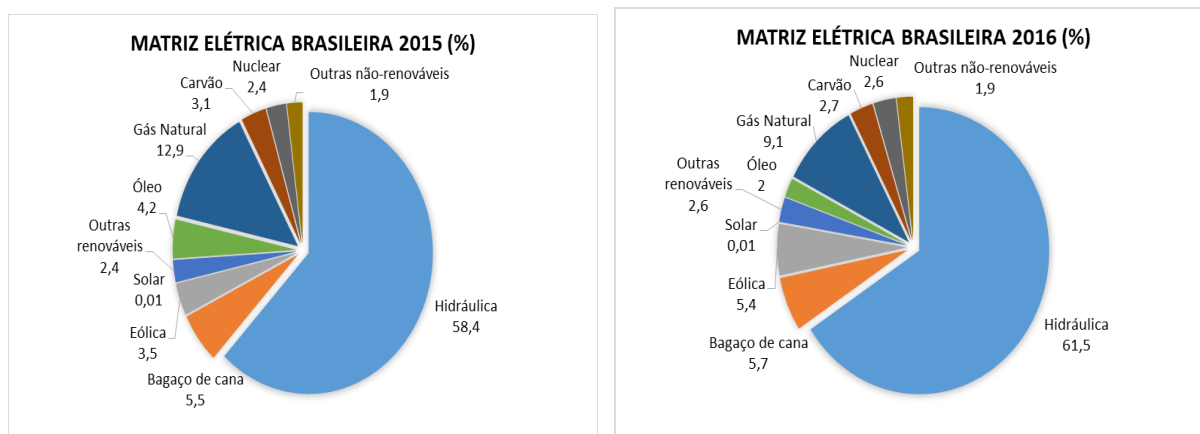
Fonte: Boletim mensal de energia – MME, 2017.

Em uma comparação, vale destacar o aumento de 1,3% da oferta de energia hidráulica, passando de 11,3% em 2015 para 12,6% em 2016 e a redução de 0,8% das fontes de petróleo e derivados passando e 37,3% em 2015 para 36,5% em 2016. Destaca-se ainda, o aumento de 0,3% das outras fontes renováveis, e em específico a energia eólica que aumentou 0,4% sua participação.

### 2.1.3 Análise da matriz elétrica brasileira

A maior parte da matriz elétrica brasileira é composta pela fonte hidráulica, tendo representado 61,5 % do total em 2016. Isto significa que a maior parcela da energia produzida no país vem das hidrelétricas, sendo disponibilizada para a população por meio das redes de distribuição. Apesar da predominância existente, esse quadro vem sendo modificado aos poucos, com a inserção das fontes renováveis de energia, que crescem cada vez mais, por motivos relacionados à necessidade de preservação ambiental e ao encarecimento das fontes tradicionais, que estão cada vez mais escassas, em contradição ao aumento da população e do consumo, o que demanda uma produção maior de energia para suprir as necessidades existentes no país. A figura 6 apresenta a composição das matrizes elétricas brasileiras em 2015 e 2016, com base nos dados do boletim mensal de energia, publicado pelo Ministério do Meio Ambiente (MME).

Figura 6 - Matriz elétrica brasileira em 2015 e 2016



Fonte: Boletim Mensal de Energia – MME, 2017.

Na comparação entre os anos de 2015 e 2016, registrou-se o aumento da participação das fontes de energias renováveis e uma redução de algumas não renováveis. E os principais fatores que contribuíram para este fenômeno, foram o aumento na oferta da fonte hídrica, em conjunto com a expansão da geração de energia eólica. Os resultados variaram de 75,5% em 2015 para 81,7% em 2016, com aumento de 8,9%. Entre estas fontes renováveis, a oferta hídrica aumentou 3,1%, variando de 58,4% em 2015, para 61,5% em 2016. A oferta de bagaço e eólica somou 9% em 2015 e 11,1% em 2016. Apesar da alta taxa de crescimento, o aproveitamento da energia solar, ainda é considerado como pouco significativo na matriz brasileira.

No bagaço, dos 35,2 terawatts-hora (TWh) gerados, 21,1 TWh estão relacionados a excedentes para o mercado, e 14,1 TWh para o consumo próprio na produção de açúcar e etanol (MME, 2017).

A tabela 2 apresenta a evolução da composição setorial do consumo de eletricidade no Brasil, a partir de 2007 até 2016, classificados em setor energético, residencial, comercial, público, agropecuário, transportes e industrial.

Tabela 2 - Composição setorial do consumo de eletricidade no Brasil (%)

Setores	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Energético	4,2	4,3	4,3	5,8	5,0	5,3	5,8	5,8	6,1	5,7
Residencial	22,1	22,3	23,6	23,1	23,3	23,6	24,2	24,7	25,0	25,6
Comercial	14,2	14,6	15,5	15,0	15,4	16,0	16,4	16,9	17,4	17,2
Público	8,2	8,1	8,3	8,0	7,9	8,0	8,0	8,5	8,3	8,3
Agropecuário	4,3	4,3	4,2	4,1	4,5	4,7	4,6	5,0	5,1	5,3
Transportes	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Industrial	46,7	46,1	43,8	43,8	43,5	42,1	40,7	38,7	37,7	37,6
Total (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fonte: Balanço Energético Nacional – BEN, 2017.

No ranking de maiores consumidores de eletricidade em 2016 estão os setores industrial (37,6%), residencial (25,6%) e comercial (17,2%). Estes três setores se mantêm com valores constantes ao longo dos últimos anos, e seguem acompanhados pelos setores público (8,3%), energético (5,7%), agropecuário (5,3%) e de transportes (0,4%). Destaca-se aumento do consumo de eletricidade no setor energético, residencial e comercial e redução no setor industrial.

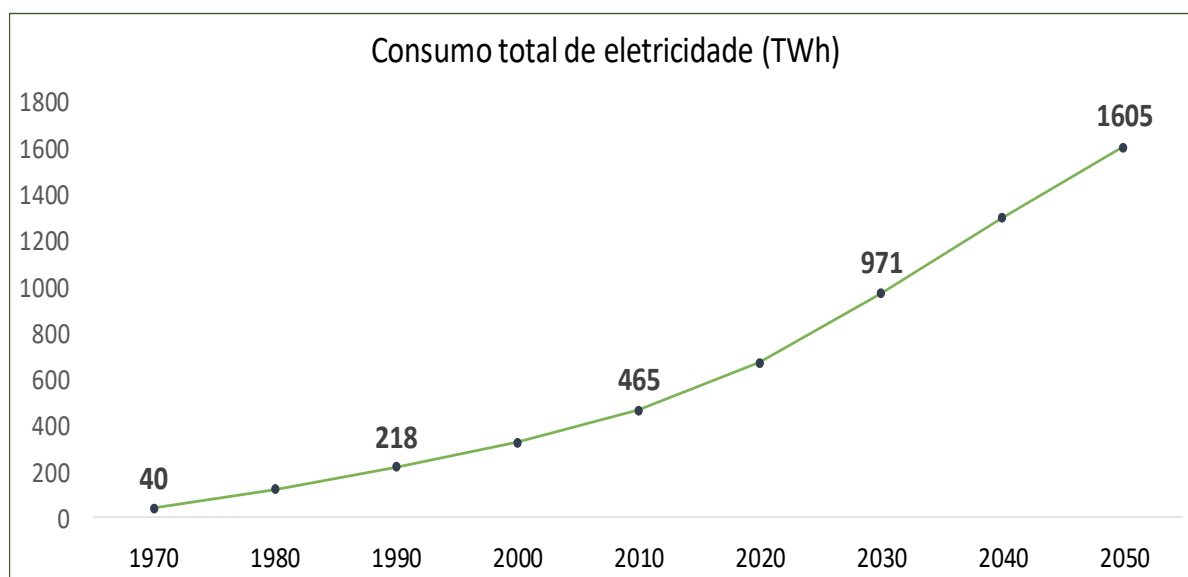
O nível de participação das hidrelétricas em nossa matriz torna o sistema elétrico brasileiro único, levando-se em consideração os aspectos de impactos ambientais e emissões de gases poluentes. Apesar de todas estas vantagens, a hidroeletricidade, está sujeita à influência de fatores climáticos, da mesma forma que todas as demais fontes renováveis de energia. O problema da escassez desse recurso, faz com que a oferta de energia diminua, aumentando os riscos ao sistema energético e os preços da energia no país. Com os períodos de menor incidência de chuvas, surge outro agravante, que é o aumento das gerações de carbono na geração de energia elétrica. Isso se dá, porque o uso dessa água para geração de energia impacta criticamente no uso desse recurso para outros fins, tais como agricultura ou abastecimento no qual parte por uma ampliação das fontes térmicas não renováveis (como óleo, carvão e gás natural) em um processo de carbonização da matriz elétrica brasileira (MME, 2016).

Segundo dados do INPE (2017), a conexão de todo o sistema elétrico brasileiro, é

realizada pelo Sistema Interligado Nacional (SIN) e do total da demanda de energia elétrica no Brasil, apenas 1,7% é atendida por sistemas isolados, ou seja, não conectados ao SIN, localizados em sua maioria na região amazônica. A suscetibilidade dos recursos hídricos, associado ao crescimento da demanda de eletricidade, intensifica a necessidade de diversificar as fontes de energia da matriz elétrica brasileira.

A figura 7 apresenta o consumo total de energia elétrica no Brasil de 1970 até 2015, e uma previsão de crescimento da demanda de eletricidade na ordem de 200% para os próximos 30 anos. Em contrapartida ao fato de as termoelétricas e hidroelétricas serem consideradas fontes capazes de garantir o atendimento das necessidades demandadas pelo sistema elétrico, as fontes renováveis como eólica e solar fotovoltaica são consideradas intermitentes, pelo fato de haver intensa variabilidade temporal e de condições meteorológicas locais (INPE, 2017).

Figura 7 - Consumo total de eletricidade (TWh) até 2050



Fonte: MME, 2017.

Além da necessidade de diversificação das fontes de energia para redução dos impactos ambientais, vale ressaltar os compromissos afirmados pelo Brasil às Nações Unidas, na COP 21, ratificados em setembro de 2016, com o objetivo de reduzir a quantidade de gases de efeito estufa emitidos na atmosfera. Incluiu-se entre os compromissos, uma meta para alcançar 45% de participação de fontes renováveis de energia (incluindo fonte hídrica) na matriz energética e reduzir em 37% e 43% as emissões de gases de efeito estufa até o ano de 2025 e 2030 respectivamente, em relação aos níveis emitidos em 2005 (INPE, 2017).

Apesar de o Brasil ter aproximadamente 75% de fontes renováveis na oferta de energia elétrica, caracterizando uma das matrizes mais renováveis do mundo, alcançar as



metas estabelecidas será um grande desafio. Será necessário aumentar a parcela de energias renováveis, além da hídrica, para alcançar ao menos 23% até 2030, principalmente investindo no aumento da participação de fontes de energia solar, eólica e biomassa (NASCIMENTO, 2017).

A variação da Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE) entre os anos de 2015 e 2016, apresentada na tabela 3, demonstra que o comportamento da matriz brasileira apresentou um sentido contrário ao da Oferta Interna de Energia (OIE), com total de 625,7 GWh em 2015 e 619,7 GWh em 2016, totalizando aumento de 0,7%. Isto se deu em consequência do aumento da importação de Itaipu que cresceu 18,7%. Entre as fontes que contribuíram para esse crescimento, a hidrelétrica foi a mais predominante, com 61,5% da participação total em 2016, devido ao favorecimento das condições hidrológicas, após quatro anos de estresse, acarretando em um aumento na disponibilidade da energia hidráulica. E complementando a matriz elétrica brasileira, estão as fontes do bagaço de cana (5,7%), eólica (5,4%), solar (0,014%) e outras renováveis (2,6%) (MME, 2017).

Tabela 3 - Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE) no Brasil em 2015 e 2016

Especificação	GWh		16 /15%	Estrutura %	
	2015	2016		2015	2016
Hidráulica	359.743	380.911	5,9	58,4	61,5
Bagaço de cana	34.163	35.236	3,1	5,5	5,7
Eólica	21.626	33.489	54,9	3,5	5,4
Solar	59	85	44,7	0,010	0,014
Outras renováveis	15.074	15.805	4,8	2,4	2,6
Óleo	25.657	12.103	-52,8	4,2	2,0
Gás Natural	79.490	56.485	-28,9	12,9	9,1
Carvão	18.856	17.001	-9,8	3,1	2,7
Nuclear	14.734	15.864	7,7	2,4	2,6
Outras não-renováveis	11.826	11.920	0,8	1,9	1,9
Importação	34.422	40.795	18,5	5,6	6,6
<b>Total</b>	<b>625.650</b>	<b>619.693</b>	<b>0,7</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
dos quais são renováveis	465.087	506.320	8,9	75,5	81,7

Fonte: Relatório Resenha Energética Brasileira, 2017.

Entre as fontes renováveis, eólica e solar aumentaram significativamente de 2015 para 2016, com 54,9% e 44,7% respectivamente. Nota-se que as fontes não renováveis de óleo fóssil, gás natural e carvão mineral tiveram uma redução de 52,8%, 28,9% e 9,8%.

Apesar da carência e da necessidade de investimentos considerados altos, é importante levar em consideração que os custos com energia tradicional tendem a aumentar, em um futuro próximo, o que consequentemente fará as tecnologias renováveis mais competitivas. É decisivo investir nas áreas de energias renováveis, como a eólica e solar, para que o Brasil se

aproxime do nível dos países desenvolvidos (PEREIRA et al., 2012).

A tabela 4 apresenta a situação dos empreendimentos de geração de energia elétrica no Brasil até novembro de 2018. O Brasil possui atualmente um total de 7.710 empreendimentos em operação, totalizando aproximadamente 167.062.267,2 Kw de potência instalada, com previsão de 19.567.874 kW a ser adicionado na capacidade de geração do país nos próximos anos, provenientes de 192 empreendimentos que já se encontram em construção e mais 388 em que estão em Construção não iniciada (ANEEL, 2018).

Tabela 4 – Situação dos empreendimentos de geração de energia no Brasil

Fonte	Em operação		Em construção		Construção não iniciada	
	Qte	KW	Qte	KW	Qte	KW
Hidrelétrica	1338	107.768.027	41	1.632.099	115	2.151.999
Eólica	557	13.756.439	97	2.010.850	107	2.619.775
Solar fotovoltaica	2.265	1.619.578	22	582.912	53	1.479.051
Biomassa	556	19.176,222	-	-	-	-
Termelétrica	2.992	41.909.047	31	3.741.034	113	4.000.154
Termonuclear	2	1.990.000	1	1.350.000	-	-
<b>Total</b>	<b>7.710</b>	<b>167.062.267,2</b>	<b>192</b>	<b>9.316.895</b>	<b>388</b>	<b>10.250.979</b>

Fonte: ANEEL, 2018.

#### 2.1.4 Comparação entre os panoramas energéticos no Brasil e no mundo

De acordo com o panorama apresentado pelo relatório “Resenha energética brasileira - 2017”, que apresenta dados relativos ao exercício de 2016, nos índices de Oferta Interna de Energia (OIE) no Brasil e no mundo, há predominância das fontes de petróleo e seus derivados, com uma pequena redução nos últimos anos.

A tabela 5 apresenta uma comparação entre a OIE no Brasil e no mundo. Verifica-se que a energia hidráulica possui uma participação maior no Brasil, enquanto no mundo a participação em 2016 foi de 2,6 toneladas equivalentes de petróleo (tep), o Brasil registrou 12,6 tep. Além do incremento das fontes hídricas, houve o incremento do gás natural, carvão mineral e urânio, nos resultados nacionais e mundiais.

Tabela 5 - Oferta Interna de Energia (OIE) no Brasil e no mundo (% e tep)

Fonte	Brasil		Mundo	
	1973	2016	1973	2016
Derivados de petróleo	45,6	36,5	46,1	31,5
Gás natural	0,4	12,3	16,0	22,1
Carvão Mineral	3,2	5,5	24,6	27,0
Urânio	0,0	1,5	0,9	4,9
Hidráulica	6,1	12,6	1,8	2,6
Outras não renováveis	0,0	0,7	0,0	0,3
Outras renováveis	44,8	30,9	10,6	11,7
Biomassa Sólida	44,3	23,8	10,5	9,6
Biomassa líquida	0,5	6,1	0,0	0,5
Eólica	0,0	1,0	0,0	0,5
Solar	0,0	0,0008	0,0	0,4
Geotérmica	0,0	0,0	0,1	0,5
<b>Total (%)</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
dos quais são renováveis	50,8	43,5	12,5	14,2
<b>Total – Htep</b>	<b>82,2</b>	<b>288,3</b>	<b>6.109</b>	<b>13926</b>

Fonte: Relatório Resenha Energética Brasileira, 2017.

Para as fontes renováveis de energia, o Brasil apresenta uma grande vantagem em relação à matriz mundial, registrando 43,5% de participação em 2016, contra 14,2% no mundo. A participação de fontes renováveis de energia, na matriz energética brasileira foi considerada como uma das mais elevadas mundialmente, com pequeno crescimento em relação a 2014 e 2015, devido principalmente, à queda da oferta interna do petróleo e seus derivados, e à expansão da geração hidráulica nestes últimos anos (BEN, 2017).

Da mesma forma foi apresentado o aumento da participação de renováveis na matriz elétrica. O avanço da participação de fontes renováveis na matriz elétrica se dá ainda, devido a queda da geração térmica a base de combustíveis fósseis e ao incremento das gerações eólica e hidráulica (BEN, 2017).

### 2.1.5 Comparação entre os panoramas elétricos no Brasil e no mundo

A tabela 6 apresenta a Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE), no Brasil e no mundo em 1973 e em 2016. Proporcionando uma análise da variação dos últimos 43 anos. Os dados foram extraídos do relatório resenha energética 2017.

Tabela 6 - Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE) no Brasil e no mundo (%)

Fonte	Brasil		Mundo	
	1973	2016	1973	2016
Derivados de petróleo	7,2	2,0	24,6	4,5
Gás natural	0,5	9,1	12,2	22,0
Carvão Mineral	1,7	2,7	38,3	39,1
Urânio	0	2,6	3,3	10,6
Hidráulica	89	68,1	21,0	16,8
Outras não renováveis	0	1,9	0,1	0,3
Outras renováveis	1,2	13,7	0,6	6,8
Biomassa Sólida	1,2	8,2	0,5	1,9
Eólica	0,0	5,4	0	3,4
Solar	0	0,01	0	1,1
Geotérmica	0	0	0,1	0,3
<b>Total (%)</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
dos quais são renováveis	90,6	81,7	21,5	23,6

Fonte: Relatório Resenha Energética Brasileira, 2017.

Em uma comparação entre a matriz elétrica brasileira com a matriz elétrica mundial neste período, ambas apresentam tendências semelhantes quanto a redução das participações de derivados de petróleo (óleo) e de fontes hidráulicas, com aumento das participações das demais fontes, que são o gás natural, carvão mineral, urânio e outras não renováveis. Em contrapartida, nota-se o aumento da participação das fontes renováveis, com destaque para a biomassa sólida, principalmente, como resultado da geração por bagaço de cana, e a fonte eólica. Nota-se ainda, que a produção elétrica do Brasil, com fonte hidráulica apresenta uma significativa diferença em relação a produção mundial, com 68,1% em 2016, contra apenas 16,8% no mundo para o mesmo ano.

### 2.1.6 Emissões de gás carbônico (CO<sub>2</sub>)

O conceito de aquecimento global está relacionado a um fenômeno climático que possui uma larga extensão, desencadeado por fatores internos e/ou externos que provocam um aumento da temperatura média superficial da Terra. Os fatores internos estão associados a sistemas climáticos já existentes, que se manifestam de forma inconstante, como a atividade solar, o vulcanismo, o tectonismo, a composição físico-química da atmosfera, entre outros. Os fatores externos, que são também chamados de antropogênicos, ou seja, derivados das atividades realizadas pelo homem, estão relacionados às emissões de gases de efeito estufa a partir da queima de combustíveis fósseis. Os gases responsáveis pelo efeito estufa (clorofluorcarbono (CFC), metano (CH<sub>4</sub>), ozônio (O<sub>3</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e vapor de água) absorvem parte da radiação infravermelha emitida pela

superfície da Terra e irradiam parte da energia de volta para a superfície, que recebe quase o dobro de energia da atmosfera comparando com a energia recebida do Sol, o que resulta em um aquecimento da superfície essencial para a vida na Terra (SILVA e PAULA, 2009).

Intimamente relacionada com a poluição industrial e os transportes, a poluição atmosférica decorre de milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> despejados na atmosfera anualmente. Estes são materiais particulados que possuem graves impactos na saúde humana e no meio ambiente. Associada ao acúmulo de gases de efeito estufa, a destruição da camada de ozônio por CFC, que promovem o aquecimento do planeta, tem causado mudanças significativas no pensamento ambiental das organizações (GUEVARA et. al, 2009).

Durante os últimos 50 anos, observou-se o aumento do aquecimento da Terra, que ocorreu em grande parte devido às maiores concentrações de gases-estufa de origem antropogênica. Em um período de 100 anos a temperatura global dos continentes teve um aumento médio de 0,85°C. Em uma tentativa de contenção do aumento da concentração atmosférica global de CO<sub>2</sub>, em dezembro de 2015, durante o Acordo de Paris, 197 países entraram em acordo, para conter o aumento da temperatura média global buscando esforços para limitá-la a 1,5°C (IPCC, 2018).

O Brasil deve adotar estratégias para investimento em infraestrutura energética e reforçar políticas de conservação de energia para reduzir o desperdício, a fim de reduzir as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e evitar ter um efeito negativo sobre o crescimento econômico (PAU; FU, 2014).

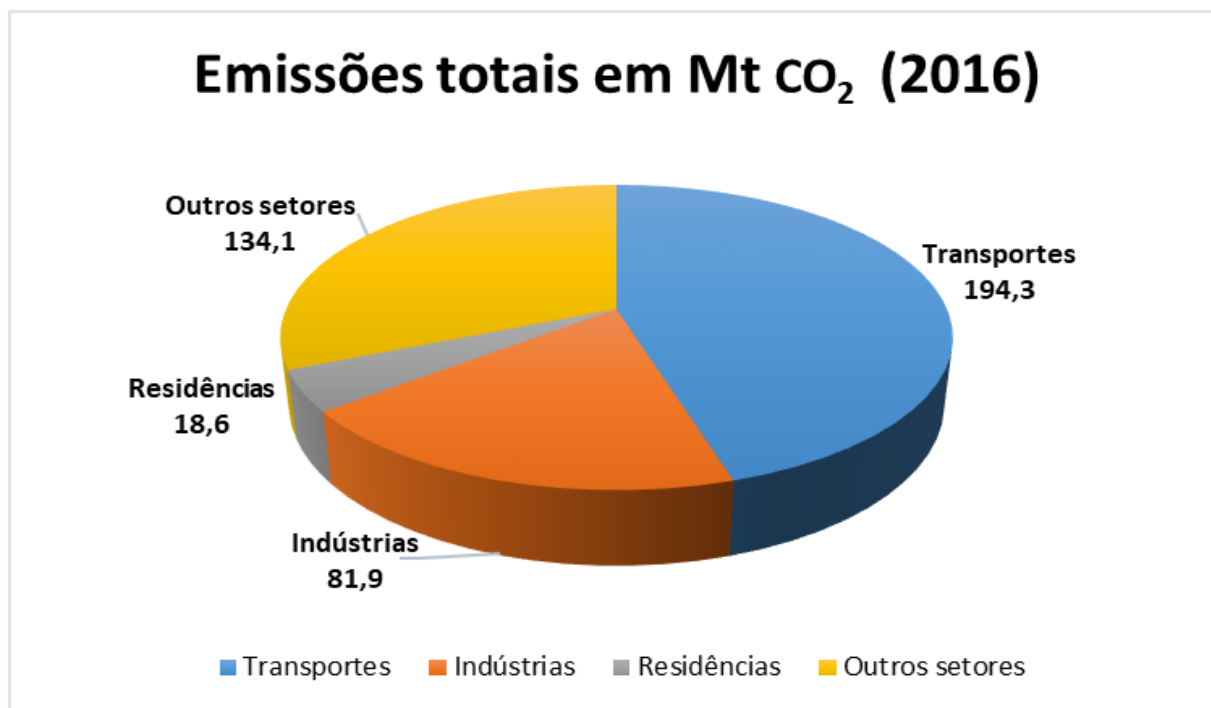
O Potencial de Aquecimento Global (Global Warming Potential – GWP) é a métrica dos gases de efeito estufa, atualmente utilizada em inventários como fator de ponderação para se chegar à unidade comum, que é o equivalente de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>-eq). Os principais gases antrópicos são o CO<sub>2</sub>, o CH<sub>4</sub> e o N<sub>2</sub>O. A tabela 7 apresenta os gases de efeito estufa e seus respectivos valores correspondentes para o GWP, ressaltando que apesar de CO<sub>2</sub> ser o gás de maior contribuição para o aumento do efeito estufa devido à grande quantidade de emissões, o CH<sub>4</sub>, mesmo com menores quantidades que o CO<sub>2</sub>, é 20 vezes mais potente como gás-estufa (MCTIC, 2017).

Tabela 7 – Gases de efeito estufa e valor correspondente para o GWP

Gás	Símbolo	GWP
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	1
Metano	CH <sub>4</sub>	21
Óxido Nitroso	N <sub>2</sub> O	310
Hidrofluorcarbonos	HFC-23	11.700
	HFC-125	2.800
	HFC-134a	1.300
	HFC-143a	3.800
	HFC-152a	140
Perfluorcarbonos	CF <sub>4</sub>	6.500
	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	9.200
Hexafluoreto de enxofre	SF <sub>6</sub>	23.900

Fonte: IPCC-SAR, 1995.

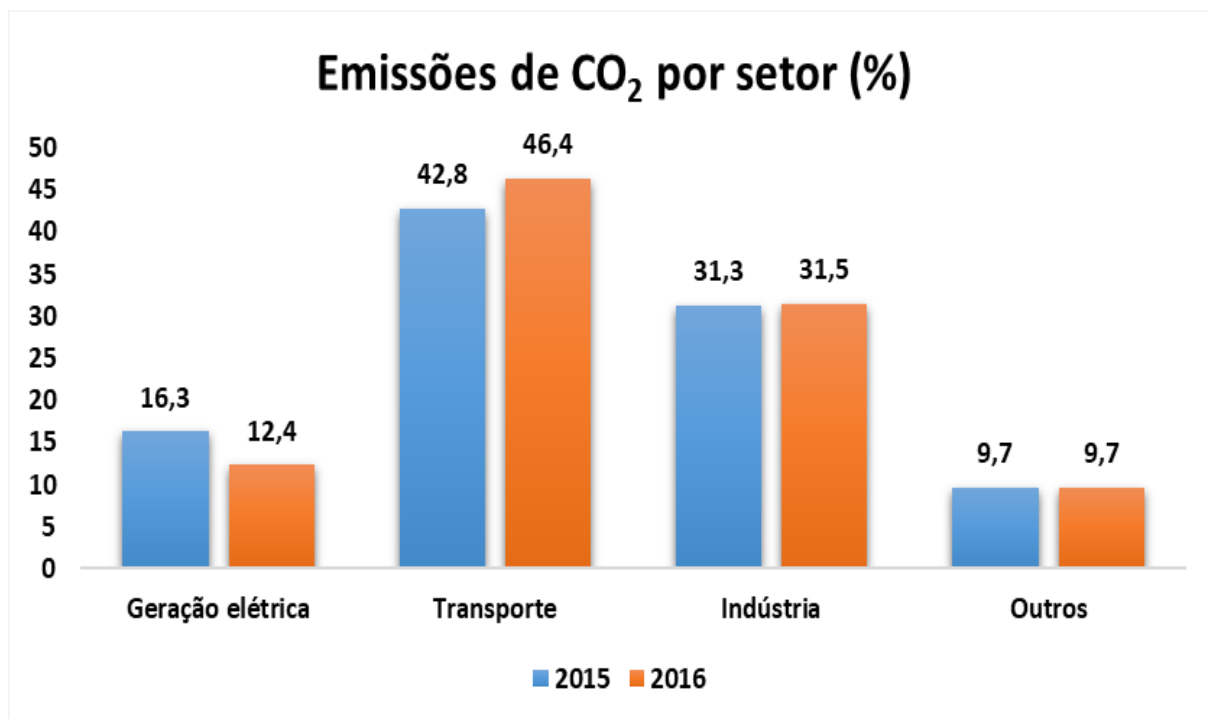
Com base em informações do Balanço Energético Nacional (BEN) de 2017, a figura 8 apresenta informações sobre as emissões totais em Mt CO<sub>2</sub> no ano de 2016. O total de emissões antrópicas associadas a matriz energética brasileira atingiu no ano de 2016, cerca de 428,95 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (Mt CO<sub>2</sub>-eq). Onde a maior parte foi gerada pelo setor de transportes (194,3 Mt CO<sub>2</sub>-eq), correspondendo a 45,3% do total, seguido das indústrias, com 81,9 Mt CO<sub>2</sub>- eq (19,1%), residências com 18,6 Mt CO<sub>2</sub>-eq, correspondendo a 4,3% e outros setores (134,1 Mt CO<sub>2</sub>-eq). Vale destacar que no Brasil, entre 2015 e 2016, as emissões tiveram um recuo de 7,2%, onde esta redução, está relacionada a queda de 7,7% no consumo de combustíveis fósseis.

Figura 8 - Emissões totais em Mt CO<sub>2</sub> no Brasil em 2016

Fonte: Balanço Energético Nacional - BEN, 2017.

Em 2016, o valor entre a relação das emissões de CO<sub>2</sub> pelo uso de energia e a demanda total de energia resultou em 1,48 tCO<sub>2</sub>/tep, indicador inferior ao ano de 2015 (1,55 tCO<sub>2</sub>/tep), devido a menor geração de energia elétrica por fontes fósseis. As expressivas participações da energia hidráulica e da bioenergia na matriz energética brasileira proporcionam indicadores de emissões consideravelmente menores do que a média mundial (2,34 tCO<sub>2</sub>/tep) e dos países desenvolvidos (2,23 tCO<sub>2</sub>/tep) (BEN, 2017).

Na figura 9, são apresentadas as emissões de CO<sub>2</sub> nos principais setores envolvidos durante os anos de 2015 e 2016.

Figura 9 – Emissões de CO<sub>2</sub> por setor em 2015 e 2016

Fonte: MME, 2017.

Os setores destacados são: geração elétrica, transporte, indústria e outros. Na geração de energia elétrica houve uma redução na emissão de gases, passando de 16,3% em 2015, para 12,4% em 2016. As emissões maiores são lançadas pelo setor de transporte com um aumento de 42,8% em 2015, para 46,4% em 2016 (MME, 2017).

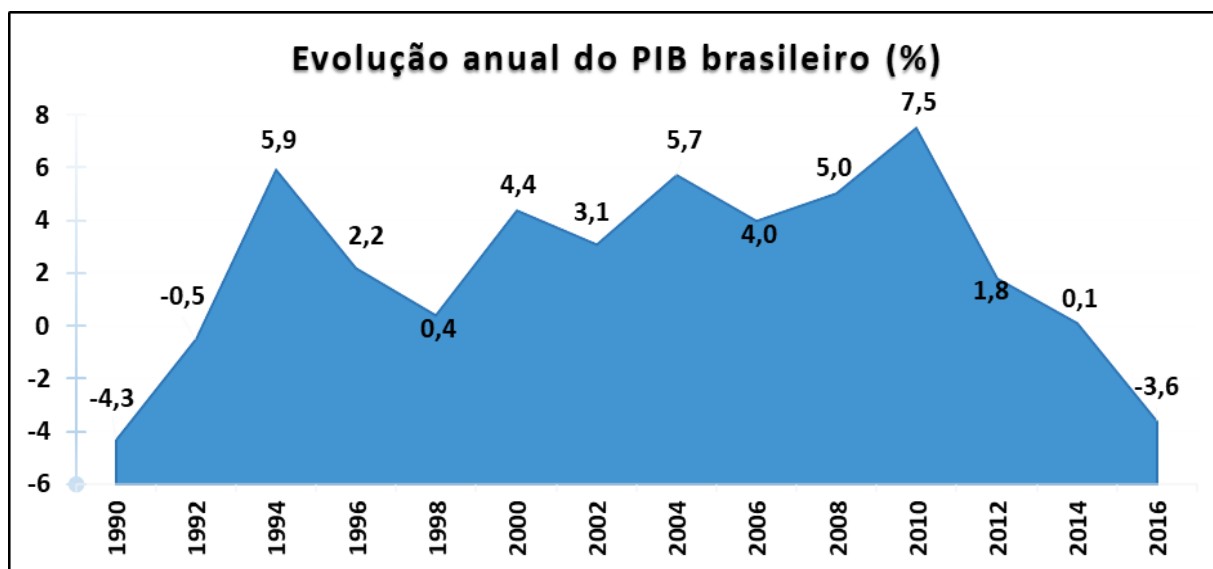


## 2.2 PRINCIPAIS FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

Diante da troca de governo e instabilidade política no país, o ano de 2016, foi marcado por uma série de dificuldades econômicas, resultando na recessão do Produto Interno Bruto (PIB) pelo segundo ano consecutivo, na maior cotação da moeda norte-americana, na restrição ao crédito e financiamentos públicos e na alta do desemprego entre outros fatores, levaram ao recuo da maioria dos setores da economia. O PIB fechou em 2016, com retração de 3,6%. O desempenho negativo por dois anos consecutivos levou a uma queda acumulada de 7,4%. A maioria dos setores da economia brasileira apresentou desempenho inferior ao ano de 2015, com destaque para a redução de 6,6% do agronegócio, de 3,8% da indústria e de 2,7% do setor de serviços. Entretanto, alguns resultados obtidos, como a desaceleração da inflação e a redução da taxa de juros, indicam uma possível recuperação da economia para os próximos anos (IBÁ, 2016).

A figura 10 apresenta a evolução anual do PIB brasileiro até 2016, com base em dados disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Figura 10 – Evolução anual do PIB brasileiro até 2016



Fonte: IBGE, 2018.

O desenvolvimento tecnológico tem permitido que, as energias renováveis, aos poucos, possam ser aproveitadas quer como combustíveis alternativos (álcool, combustíveis) quer na produção de calor e de eletricidade (energia eólica, solar, biomassa, Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), separadas das grandes hidrelétricas, com características renováveis, constituindo-se em fonte convencional de geração de eletricidade). Essas fontes

de energias renováveis possuem um grande potencial e devem ser utilizadas de forma sustentável, de maneira que seus resultados gerem o mínimo possível de impacto ao meio ambiente (PACHECO, 2006).

### **2.2.1 Energia hídrica**

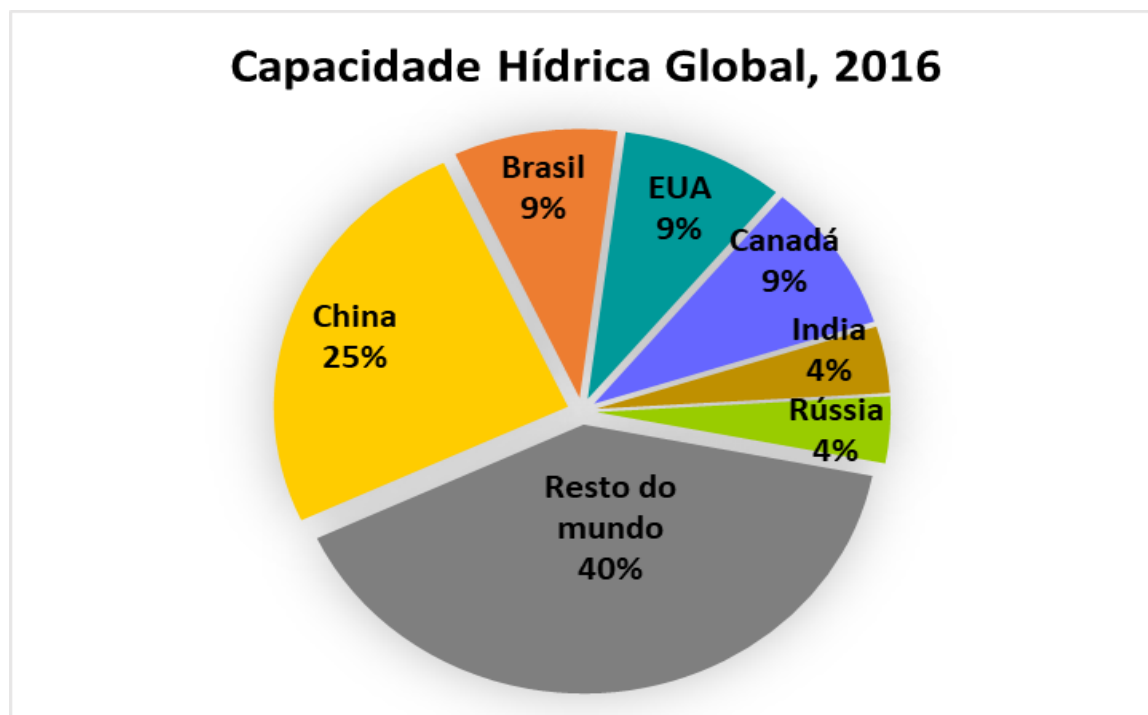
A energia hídrica é gerada pelo aproveitamento do fluxo das águas em usinas hidrelétricas. Considerada como uma fonte renovável para produção de energia, a água cobre cerca de 2/3 da superfície do planeta, sendo o recurso natural mais abundante da Terra. Estima-se que possui um volume de 1,36 bilhão de quilômetros cúbicos (km<sup>3</sup>) sob a forma de oceanos calotas polares, rios e lagos, além de estar presente em diversos aquíferos subterrâneos. Desde a antiguidade a energia hidráulica foi utilizada para gerar energia mecânica. Mas foi a partir do século XX, que foi iniciado sua aplicação como matéria-prima para a produção de eletricidade (ANEEL, 2002).

A energia hídrica, ao contrário de outras fontes renováveis, representa uma parcela significativa da produção de energia elétrica global. É considerada atualmente, como a principal fonte de energia para diversos países, e responde por aproximadamente 17% de toda a eletricidade gerada no mundo. A exploração dos recursos hídricos para geração elétrica requer a formação de reservatórios e, conseqüentemente, a inundação de áreas florestais, que possuem grande diversidade biológica. Na maioria dos casos é necessário realizar reassentamentos e remanejamentos de espécies de plantas nativas e animais selvagens (RONDINELI; SILVA, 2015).

Por exemplo, a construção do Reservatório Luiz Gonzaga, conhecido como Reservatório de Itaparica na década de 80 provocou a realocação de cidades na fronteira dos estados de Pernambuco e da Bahia, e a criação de agrovilas em locais onde foram implantados projetos de irrigação que trouxeram possibilidades de novos negócios, mas que resultou no desmatamento de grandes áreas na Caatinga (SOBRAL et al., 2006).

Baseado em informações do REN 21 (2017), relatório de status global e renováveis, a figura 11, ilustra os resultados da capacidade hídrica global em 2016.

Figura 11 – capacidade hídrica global em 2016



Fonte: REN, 2017.

Os principais países produtores de energia hidrelétrica são China (25%), Brasil (9%), Estados Unidos (9%), Canadá (9%), Federação Russa (4%) e Índia (4%) que juntos são responsáveis por cerca de 60% da capacidade instalada no final de 2016.

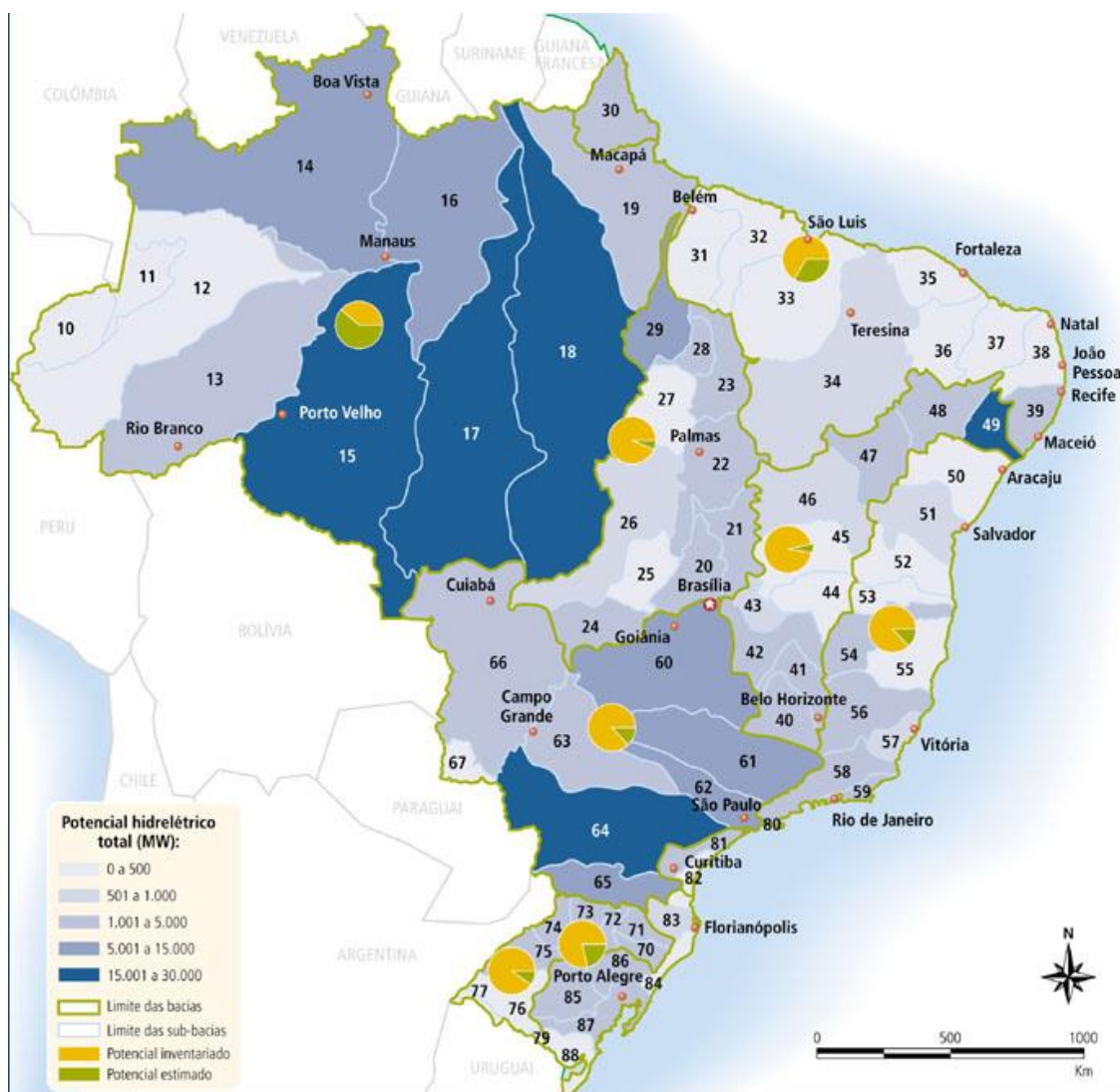
De acordo com informações divulgadas pela Agência internacional de energia, em inglês, Internacional Energy Agency (IEA) em 2017, a oferta de energia hidrelétrica aumentou em apenas dois locais do mundo nos últimos 30 anos, sendo eles: Ásia, em particular na China, e América Latina, em função do Brasil, país em que a hidroeletricidade responde pela maior parte da produção da energia elétrica. Houve uma redução da participação na matriz da energia elétrica, que está diretamente relacionada ao esgotamento das reservas naturais nas diversas partes do mundo.

Segundo o REN 21 (2017), a geração global de energia hidrelétrica foi estimada em 4.102 terawatts-hora (TWh) em 2016, um aumento de 3,2% em relação a 2015. Mais de um terço da nova capacidade hidrelétrica foi comissionado na China. Depois da China, os países que adicionaram mais capacidade em 2016, foi o Brasil, o Equador, a Etiópia, o Vietnã, o Peru, a Turquia, o Laos, a Malásia e a Índia. A China adicionou 8,9 gigawatts (GW) de capacidade hidrelétrica no ano de 2016, para um total de 305 GW no final do ano. A geração de energia hidrelétrica na China continuou a sua tendência ascendente, subindo cerca de 6% para 1.193 TWh, devido em parte à melhoria das condições hidrológicas.

A energia hidráulica possui diversas vantagens, tais como possuir um grande potencial para geração de eletricidade, ser renovável e estar entre as opções mais econômicas. No Brasil, o potencial hidrelétrico é de cerca de 260 mil megawatts (MW) de potência, havendo ainda, cerca de 180 mil MW que podem ser aproveitados. A maior parte do potencial remanescente (40%) está na região Norte na Bacia Hidrográfica do Amazonas; no outro extremo, em contraste, a região Nordeste é a que tem menos recursos. A produção de energia hidrelétrica no Brasil aumentou 7,4% em relação a 2015, para 410 TWh, graças às melhores condições hidrológicas em 2016, após vários anos de declínio induzido pela seca. Combinada com um aumento significativo na geração de energia eólica, a produção melhorada de energia hidrelétrica, permitiu uma redução na produção de usinas termelétricas do Brasil, em 30% em relação ao ano anterior (BEN, 2017).

Como ilustrado na figura 12, além da Bacia Hidrográfica do Amazonas, destacam-se a Bacia do Paraná, com 23% do potencial nacional, a do Tocantins (10,6%) e a do São Francisco (10%). As Bacias do Uruguai e do Atlântico Leste representam aproximadamente 5% cada uma. Por fim as Bacias do Atlântico Sudeste e Atlântico Norte/Nordeste, juntas representam 5% do potencial (ANEEL, 2002).

Figura 12 - Potencial hidrelétrico brasileiro



Fonte: Atlas de energia elétrica do Brasil - ANEEL, 2002.

Grande parte do potencial hidrelétrico já foi aproveitado nas regiões mais desenvolvidas. Segundo a ANEEL, em 2030, estima-se um consumo de energia elétrica entre 950 e 1.250 TWh/ano, sendo que o consumo atual se situa em torno de 405 TWh. Esta diferença exigirá investimentos pesados na expansão da oferta de energia elétrica. No caso desse fornecimento ser realizado por usinas hidrelétricas, mesmo com uma instalação adicional de 120 mil megawatts (MW), o que eleva para 80% o uso do potencial, ainda assim poderia não ser suficiente para atender a demanda em 2030 (BRONZATTI; NETO, 2008).

Entretanto, a hidroeletricidade exerce outros papéis fundamentais, tais como: uso da flexibilidade da produção hidroelétrica para integrar ao sistema a produção de fontes de energia sazonais, como por exemplo, a biomassa, ou intermitentes, como a eólica; uso da rede de transmissão e dos reservatórios das usinas hidroelétricas como infraestrutura virtual de

transporte e armazenamento de gás natural; e uso da sinergia entre geração hidroelétrica e térmica para aumentar a confiabilidade global de suprimento e reduzir os custos operativos (CNI, 2007).

### **2.2.2 Energia eólica**

Energia eólica é a energia gerada a partir das massas de ar em movimento (ventos). O vento é formado a partir da associação entre a energia solar e a rotação planetária. A partir da energia cinética contida nas massas de ar em movimento, provocadas pelo aquecimento desigual da superfície da Terra, obtém-se a energia eólica (SOUZA, 2010).

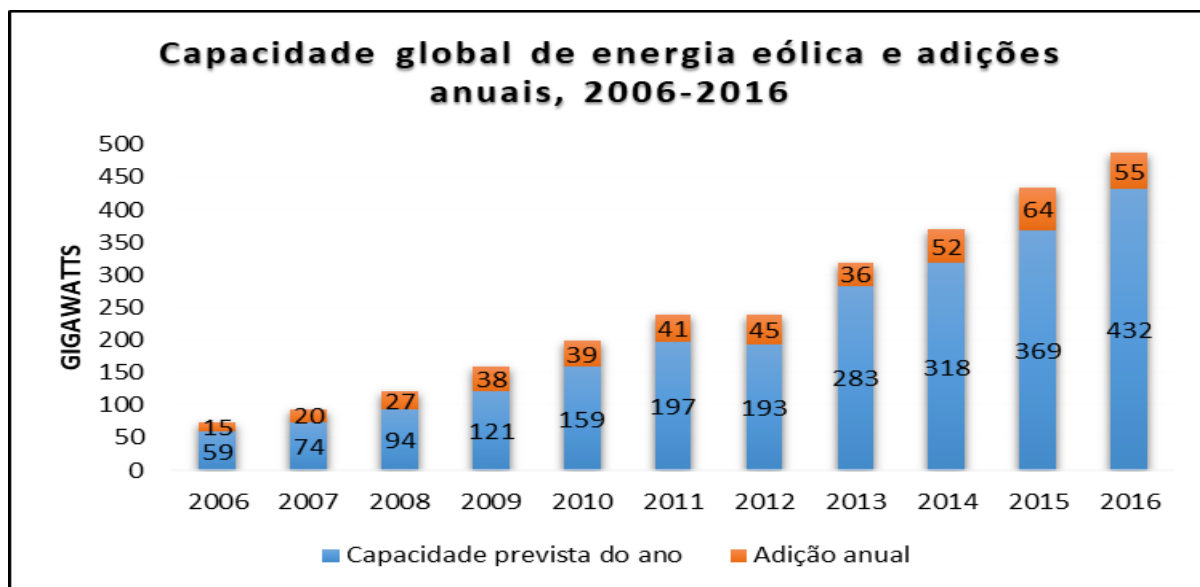
Através da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, e o emprego de turbinas eólicas, conhecidas como aerogeradores, utilizados na geração de eletricidade, ou cataventos (e moinhos), nos trabalhos mecânicos como bombeamento d'água, é que acontece o aproveitamento da energia eólica.

Semelhante a energia hidráulica, a energia eólica é utilizada desde a antiguidade para movimentar barcos à vela, para moagem de grãos entre outros fins que envolvem energia mecânica. As primeiras tentativas para a geração de energia elétrica, surgiram no final do século XIX, mas apenas após cerca de um século, é que surgiram interesses e investimentos para viabilizar o desenvolvimento em equipamentos para produção de energia eólica em escala comercial. Diante do desafio energético global, com as mudanças climáticas e demanda crescente de energia, essa é considerada uma importante alternativa energética, pois é uma fonte não poluidora, gratuita e disponível em praticamente todas as nações do mundo (SANTOS, 2006).

Atualmente, a energia eólica tem atuado na composição da matriz energética de diversos países, como uma forte alternativa. Apresentando-se como uma solução de destaque na busca de fontes alternativas para geração de energia. É uma fonte de energia caracterizada por ser renovável, limpa e disponível em todos os lugares. Além de possuir baixo impacto de implantação, não emite CO<sub>2</sub> em sua operação, substituindo outras fontes de geração de energia elétrica que emitem gases poluidores na atmosfera (PACHECO, 2006).

De acordo com o relatório de status global de energias renováveis de 2017, emitido pelo relatório global de status de renováveis, conhecido em inglês como Global Status Report (GSR), a capacidade global de energia eólica tem aumentado significativamente nos últimos anos. A figura 13 demonstra a evolução de 2006 a 2016, apresentando a capacidade global prevista e as respectivas adições anuais.

Figura 13 - Capacidade global de energia eólica e adições anuais



Fonte: Adaptado de GSR, 2017.

A partir de 2006, a capacidade global de energia eólica teve aumentos ao longo dos anos, com adições globais constantes. O total mundial de energia eólica gerada em 2016 foi de 487 gigawatts (GW), ao passo que em 2006, a dez anos atrás era de 74 GW.

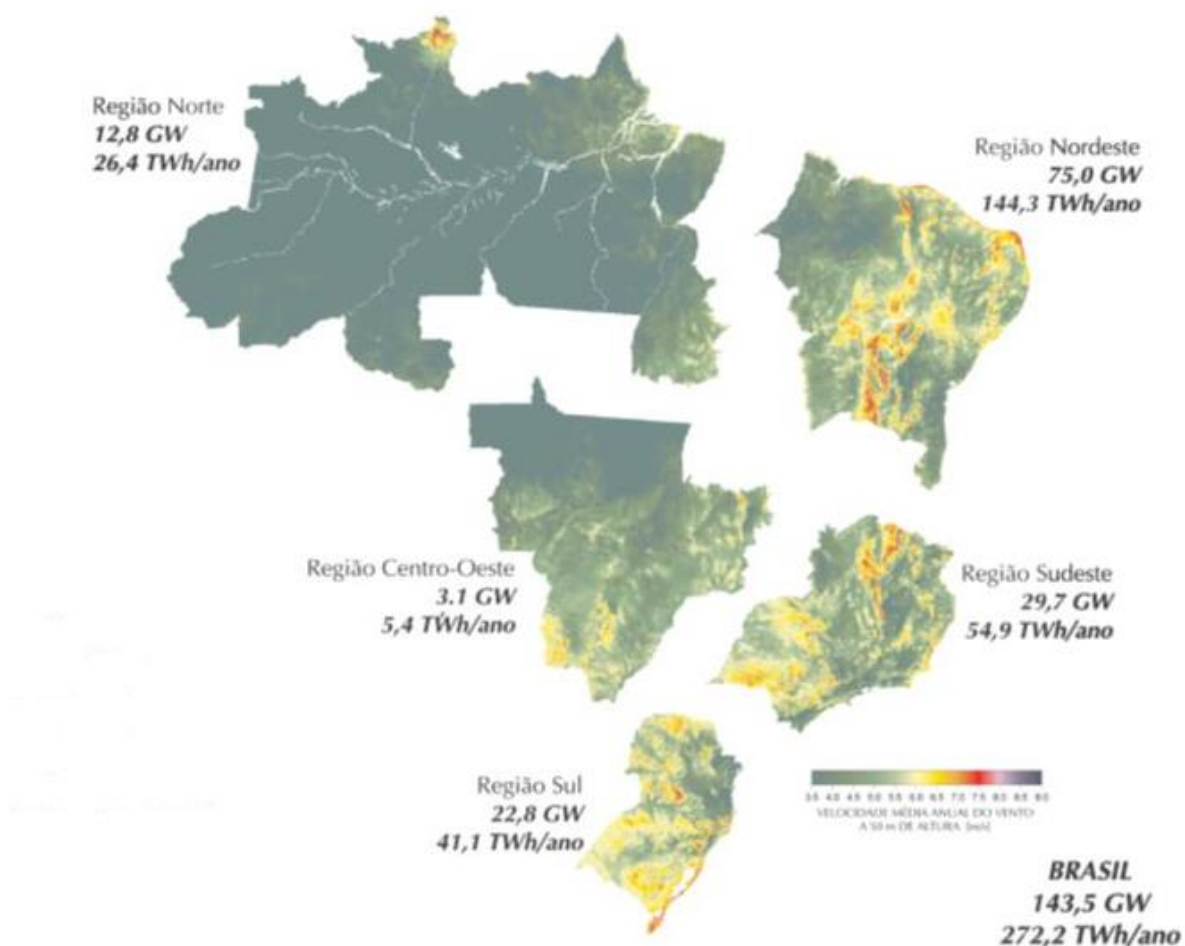
A utilização da energia eólica teve início no Brasil em 1992, com a instalação do primeiro aerogerador em Fernando de Noronha, Estado de Pernambuco. Esse projeto foi resultado de uma parceria entre o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE) e a Companhia Elétrica de Pernambuco (CELPE). A partir dessa iniciativa, pouco se avançou durante o período dos dez anos seguintes, devido à falta de políticas, e principalmente ao alto custo da tecnologia necessária. Em 2001, como reflexo da crise energética, foi criado o Programa Emergencial de Energia Eólica (PROEÓLICA), com o objetivo de incentivar a contratação de empreendimentos de geração de energia eólica no país. A partir daí, surgiram as intenções na complementariedade sazonal dos fluxos hidrológicos nos reservatórios hidrelétricos, com o regime de ventos. Devido a falta de resultados, esse programa foi substituído pelo Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), que incentivou o desenvolvimento das fontes renováveis e proporcionou que indústrias dos componentes e turbinas eólicas se fixassem no Brasil (JUNIOR, 2015).

Criado em 2001, pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica (CRESESB/CEPEL), o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, publicou resultados de estudos sobre o potencial eólico nacional, com o objetivo de fornecer informações para auxiliar na tomada de decisões quanto a identificação de áreas adequadas para melhor aproveitamento

eólio-elétrico. Nas análises realizadas foi estimado um potencial eólico no Brasil de cerca de 143 GW, considerando torres de até 50 m de altura. Com a expansão do setor, e uma previsão de que o potencial chegue a 350 GW, outros estudos setoriais foram realizados e boa parte dos estados brasileiros estão revendo o seu potencial para maiores altitudes (CRESESB, 2001).

A figura 14 apresenta o mapa de potencial eólico brasileiro, com o fluxo de potência eólica anual e a velocidade média anual do vento a 50 metros de altura. Observa-se que o maior potencial eólico está nas regiões da faixa litorânea, com maior potencial na região Nordeste (75 GW), representando mais da metade do potencial eólico do país, seguida pela região Sudeste (29,7 GW), Sul (22,8GW), Centro-Oeste (3,1 GW) e Norte (12,8 GW).

Figura 14: Mapa do potencial eólico brasileiro



Fonte: Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, 2001.

No ano de 2016, foram instaladas no Brasil 81 novas usinas eólicas, com um total de 2.013,97 megawatts (MW). A tabela 8 apresenta os resultados de geração eólica por estado



brasileiro no ano de 2016, com base em dados de Balanço Energético Nacional (BEN) de 2017. Os estados contemplados com os novos empreendimentos, foram Rio Grande do Norte, Ceará, Bahia, Pernambuco, Piauí e Rio Grande do Sul.

Tabela 8 - Geração eólica por estado brasileiro (GWh) em 2016

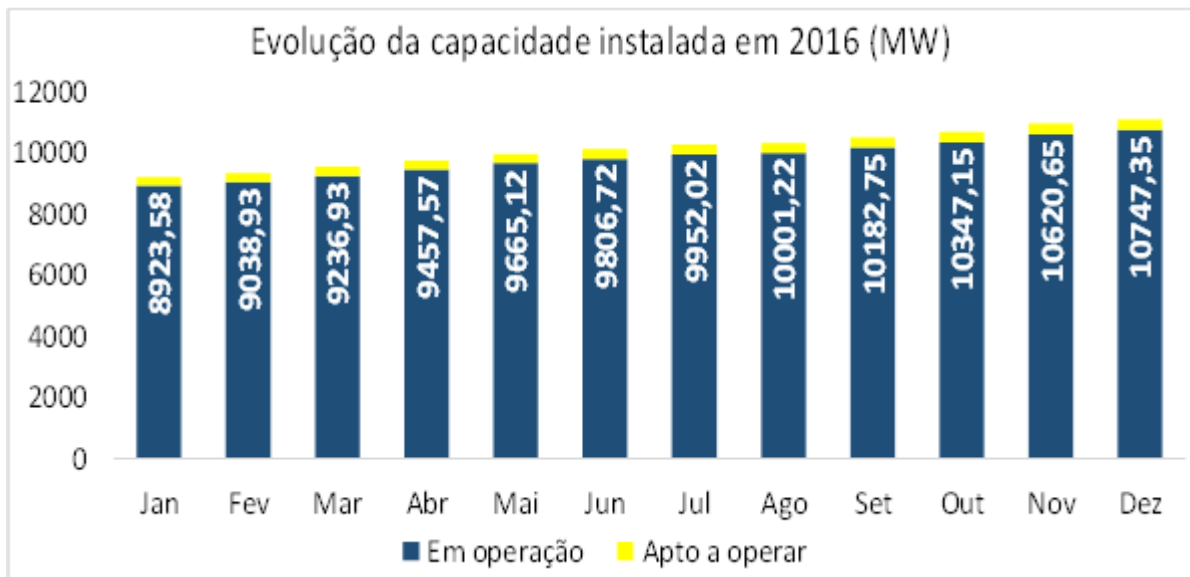
Ano	CE	RN	BA	RS	SC	PI	PB	RJ	PE	SE	PR	Total
2015	4.472	7.469	3.999	3.499	320	898	158	76	648	65	21	21.625
2016	4.956	11.616	6.295	4.671	283	3.133	163	68	2.238	63	3	33.489
%n/n-1	10,8	55,5	57,4	33,5	-11,8	248,8	3,5	-10,5	245,6	-2,9	-84,1	54,9
%2016	14,8	34,7	18,8	13,9	0,8	9,4	0,5	0,2	6,7	0,2	0,01	100,0

Fonte: Adaptado de Balanço Energético Nacional – BEN, 2017.

Nos dados apresentados na tabela 8, verifica-se que entre os Estados brasileiros, o Rio Grande do Norte foi o que apresentou a maior proporção da geração eólica brasileira de 2016, com 34,7%, seguido da Bahia, com 18,8%, que suplantou o Ceará, com 14,8%. O Piauí teve a maior expansão em relação ao ano de 2015, com 249%. Foi verificado um aumento na geração eólica, de 54,9% em 2016 em relação ao ano anterior, no qual a produção cresceu de 21.626 Gigawatt-hora (GWh) em 2015 para 33.489 GWh em 2016 (BEN, 2017).

Segundo dados da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica) 2016, o Brasil concluiu o ano de 2016, com um total de 430 parques eólicos. Responsáveis por 10,75 GW de potência eólica instalada, estes parques representam um crescimento de 23,06% de potência em relação ao ano de 2015, quando a capacidade instalada era de 8.733,38 MW. Levando-se em consideração todas as fontes de geração de energia elétrica do país, em 2016, foram instaladas 9,43 GW de potência, cujo crescimento foi liderado, principalmente, pelas fontes hidrelétrica e eólica, que representaram 60,15% e 21,35%. O total eólico permitiu para a fonte, uma participação de 7,10% da matriz elétrica brasileira, o que se deu pelo acréscimo de 2,01 GW de nova capacidade instalada em 2016, tendo em vista que no final de 2015, a participação das eólicas era de 6,15%. A capacidade total instalada em 2016 foi de 2,01 GW e a capacidade total acumulada foi de 10,75 GW. Dos 10,75 GW de capacidade total acumulada, 10,22 GW provém de parques em operação comercial (95,11%), 0,17 GW de operação em teste (1,59%) e 0,35 GW de parques que estão prontos para operar (3,30%). A figura 15 apresenta a evolução da capacidade instalada em MW para cada mês durante o ano de 2016.

Figura 15 – Evolução da capacidade instalada no Brasil em 2016 (MW)

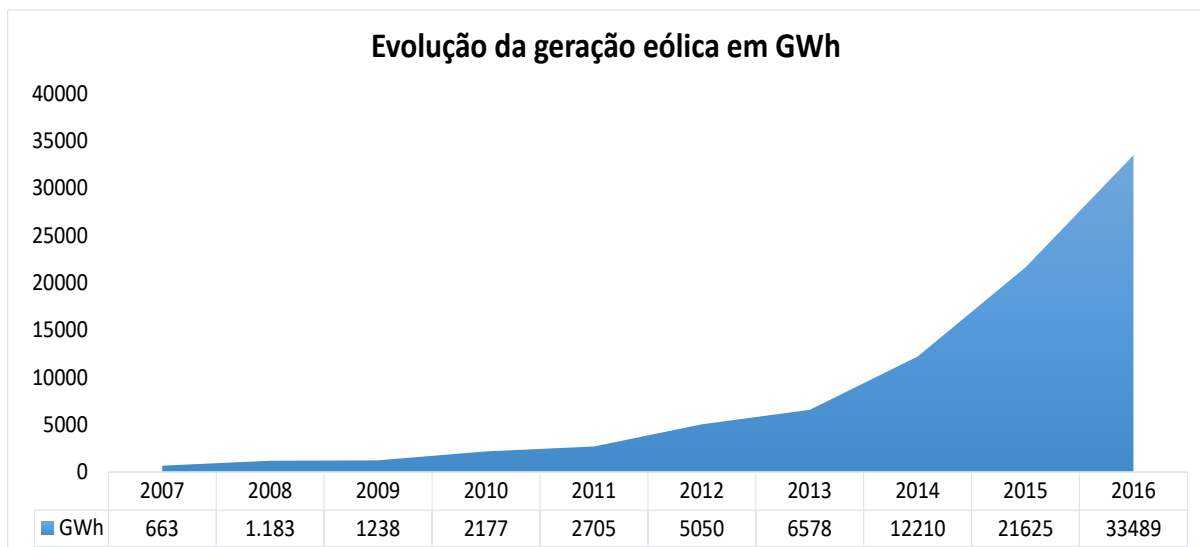


Fonte: Adaptado de ABEEólica, 2016.

Observa-se como o aumento da capacidade instalada se deu de forma constante entre os parques eólicos em operação e os aptos a operar, finalizando o ano com 10.747,35 MW em operação.

Com base em informações do Ministério de Minas e Energia (MME) de 2017, a figura 16 apresenta gráfico de evolução da geração eólica no Brasil, ao longo dos últimos anos.

Figura 16 - Gráfico de evolução da geração eólica em GWh no Brasil, até 2016

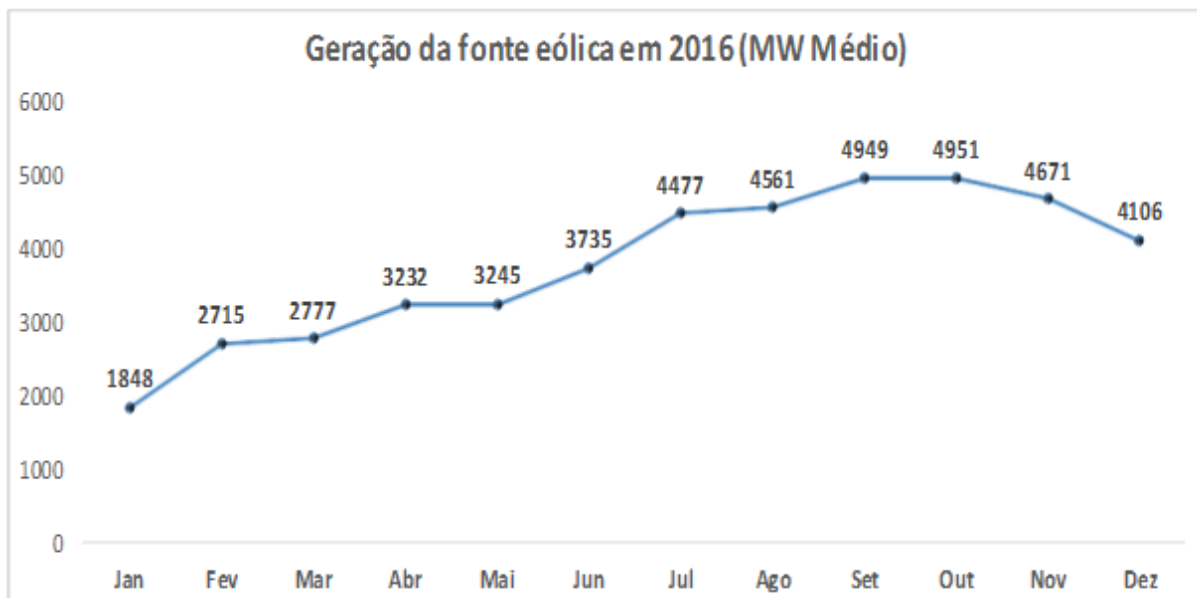


Fonte: Adaptado de MME, 2017.

Analisando os resultados do setor de eólica no Brasil apresentados na figura 16, observa-se que a partir de 2012, os resultados começaram a apresentar aumentos consideráveis a cada ano. Entre 2015 e 2016, houve uma variação de 54,9%, com 21.625 GWh em 2015 e 33.489 em 2016.

O ano de 2016 foi de grande importância para o setor eólico, pois apesar dos fatores negativos apresentados no cenário econômico nacional, o setor alcançou a concretização dos projetos de energia eólica contratados em leilões anteriores, gerando o total de 33,15 TWh de energia eólica ao longo do ano, refletindo em um aumento de 55%, em comparação com 2015. Na figura 17 está apresentada, a geração da fonte eólica verificada durante o ano de 2016 em MW.

Figura 17 – Geração da fonte eólica em 2016



Fonte: Adaptado de ABEEólica, 2017.

O ano de 2016 teve geração média 3.772,7 MW, iniciando em janeiro com 1.848 MW e finalizando em dezembro com 4.106 MW. Houve alcance recorde no mês de outubro, quando a geração alcançou os 4.951,3 MW.

### 2.2.3 Energia solar

A energia solar utilizada pelo homem, seja para aquecimento de água ou para produção de energia elétrica ou mecânica, é proveniente da radiação solar. Atua como uma forma limpa e renovável na produção de energia. Pode-se dizer que das fontes de energia, incluindo hidráulica, biomassa, eólica, combustível fóssil e energia dos oceanos, quase todas são formas indiretas da energia solar. Apesar das necessidades de ampliação da matriz energética, devido ao aumento da demanda e da escassez dos recursos não renováveis, a energia solar ainda é considerada como uma área pouco explorada. Por ser uma fonte de energia ainda aproveitada em pequena escala no país, o requisito de custo para instalação é muito alto em comparação com outras fontes, principalmente com as convencionais. A maioria das tecnologias de energia renovável esbarra no alto custo de implantação/manutenção, o que inviabiliza sua instalação. Sem a redução de custos, as opções de energia renovável continuam a ser mais caras do que as alternativas convencionais, embora tecnologias, como a solar e eólica, estejam rapidamente se tornando competitivas (ANEEL, 2008).

A energia renovável proveniente da radiação solar pode ser aproveitada de duas formas: térmica e fotovoltaica. Na térmica, há o aproveitamento em baixa, média e alta temperatura, em que esses sistemas chamados de termo solares são utilizados em diversas aplicações, sendo a mais comum, o aquecimento de piscinas e sistemas de aquecimento de água em edificações. A fotovoltaica é obtida por meio da conversão da radiação solar em eletricidade pelo uso de materiais semicondutores, no fenômeno conhecido como efeito fotovoltaico (KEMERICH et al., 2016).

Os sistemas fotovoltaicos possuem duas classificações principais, que são: sistemas isolados, também conhecidos como autônomos e sistemas conectados à rede elétrica. A principal diferença entre eles é a necessidade do uso de um sistema acumulador de energia. Os sistemas autônomos caracterizam-se pela captação de energia solar e geração de energia elétrica, que deve ser armazenada em um banco de acumuladores químicos (baterias), nos quais a energia gerada pelos módulos solares é armazenada e distribuída aos locais de consumo. Esses sistemas geralmente são utilizados quando o custo de estender a rede elétrica pública for proibitivo devido à distância ou ao difícil acesso juntamente à baixa demanda da comunidade a ser atendida.

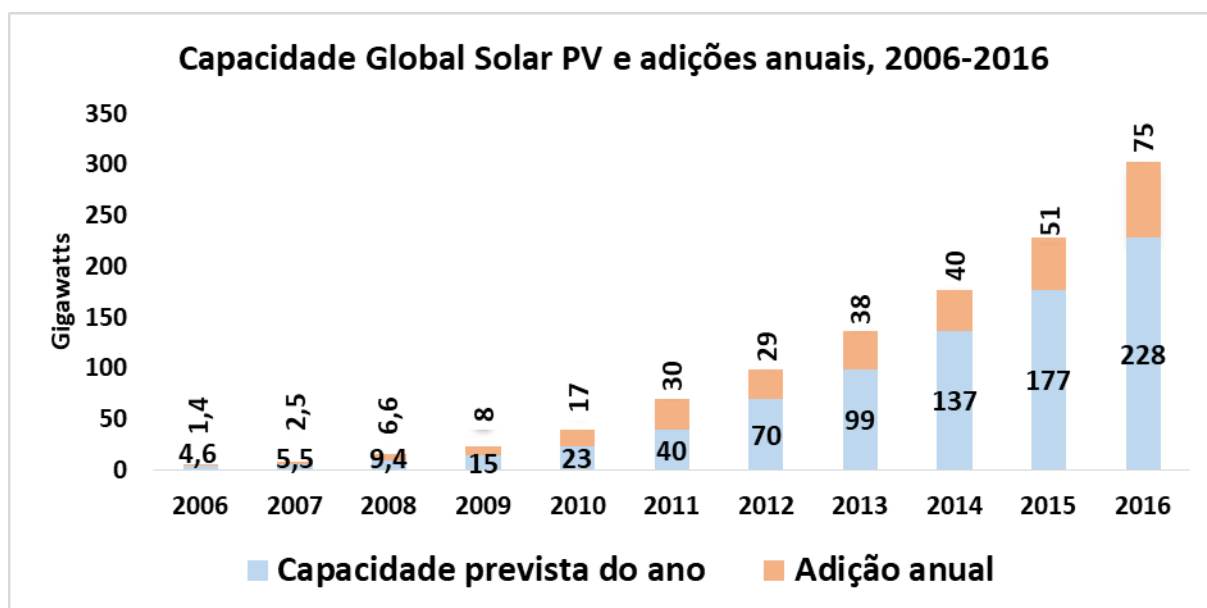
Os sistemas conectados à rede elétrica, não precisam do uso das baterias, pois funcionam como usinas paralelas às grandes centrais geradoras de energia elétrica, podendo

ser integrados ao imóvel, sobrepondo ou substituindo elementos de revestimento e, portanto, próximos ao ponto de consumo, ou do tipo central fotovoltaica, sendo geralmente distante do ponto de consumo. Essa deve ser compreendida como uma fonte complementar, já que sua disponibilidade é considerada intermitente. Vale destacar que a energia solar fotovoltaica no Brasil, possui um potencial superior à demanda de energia ativa e futura do país, devendo assim, ser incentivada a participar de forma crescente na matriz energética nacional (RUTHER; SALAMONI, 2011).

O sistema fotovoltaico é constituído basicamente por painéis, inversores controladores/reguladores e baterias solares. Os painéis fotovoltaicos são estruturados pelo agrupamento paralelo em série de células fotovoltaicas, consideradas o componente mais importante do sistema, pois a conversão do recebimento da radiação solar em energia elétrica é efetuada por células, o que causa a produção de corrente elétrica. Os inversores são responsáveis pela conversão em corrente contínua para alternada. Os controladores efetuam o controle do fluxo de energia e protegem as baterias que suportam frequentes cargas e descargas. O sistema fotovoltaico pode ser classificado como autônomo híbrido ou ligado à rede elétrica, podendo haver a adição de outros componentes ao próprio sistema para que possa ser realizada a utilização residencial (SILVA et al., 2009).

Com base em dados da agência internacional de energia, em inglês, Internacional Energy Agency (IEA), a figura 18 apresenta a capacidade global solar fotovoltaica e adições anuais entre os anos de 2006 a 2016.

Figura 18 – Capacidade global solar e adições anuais no Brasil



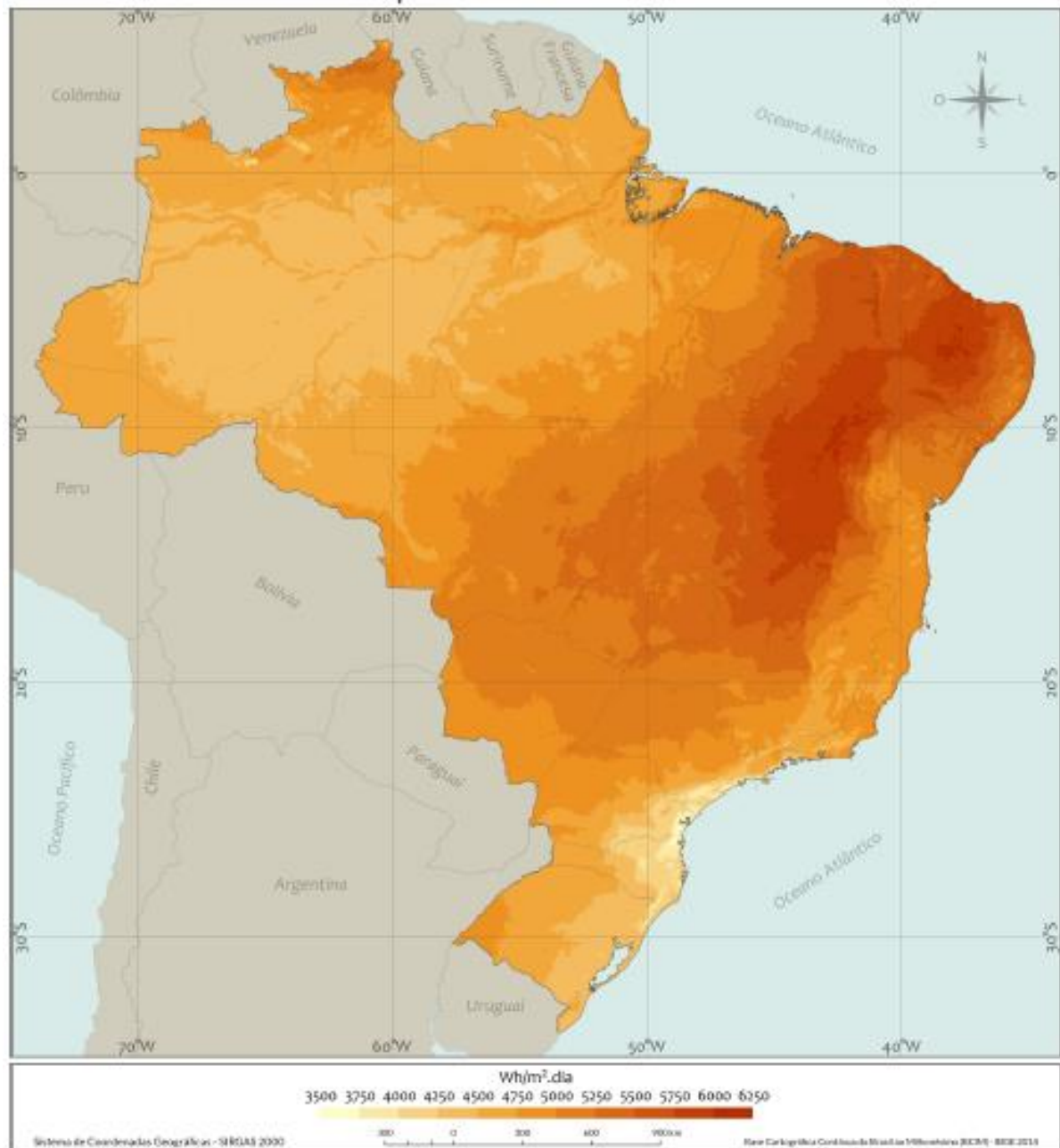
Fonte: IEA, 2017.

Conforme ilustrado na figura 18, a capacidade global de energia solar fotovoltaica, tem crescido gradativamente nos últimos anos. Durante o ano de 2016, foi adicionado em todo o mundo, pelo menos 75 gigawatts (GW) de capacidade solar fotovoltaica. Considerando a capacidade prevista (228 GW) e a adição anual, o total mundial em 2016 foi de 303 GW.

Devido à sua localização geográfica, o Brasil possui elevados níveis de radiação solar, com concentrações de irradiação média diária entre 4,8 e 6,0 kWh/m<sup>2</sup>/dia. Estas características mantem o Brasil em uma posição bastante vantajosa em relação a diversos países desenvolvidos, sendo definitivamente um país com potencial para produção de energia através da fonte solar. Na Alemanha, por exemplo, país com maior produção de energia fotovoltaica atualmente, o valor máximo de irradiação média diária é de 3,4 kWh/ m<sup>2</sup>/dia. Desta forma, o local com menor insolação no Brasil, possui taxas maiores que o local de maior insolação na Alemanha, havendo assim um enorme potencial para a expansão da energia solar fotovoltaica. Por ser uma fonte limpa, a energia solar é uma opção bastante promissora, podendo-se reduzir em 70% o consumo de energia convencional e complementar a matriz de geração de energia elétrica do país (BIÂNGULO; SILVA, 2015).

Com base em informações divulgadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em 2017, o mapa da figura 19 apresenta os diferentes níveis de radiação solar no Brasil, demonstrando o grande potencial do país na geração de energia solar.

Figura 19 - Mapa da irradiação solar do Brasil



Fonte: Extraída de INPE, 2017.

Segundo Filho et al. (2015), a geração fotovoltaica de energia elétrica tem se mostrado convidativa, tanto pelo aproveitamento de uma fonte renovável, quanto por não apresentar a intensidade dos impactos ambientais que estão associados às fontes convencionais de energia. Apesar disto, no caso das usinas solares fotovoltaicas os impactos ambientais decorrentes da implantação e operação, não podem ser negligenciados, estando relacionados basicamente à sua localização, às características dos ecossistemas locais e às características físico-climáticas dos locais de implantação. Em uma análise generalizada, quando comparados com os

impactos positivos e as vantagens de sua implantação, os impactos negativos dos sistemas fotovoltaicos são bastante reduzidos. Apesar das dificuldades e barreiras encontradas para ampliação e desenvolvimento do uso de energia solar, os impactos negativos causados pelas fontes tradicionais de energia, vem impulsionando cada vez mais o seu desenvolvimento, que vem sendo aplicada com avanços tecnológicos e conseqüentemente gradativa redução de custos, tanto de aplicação, quanto de seus componentes, como é o caso dos painéis.

Esse tipo de aproveitamento da energia proveniente do sol, antes atrativo apenas em regiões remotas ou na zona rural, começa a se tornar uma solução economicamente viável para a utilização em aplicações diversas, inclusive nas áreas urbanas. Estima-se que em 2020, cerca de 1% da energia elétrica consumida mundialmente será de origem fotovoltaica elevando essa fração para 26% em 2040. Estes dados só nos mostram o quanto é importante e necessário investir nas fontes limpas para transição dos sistemas tradicionais. Havendo a necessidade de fontes limpas e sem a dependência de combustíveis ou recursos naturais finitos, as projeções de aumento de demanda de tecnologias de aproveitamento solar são bastante promissoras (BRITO et al., 2015).

Diversas soluções já estão sendo desenvolvidas a partir de pesquisas em vários laboratórios do mundo, que estão buscando aperfeiçoar e inovar o setor, com o desenvolvimento de tecnologias que otimizem os custos e eficiência dos sistemas fotovoltaicos, como por exemplo, o uso de baterias para armazenar a energia gerada durante o período de maior disponibilidade, e o uso integrado a outras fontes energéticas, como a hidrelétrica e eólica, que otimizem os custos e eficiência dos sistemas fotovoltaicos. Os esforços para esse setor, com as descobertas de novos métodos e equipamentos avançados, além de investimentos direcionados ao setor, poderão fazer do recurso solar uma das fontes energéticas mais favoráveis para o uso racional da energia e desenvolvimento sustentável (CABRAL; VIEIRA, 2012).



## 2.2.4 Biomassa

Fonte primária de energia, a biomassa é considerada como um dos recursos energéticos mais antigos da humanidade. Consiste em matéria orgânica de origem animal ou vegetal, não fóssil, que contem energia armazenada sob a forma de energia química acumulada por meio da transformação energética da radiação solar, que pode ser transformada em energia térmica, mecânica ou elétrica ou ser convertida por diferentes processos em produtos energéticos, como carvão vegetal, etanol, gases combustíveis e de síntese, óleos vegetais combustíveis e outros (FAPESP, 2010).

A madeira, em sua forma mais simples e abundantemente encontrada na natureza, permitiu uma drástica evolução nos hábitos de vida do homem primitivo. A descoberta do fogo possibilitou a produção de luz e calor, permitindo a transformação de materiais. Utilizada na forma de lenha, a madeira foi durante milhares de anos, a fonte de energia que possibilitou a evolução das tecnologias desenvolvidas pelo homem. A descoberta dos metais e o desenvolvimento de técnicas de combustão da lenha permitiram que fossem fabricadas e modeladas armas e ferramentas que facilitaram diversos trabalhos (SANTOS et al., 2017).

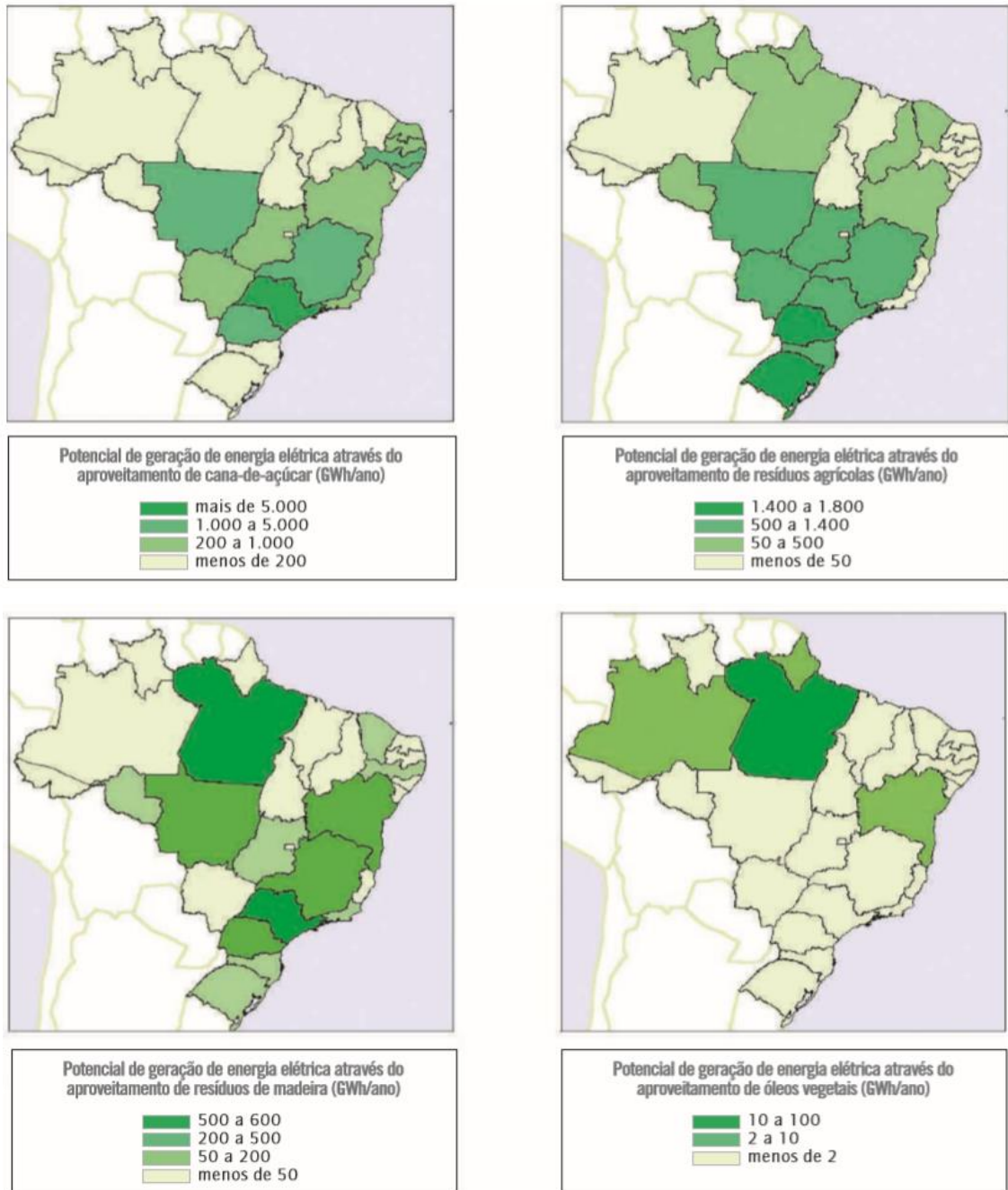
De acordo com estimativas existentes, cerca de um terço da população mundial ainda depende de resíduos agrícolas, lenha, esterco animal entre outros resíduos domésticos para satisfazer as suas necessidades energéticas. Principalmente nos países em desenvolvimento, nos quais utilizações tradicionais da biomassa respondem por mais de 90% da contribuição da biomassa para o suprimento global de energia, sendo que a maior parte ocorre fora da economia formal de mercado. Calcula-se que nesses países a biomassa tradicional responda por mais de 17% do consumo total de energia primária. Os impactos sobre a saúde associados a níveis elevados de poluição do ar em ambientes internos normalmente representam um risco maior para os membros mais vulneráveis das comunidades. Apesar desses inconvenientes, bilhões de pessoas ainda dependem de esterco, resíduos de colheitas e lenha, pelo fato de que estes combustíveis são os recursos energéticos mais acessíveis e menos onerosos disponíveis (FAPESP, 2010).

O uso de biomassa no Brasil é resultado de uma combinação de fatores, incluindo a rápida industrialização e urbanização, disponibilidade de recursos e mão de obra barata e a experiência histórica com aplicações industriais dessa fonte de energia em grande escala. Aproximadamente, 75% do álcool produzido no Brasil é proveniente do caldo de cana. Os 25% restantes têm origem no melaço resultante da produção de açúcar. A utilização da lenha no Brasil ainda é significativa, principalmente nas carvoarias para produção de carvão vegetal

e na cocção de alimentos nas casas residenciais. O consumo de lenha tem crescido nos últimos anos pelo aumento dos custos do seu substituto direto, o gás liquefeito de petróleo (GLP), vendido em botijões. Na produção de carvão vegetal foram consumidas cerca de 40 milhões de toneladas, equivalente a 44% da produção total, em razão principalmente do forte crescimento da produção de ferro gusa e substituição do carvão mineral. Os restantes (17%) representam consumos na agropecuária e demais setores da indústria (GOLDEMBERG; LUCON, 2007).

No Brasil, a biomassa possui um grande potencial no setor de geração de energia elétrica. O setor sucroalcooleiro gera resíduos em grande quantidade, que pode ser aproveitado na geração de eletricidade. A produção de madeira, em forma de lenha, carvão vegetal ou toras também gera uma grande quantidade de resíduos, que pode igualmente ser aproveitada na geração de energia elétrica. A quantidade de energia aproveitável a partir de resíduos de extração vegetal é função do poder calorífero desses resíduos. A figura 20, apresenta o potencial de geração de energia elétrica a partir da biomassa no Brasil. Os estados do Pará (atividade extrativista) e São Paulo (reflorestamento), são os que possuem maior potencial de aproveitamento de resíduos da madeira para a geração de energia elétrica. Ainda com grande potencial no setor de geração de energia elétrica, estão os resíduos agrícolas, onde os maiores potenciais estão nas Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, destacando-se os Estados do Paraná e Rio Grande do Sul (ANEEL, 2002).

Figura 20: Potencial de geração de energia elétrica a partir da biomassa



Fonte: ANEEL, 2002.

Para fins energéticos, a biomassa pode ser classificada em três principais categorias: biomassa energética florestal, com produtos e subprodutos ou resíduos produzidos; biomassa energética da agropecuária, as culturas agro energéticas e os resíduos e subprodutos das atividades agroindustriais, agrícolas e da produção animal; e rejeitos urbanos (BEN, 2017).

Estas categorias estão diretamente relacionadas com a origem da matéria que constitui os biocombustíveis. A biomassa energética florestal corresponde aos biocombustíveis derivados dos recursos florestais. Entre os produtos e subprodutos produzidos, estão a

biomassa lenhosa, gerada de forma sustentável a partir de florestas cultivadas ou florestas nativas, obtida por meio de reflorestamento com espécies de rápido crescimento, com destaque para o gênero *Eucalyptus* ou pelo desmatamento de florestas nativas para abertura de áreas para agropecuária. A biomassa pode ser originada também, em atividades que processam ou utilizam a madeira para fins não energéticos, destacando-se a indústria de papel e celulose, serrarias, indústria moveleira, etc (IBÁ, 2017).

Os rejeitos urbanos são a biomassa existente em resíduos sólidos e líquidos urbanos de origem diversa, que se encontra no lixo e esgoto. O esgoto urbano possui matéria orgânica residual diluída, e seu tratamento é uma imposição sanitária, que encontra aplicação energética, por meio da rota tecnológica de digestão anaeróbica. O lixo urbano é considerado como uma mistura heterogênea de metais, plásticos, vidro e matéria orgânica, resíduos celulósicos e vegetais (MME, 2007).

Mesmo ainda sendo uma fonte pouco expressiva na matriz energética mundial, a biomassa passou a ser considerada nos últimos anos, como uma importante alternativa para a sua diversificação e conseqüente redução da dependência de combustíveis fósseis. Ainda com apenas 13% do consumo mundial de energia primária, a biomassa é uma das fontes para produção de energia com maior potencial de crescimento para os próximos anos. Muitas regiões do mundo a utilizam como fonte de grande parte da energia térmica e elétrica, utilizando principalmente a madeira, utilizada como lenha e carvão, e resíduos agrícolas. A China é um exemplo desse tipo de consumo, onde cerca de 30 milhões de habitantes vivem no país, sem acesso a energia elétrica e utilizam biomassa tradicional como lenha, resíduos agrícolas (286 milhões de toneladas por ano), na maioria queimados em fogões de baixa eficiência, resíduos de animais para cocção e aquecimento (850 milhões de toneladas por ano), e querosene e velas para iluminação (SANTOS et al., 2017).

Ainda segundo Santos et al (2017), a oferta expressiva de biomassa como recurso energético no Brasil, está vinculada principalmente a sistemas integrados de produção agroindustrial, silvicultural e agrícola, apresentando uma produção de biomassa com enorme potencial de aproveitamento energético. As condições geográficas e naturais favoráveis, aliadas à quantidade de terra agricultável com características adequadas de solo e condições climáticas, fazem do país, um dos que reúne as maiores vantagens comparativas para liderar a agricultura de energia.

Fornecer energia moderna para as zonas rurais tem sido um processo lento, porém tem surgido diversas oportunidades significativas para melhorar ou substituir métodos tradicionais de utilização da energia de biomassa, com os conseqüentes benefícios para a saúde humana e

para a preservação da natureza. Usos modernos de biomassa oferecem um leque bastante amplo de possibilidades para reduzir a dependência de combustíveis fósseis, diminuindo emissões de gases de efeito estufa e promovendo desenvolvimento econômico sustentável. Há uma série de tecnologias de energia de biomassa disponível, adequadas para a aplicação em pequena e grande escala, incluindo a gaseificação, gás de aterro sanitário, a produção combinada de calor e eletricidade (cogeração), recuperação de energia a partir de resíduos sólidos municipais ou biocombustíveis para o setor de transportes (etanol e biodiesel). Modernas utilizações de biomassa para gerar eletricidade e calor, ou como fonte de combustível para transportes, podem representar menos de 10% do consumo total de energia de biomassa em todo o mundo (FAPESP, 2010).

No Brasil a indústria de árvores é um setor de base 100% renovável com grande contribuição na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, baseada na formação e manutenção de estoques de carbono das árvores plantadas e nativas conservadas pelas empresas. Por sua vasta dimensão territorial, distintos biomas e condições favoráveis de clima e solo, o Brasil possui a mais rica flora e fauna do mundo. Segundo dados do IBÁ (2017), no ano de 2016, por meio da utilização de técnicas avançadas de manejo florestal, as florestas plantadas ocuparam 7,84 milhões de hectares, representando menos de 1% do território nacional, sendo responsáveis pelo estoque de aproximadamente 1,7 bilhão de toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub> eq). Com essa área de reflorestamento, o setor brasileiro de árvores plantadas é responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins produtivos e 6,2% do Produto Interno Bruto (PIB) industrial do país. É ainda um dos segmentos com maior potencial de contribuição para a construção de uma economia verde, contribuindo para a conservação da biodiversidade, preservação do solo, regulação dos recursos hídricos, recuperação de áreas degradadas, geração de energia renovável, além de atividades culturais, científicas, recreativas e educacionais.

O setor florestal é o que mais protege áreas naturais no Brasil. Além das remoções e estoques de carbono das árvores plantadas, o setor gera e mantém reservas de carbono que podem chegar a aproximadamente de 2,48 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub> eq em quase 6 milhões de hectares destinados a conservação na forma de áreas de Reserva Legal (RL), Áreas de Proteção Permanente (APPs) e Áreas de Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) que contribuem diretamente para a conservação da biodiversidade. Da área total de 7,84 milhões de hectares de árvores plantadas no Brasil em 2016, 34% pertence às empresas do segmento de celulose e papel, 29% se encontram com proprietários independentes e pequenos e médios produtores do programa de fomento florestal, que investem em plantios florestais

para comercialização da madeira in natura. 14% é do segmento de siderurgia a carvão vegetal e 10% é reservado para os investidores financeiros, que atraídos pelo grande potencial florestal do país, iniciaram suas operações aqui há pouco mais de dez anos, aplicando em fundos especializados em ativos florestais. E os segmentos de painéis de madeira e pisos laminados (6%), de produtos sólidos de madeira (4%) e outros (3%) completam o quadro de distribuição de áreas de árvores plantadas no Brasil (IBA, 2017).

Quanto a oferta total de bioenergia, no ano de 2016, ofertou-se 86,2 Mtep (1.674 mil tep/dia), valor que corresponde a 29,9% da matriz energética brasileira. Os produtos da cana de açúcar, bagaço e etanol, com 50,3 Mtep, corresponderam a 58,4% da bioenergia e por 17,5% da matriz. A lenha, com 23,1 Mtep, correspondeu a 26,8% da bioenergia e a 8% da matriz. As outras biomassas, como lixo, resíduos de madeira, resíduos da agroindústria e biodiesel, com 12,8 Mtep, corresponderam a 14,8% da bioenergia e 4,4% da matriz. Na matriz energética brasileira, o bagaço representou 12,5%, e o etanol 5%. A produção de etanol de 2016, ficou em 28,3 milhões de m<sup>3</sup>, mostrando um recuo de 7% sobre a produção de 2015.

O biodiesel respondeu por 1,1% da matriz energética brasileira. A capacidade instalada das 48 unidades produtoras de biodiesel, existentes em dezembro de 2015 (53 em 2015), totalizou 7.316 mil m<sup>3</sup>/ano, sendo 40% na região Centro-Oeste, 40% na região Sul, 12% no Sudeste, 6% no Nordeste e 2% na região Norte. A tabela 9 apresenta a produção de biodiesel no Brasil em 2015 e 2016, por estado e os valores em % da representatividade de cada estado em 2016 (BEN, 2017).

Tabela 9 - Produção de biodiesel, por Estado (mil m<sup>3</sup>), em 2015 e 2016

Ano	BA	CE	GO	MT	MG	PR	SP	TO	RS	RO	MS	RJ	SC	RN	Total
<b>2015</b>	225	87	695	846	92	364	184	62	1.114	4	207	19	34	2	3.937
<b>2016</b>	245	59	650	819	95	393	138	38	1.075	1	178	22	89	-	3.801
<b>%2016</b>	6,5	1,6	17,1	21,5	2,5	10,3	3,6	1,0	28,3	0,03	4,7	0,6	2,3	-	100%

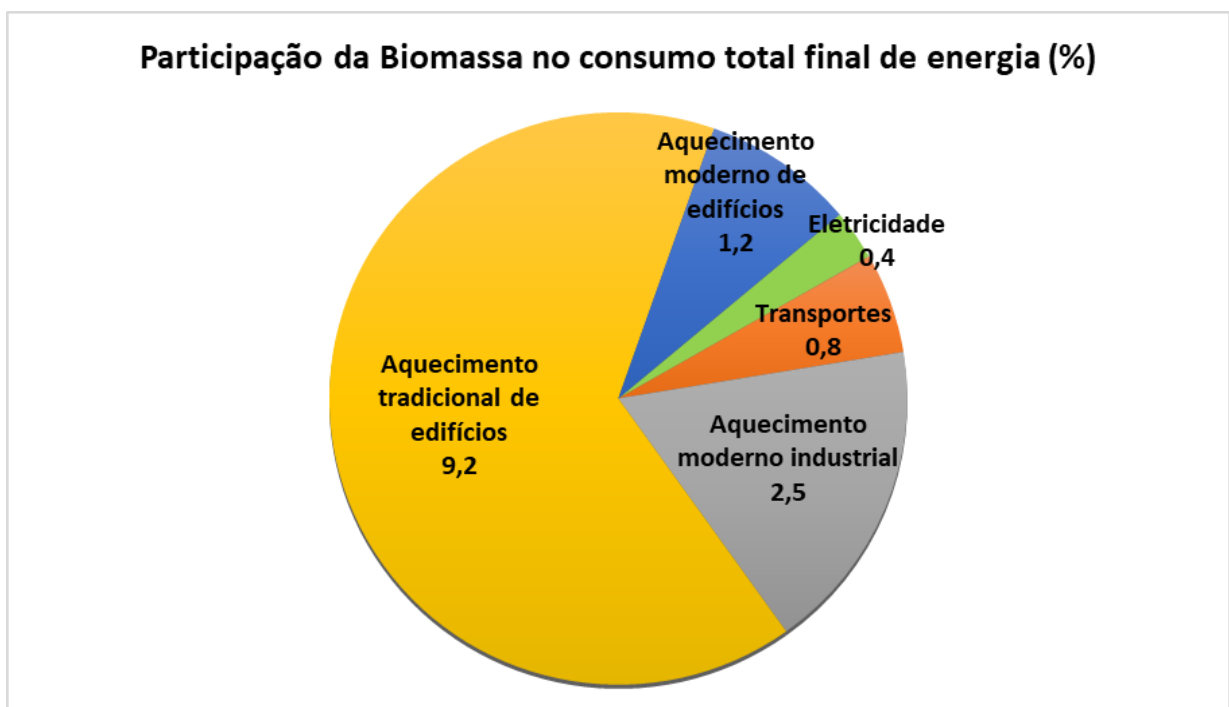
Fonte: Adaptado de Balanço Energético Nacional – BEN, 2017.

Conforme a tabela 8, a produção de biodiesel foi de 3.801 m<sup>3</sup> em 2016, mostrando uma baixa de 3,5% sobre 2015, que teve um total de 3.937 m<sup>3</sup>. Dos estados brasileiros o que apresentou maior produção em 2016, foi o Rio Grande do Sul (28,3%), seguido pelo Mato Grosso (21,5%), Goiás (17,1%), Paraná (10,3%), Bahia (6,5%), Mato Grosso do Sul (4,7%), São Paulo (3,6%), Minas Gerais (2,5%), Santa Catarina (2,3%), Ceará (1,6%), Tocantins (1%), Rio de Janeiro (0,6%) e Roraima (0,03%).

Isto permite que uma maior dependência desse recurso em aplicações modernas possa desempenhar um papel importante na transição para sistemas energéticos mais sustentáveis. O recente interesse pela energia de biomassa tem se concentrado, principalmente, em aplicações que produzem combustíveis líquidos para o setor de transportes. A curto e médio prazo oferece as alternativas mais promissoras aos combustíveis líquidos à base de petróleo para o setor de transporte. Em contrapartida, seu uso, muitas vezes é conduzido de forma que não pode ser considerada sustentável ou renovável, no sentido de evitar a degradação ou a exaustão da base de recursos subjacentes ao longo do tempo (FAPESP, 2007).

Segundo o REN (2017), do consumo total final de energia no mundo, 14,1% é derivado de Biomassa e 85,9% é material de não biomassa. A figura 21 apresenta a participação da biomassa no consumo final total de energia no mundo.

Figura 21 - Gráfico de participação da Biomassa no consumo final total de energia (%)



Fonte: REN, 2017.

Destes 14,1% derivados de participação da biomassa no consumo final de energia, 1,2% é destinado para aquecimento moderno de edifícios, 0,4% para eletricidade, 0,8% para transportes, 2,5% para aquecimento moderno industrial e 9,2% para aquecimento tradicional de edifícios.

## 2.3 PRINCIPAIS INCENTIVOS AO USO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL

Considerada como um bem básico para a integração do ser humano ao desenvolvimento, a energia proporciona oportunidades e maior variedade de alternativas tanto para o indivíduo quanto para a comunidade. Para que toda economia de uma região, possa se desenvolver plenamente, é necessária uma fonte de energia de custo aceitável e credibilidade garantida. De forma que o indivíduo e a comunidade possam ter acesso adequado a serviços essenciais tais como educação, saneamento e saúde pessoal, que proporcionam um aumento na qualidade de vida (REIS; SILVEIRA, 2000).

O Brasil é um país de grande potencial para o desenvolvimento e uso das energias renováveis, sendo necessário empreender políticas públicas para suprir a demanda de energia elétrica decorrente do crescimento econômico, social e tecnológico considerando os riscos associados à composição da matriz energética brasileira ainda predominante nas hidrelétricas e termelétricas movidas a petróleo, carvão mineral e gás.

O objetivo destas políticas deve estar baseado na garantia do suprimento de energia elétrica como fator primordial para promoção do desenvolvimento sustentável do país, eliminando por completo a possibilidade de ocorrência de novas crises de abastecimento, como a que ocorreu em 2001, resultando no racionamento de energia elétrica. Para que o Brasil possa atingir uma situação de confiabilidade e segurança energética é necessário que sejam realizados novos investimentos na geração e transmissão de energia, tanto para construção de novas usinas hidroelétricas e nucleares, e para o desenvolvimento de fontes alternativas e renováveis de energia. As fontes hidroelétricas demandam investimentos altos e de longo prazo de implantação. E apesar de ser renovável e limpa, gera riscos sociais e ambientais de alto impacto, produzidos pelo represamento das águas e alagamento das áreas. Dependendo dessa fonte aumenta os riscos de queda na produção de energia elétrica, devido aos períodos de escassez de chuvas e consequente redução do volume de água dos reservatórios (NETO, 2012).

### 2.3.1 Programa de Incentivo ao uso de Fontes Alternativas (PROINFA)

Instituída pela lei Nº 10.438 de 26 de abril de 2002 e atualizado pela lei Nº 10.762, de 11 de novembro de 2003, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), foi criado visando o aumento da participação de energia elétrica produzida a partir de empreendimentos de produtores independentes e autônomos, com base em fontes



eólicas, Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e biomassa, no Sistema Interligado Nacional (SIN). Além de ser um instrumento de promoção do desenvolvimento sustentável, valorizando as características e potencialidades regionais e locais e preservando o meio ambiente, o PROINFA tem o objetivo de promover a diversificação da matriz energética brasileira, buscando alternativas para aumentar a segurança no abastecimento de energia elétrica (NETO, 2012).

A responsabilidade pela execução do programa é da Eletrobrás com a celebração de Contratos de Compra e Venda de Energia (CCVE) e elaboração do Plano Anual do PROINFA (PAP), um relatório anual sobre os fatos principais relativos ao programa. A coordenação do programa é realizado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), que é responsável pela definição das diretrizes, elaboração do planejamento, fixação do valor econômico de cada fonte e o seu monitoramento. Além da Eletrobrás e do MME, que são os gestores do programa, participam da sua efetivação a Casa Civil, o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Cultura (MCTIC), o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), o Ministério da Integração Nacional (MIN), o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o Ministério da fazenda, o congresso nacional, a ANEEL, a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), os bancos e agências de desenvolvimento, os governos estaduais e municipais, Organizações não governamentais (ONGs) e associações, universidades e centros de pesquisa (MME, 2018).

O Programa foi dividido em duas etapas. Na primeira etapa, o objetivo inicial era implantar 3.300 gigawatts (GW) de energia, distribuída de forma igual por cada uma das três fontes participantes (PCH, biomassa e eólica), com prazo previsto para início de funcionamento até 30 de dezembro de 2006. A energia gerada pelas usinas teria compra assegurada pelas Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobrás), no prazo de 20 anos a partir da data de entrada em operação dos empreendimentos. Os custos da geração de energia seriam rateados entre todas as classes de consumidores finais atendidas pelo Sistema Integrado Nacional (SIN), de forma proporcional ao consumo verificado, com exceção dos consumidores classificados como baixa renda, ou seja, aqueles com consumo igual ou inferior a 80 kWh/mês. Foi previsto pelo programa que as três fontes atenderiam a 10% do consumo anual de energia elétrica no país, até 2020 (FERREIRA, et al, 2014).

Houve nessa primeira etapa, uma preocupação do governo federal com o incentivo as indústrias fabricantes de equipamentos de geração de energia, restringindo a participação dos produtores de energia para aqueles que se comprometessem a atingir um índice de 60% de nacionalização dos equipamentos e serviços envolvidos em cada empreendimento. Isto gerou

dificuldades na implantação dos projetos, principalmente de usinas eólicas, já que no início do programa, havia um único fabricante sediado no país que não conseguiria atender a toda a demanda por equipamentos (NETO, 2012).

Conforme apresentado na tabela 10, foram contratadas na primeira fase do PROINFA, 144 empreendimentos, com o total de 3.299,40 megawatts (MW) de capacidade instalada, sendo 1.191 MW de 63 PCHs, 685 MW de 27 usinas de biomassa e 1.423 de 54 usinas eólicas. Nos resultados obtidos nesta fase, conclui-se que 86% dos empreendimentos de PCH estão na região Centro-sul, 41% dos projetos de biomassa na região Sudeste e 67% dos projetos de energia eólica, estão localizados no Nordeste brasileiro.

Tabela 10 – PROINFA: Usinas e potências contratadas por região

Região	PCH		Biomassa		Eólica		Total	
	Qte	MW	Qte	MW	Qte	MW	Qte	MW
Norte	6	102	-	-	-	-	6	102
Nordeste	3	42	6	119	36	806	45	967
Centro-Oeste	25	499	6	129	-	-	31	628
Sudeste	15	285	11	332	2	163	28	780
Sul	14	263	4	105	16	454	34	822
<b>Total</b>	<b>63</b>	<b>1.191</b>	<b>27</b>	<b>685</b>	<b>54</b>	<b>1423</b>	<b>144</b>	<b>3.299</b>

Fonte: Eletrobrás, 2009.

Apesar dos 144 empreendimentos aprovados, apenas um conseguiu iniciar suas operações antes de 2006, conforme proposto inicialmente. Em 2010, ainda havia projetos não completos e o prazo de instalação foi prorrogado mais uma vez, para 31 de dezembro de 2011, através da Medida Provisória 517. Antes da segunda fase do PROINFA, o governo brasileiro realizou uma modificação no modelo de desenvolvimento do setor elétrico, por meio da lei Nº 10.848 de 15 de março de 2014. Nesse novo modelo estavam previstos dois ambientes de contratação de energia, sendo um regulado, para consumidores cativos e distribuidores, no qual as compras de energia seriam feitas por licitação, na modalidade de leilão, pelo critério de menor preço. E outro, livre, para consumidores livres e comerciantes com capacidade de negociar seus contratos de suprimentos. Sem uma definição clara das novas formas de contratação de energia, estas mudanças no setor elétrico, alteraram as regras de comercialização, impactando na operacionalização do PROINFA e gerando incertezas quanto ao futuro do programa no mercado. O atraso na conclusão dos empreendimentos na primeira fase, aliados a indefinição quanto a periodicidade dos leilões para contratação de energia, afetaram o alcance dos resultados definidos para o programa. As principais razões para os atrasos na implantação dos projetos foram a baixa capacidade financeira por parte dos

empreendedores e o baixo porte da indústria de equipamentos nacional, em especial de aerogeradores, que dificultaram o atendimento ao índice de nacionalização requerido (NETO, 2012).

A tabela 11 apresenta os empreendimentos que entraram em operação nos anos de 2015 e 2016, entre as fontes PCH, Eólica e biomassa e suas respectivas potências adicionadas.

Tabela 11 - Empreendimentos que entraram em operação nos anos de 2015 e 2016

Fontes	Empreendimentos	Potência (MW)
PCH	60	533,34
Eólica	52	1.282,52
Biomassa	19	1.159,24
<b>Total</b>	<b>131</b>	<b>2.975,10</b>

Fonte: Eletrobrás, 2016.

Segundo a Eletrobrás (2016), o PROINFA adicionou ao Sistema Interligado Nacional (SIN), 131 novos empreendimentos. A contratação de energia foi encerrada em 31 de dezembro de 2011. Estão divididos em 60 PCHs (1.159,24 MW), 52 eólicas (1.282,52 MW) e 19 térmicas a biomassa (533,34 MW). Ao todo, os 131 empreendimentos totalizam 2.975 MW de capacidade instalada. Até 2016, a contribuição do PROINFA para o sistema em termos de volume de energia gerada foi de aproximadamente 79 milhões de MWh. Em 2016, o programa gerou 9,4 milhões de MWh, com custo de R\$ 3,65 bilhões. A energia elétrica gerada anualmente por essas usinas é suficiente para abastecer o equivalente a cerca de 4,5 milhões de brasileiros o que equivale a três cidades com o mesmo porte do Recife.

### 2.3.2 Geração distribuída

Apesar de ser considerado como sendo um conceito relativamente novo na economia e mercados de eletricidade, a ideia por trás da geração distribuída não é nova. Nos primórdios da geração de eletricidade, a geração de energia de forma distribuída era regra e não exceção, pois as primeiras usinas forneciam apenas eletricidade a clientes próximos ao bairro da planta de geração e o fornecimento era limitado (PEPERMANS et al., 2008).

Foi nos Estados Unidos, onde houve o incentivo inicial à geração distribuída, que ocorreu a partir de mudanças na legislação, iniciadas em 1978, pelo Public Utilities Regulatory Policies Act (PURPA) e ampliadas em 1992 pelo Energy Policy Act, com a

desregulamentação da geração de energia elétrica. O progresso tecnológico mundial facilitou a difusão da geração distribuída, resultando em controle e processamento de dados mais rápido e mais barato, e nas telecomunicações, possibilitando maior rapidez e reduções dos custos para transmissão de maior volume de informação (INEE, 2001).

A energia elétrica tem sido fornecida aos consumidores residenciais, comerciais e industriais por meio de grandes centrais de geração e extensas redes de linhas de transmissão e distribuição, que são a maneira organizacional adotada pelo sistema e obedecida ao longo de sua história, também conhecida como geração centralizada. No aumento da demanda de energia, conseqüentemente há a necessidade de aumento da geração. Com o aumento excessivo, superando os limites da capacidade do sistema, é necessário recorrer à construção de novas unidades geradoras, e ao aumento do transporte e distribuição dessa energia produzida para atendimento à demanda (FILHO; AZEVEDO, 2013).

Diante deste cenário de aumento contínuo da demanda por energia elétrica, diminuição da matéria-prima para a sua geração e os problemas ambientais associados à exploração desses insumos, surge um novo desafio, que é aumentar o acesso e a qualidade dos serviços energéticos aos diversos setores de consumo e, buscar novas fontes de geração de energia, visando proporcionar maior qualidade e segurança no abastecimento, sem prejuízos ao meio ambiente. A necessidade de reestruturação do setor é uma realidade, e a geração distribuída uma alternativa. Baseando-se no uso de fontes renováveis, essa é uma estratégia que possui dois eixos, geração descentralizada e eficiência energética (RUTHER; SALAMONI, 2011).

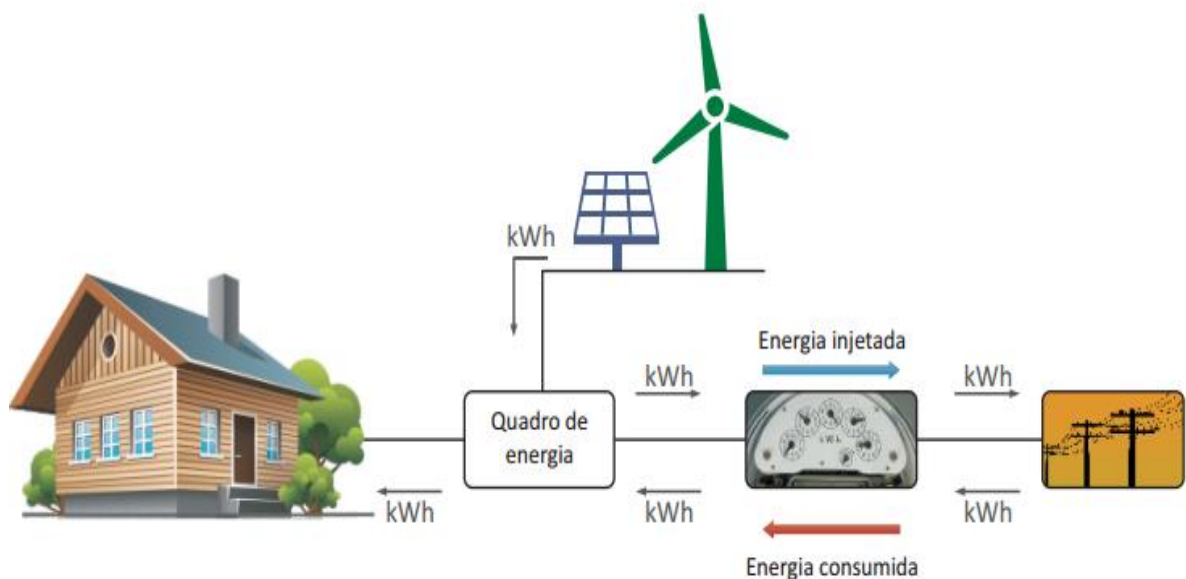
Essa modalidade pode proporcionar diversos benefícios aos principais envolvidos, sistema elétrico, sociedade e meio ambiente. Entre eles, destacam-se a redução dos impactos ambientais, o adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, a redução no carregamento das redes, minimização das perdas e a diversificação da matriz energética com a inserção de fontes renováveis, entre outras. Essas melhorias são de grande importância para o desenvolvimento econômico e a manutenção de uma sociedade sustentável. Porém, por ser um mercado novo, existem alguns fatores que ainda retardam o seu uso, principalmente quando se fala nos custos de implantação do projeto e no seu tempo de amortização.

Com o passar do tempo, há uma tendência natural de que estes custos sejam reduzidos, pois avanços tecnológicos e incentivos fiscais possibilitarão melhor acesso aos consumidores, que ao produzirem sua própria energia interligados à rede de distribuição local, poderão ter uma redução considerável nas suas contas de energia, além de estarem contribuindo diretamente na redução de emissão de gases de efeito estufa e na mitigação de tantos outros

impactos ambientais causados pela produção convencional de energia (FILHO; AZEVEDO, 2013).

A Resolução normativa ANEEL 482/2012, estabelece as condições gerais para o acesso de micro e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Na micro e minigeração distribuída é utilizado o sistema de compensação, que permite que a energia excedente gerada pela unidade consumidora, seja injetada na rede da distribuidora, armazenando esse excedente até que a unidade consumidora precise fazer uso de energia proveniente da distribuidora, conforme ilustrado na figura 22. Essa resolução permitiu que o consumidor brasileiro de energia elétrica, possa gerar sua própria eletricidade a partir de fontes renováveis, ou cogeração qualificada, e também fornecer o excedente para a rede de transmissão da sua localidade. Esta inovação é considerada um importante avanço para a sociedade, pois torna possível associar economia financeira, consciência socioambiental e autossustentabilidade (ANEEL, 2012).

Figura 22 - Sistema de compensação de energia elétrica



Fonte: Cadernos temáticos - ANEEL, 2014.

A Resolução Normativa ANEEL Nº 687, de 24 de novembro de 2015, entrou em vigor a partir de 1 de março de 2016, como revisão da Resolução Nº 482/2012. Os objetivos foram reduzir os custos e o tempo necessário para a conexão da microgeração e minigeração, compatibilizar o sistema de compensação de energia elétrica com as condições gerais de fornecimento, aumentar o público alvo e melhorar as informações disponibilizadas na fatura.

Segundo a resolução, a iniciativa para a instalação do sistema de micro ou minigeração distribuída deve partir do consumidor, que deve realizar uma análise sobre a relação custo/benefício para instalar os geradores, baseando-se em variáveis como: tipo da fonte de energia (painéis solares, turbinas eólicas, geradores a biomassa, etc.), tecnologia dos equipamentos, porte da unidade consumidora e da central geradora, localização (rural ou urbana), valor da tarifa à qual a unidade consumidora está submetida, condições de pagamento/financiamento do projeto e existência de outras unidades consumidoras que possam fazer uso dos créditos do sistema de compensação de energia elétrica (ANEEL, 2015).

Após ter o sistema instalado, caso o consumidor tenha injetado na rede, uma quantidade de energia superior à consumida, o mesmo terá um “crédito de energia”, que poderá ser utilizado para abater o seu consumo nos meses subsequentes ou em outras unidades de sua titularidade, desde que esteja na mesma área de concessão, com validade de até 60 meses. Dessa forma, a rede funciona como uma bateria, armazenando o excedente até o momento em que o consumidor necessite de energia proveniente da distribuidora. Por exemplo, no caso da geração por fonte solar fotovoltaica, durante o dia, a energia excedente gerada pela central é transferida para a rede e à noite, a rede devolve a energia para a unidade consumidora suprimindo possíveis necessidades adicionais.

Conforme a ANEEL (2018), entre os principais agentes do setor elétrico, estão os autoprodutores de energia elétrica, comercializadores, concessionária de serviço público e o Produtor Independente de Energia Elétrica (PIE). Cada agente possui papéis específicos no setor de energia:

- O Autoprodutor é pessoa física ou jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebem concessão ou autorização para produzir energia elétrica destinada ao seu uso exclusivo.
- O Comercializador é pessoa jurídica especialmente constituída para exercer a atividade de comercialização de energia elétrica, que compreende a compra e a venda para concessionários, autorizados ou a consumidores que possuam livre opção de escolha do fornecedor, regulamentado pela Resolução N° 265 de 13 de agosto de 1998.
- Concessionária de Serviço Público ou Permissionária é agente titular de serviço público federal delegado pelo poder concedente mediante licitação, na modalidade de concorrência, a pessoa jurídica ou consórcio de empresas para exploração e prestação de serviços públicos de energia elétrica, regulamentado pela lei 8.987 de 13 de fevereiro de 1995.

- Produtor Independente de Energia Elétrica (PIE), é a pessoa jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebam concessão ou autorização do poder concedente para produzir energia elétrica destinada ao comércio de toda ou parte da energia produzida, por sua conta e risco.

### 2.3.3 Certificados e Selos de energia renovável

Atualmente, a preocupação com o impacto das consequências causadas pelas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), tem levado muitas pessoas a refletirem e buscarem soluções para reverter o quadro definido pela forma de produção e consumo que vivemos. Com o objetivo da redução das emissões desses gases na atmosfera, empresas de diversos tamanhos e em diversas partes do mundo, estão investindo cada vez mais, em formas de ampliar a matriz energética, utilizando as energias renováveis, que são menos poluentes e possuem a garantia da preservação dos recursos, tendo em vista que estão disponíveis de forma abundante no meio ambiente além de fomentarem o mercado de energia gerada a partir das fontes renováveis.

Para documentar e relatar que a energia consumida fora da Europa e da América do Norte vem de fontes de energia renováveis, o usuário pode comprar I-RECs. O Internacional REC Standard (I-REC) é um sistema global de rastreamento de atributos ambientais de energia projetada para facilitar a contabilidade confiável de carbono, compatível com vários padrões internacionais. Permite que em qualquer país do mundo, os usuários de energia elétrica possam optar por utilizar energia renovável de forma consciente, com base em registros e evidências. No ciclo de certificação I-REC, a organização que tiver interesse em emitir I-RECs deve passar por uma auditoria documental realizada pelo emissor local e aderir ao Código I-REC. O I-REC está sendo introduzido em um número crescente de países onde não existe um esquema semelhante e é uma ferramenta efetiva e reconhecida para documentar suas reduções de emissões de gases de efeito estufa e melhorar sua classificação de sustentabilidade. Este sistema é baseado nas melhores práticas do mercado de REC da América do Norte e no sistema de Garantias de Origem (GO) da Europa. Atualmente, a I-REC está disponível em mercados selecionados na Ásia, América Latina e África (ABEEólica, 2016).

Como todo abastecimento tradicional é feito com a energia da rede local, que geralmente é um conjunto de fontes não renováveis (gás, térmicas a óleo ou nucleares), e renováveis (hídrica, eólica, solar e outras), ao comprar RECs, o consumidor garante apenas a

apropriação da parte gerada a partir de fontes renováveis, estando desta forma, investindo na geração da mesma quantidade de energia consumida em energia limpa e contribuindo para a diversificação da matriz energética, sem necessariamente investir na geração dessa energia por conta própria ou fazer uso de políticas de compras de fontes sustentáveis no mercado livre, que não garantem a rastreabilidade física da fonte. O fato de toda energia produzida, de fontes renováveis ou não, ser injetada no Sistema Interligado Nacional (SIN), chamado Grid de energia elétrica, e viajar por uma rede de transmissão até onde será consumida, determina que ao receber a energia da rede local é impossível rastrear fisicamente a sua fonte. Mas, com o International REC Standard (I-REC), sistema global de rastreamento de atributos ambientais de energia, os consumidores podem comprovar a rastreabilidade da energia renovável, e a partir da sua adoção é possível ter o direito de optar por utilizar em suas casas ou empresas apenas a eletricidade injetada no sistema gerado por fontes renováveis (ABRAGEL, 2017).

I-RECs são um instrumento baseado no mercado e uma forma eficaz de integrar as energias renováveis em uma estratégia global de sustentabilidade. A compra de I-RECs demonstra liderança ambiental, permitindo enviar para o mercado, um sinal de preferência pelo consumo de energia renovável, e demonstrar o compromisso com a mudança de comportamento energético. Quando uma organização adquire I-RECs como documentação para o consumo de eletricidade, as I-RECs são canceladas no registro. Com esse instrumento padronizado se torna fácil acompanhar a propriedade, reivindicar e garantir que os I-RECs sejam vendidas apenas uma vez.

#### 2.3.4 Programa REC Brazil

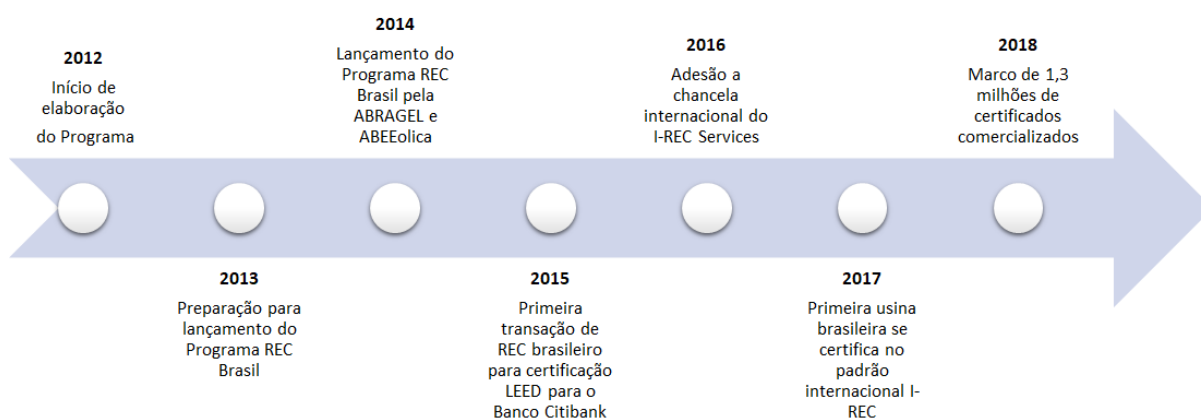
O Programa REC Brazil foi lançado com o apoio das associações fundadoras, a Associação Brasileira de Geração de Energia Limpa (ABRAGEL) e Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica) e o Instituto Totum, responsável pela gestão do Programa. Apesar de ter tido uma preparação e ter se iniciado há cerca de cinco anos, foi em 2014, que o Programa foi oficialmente lançado e aceito pela Certificação Internacional LEED, certificação que atesta a sustentabilidade de edifícios comerciais e residenciais.

A figura 23 apresenta uma linha do tempo que ilustra a trajetória do Programa REC Brazil. A partir de 2016, o Programa passou a ser apoiado formalmente pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) e pela Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia (ABRACEEL). No final do mesmo ano, o Programa foi reconhecido formalmente e incorporado ao sistema de rastreamento internacional do IREC



Standard, passando a integrar o grupo de países que segue o padrão internacional I-REC, e permitindo aos consumidores adquirirem o certificado de uma energia de fonte renovável rastreada para compensar as emissões pelo consumo de energia de origem fóssil ou de difícil comprovação de origem. E apesar de ter se iniciado em 2014, o Programa brasileiro de certificação de energia renovável, sofreu sua mudança significativa a partir de 2016, ano em que começou a trabalhar em conjunto com o I-REC Services.

Figura 23 - Linha do tempo para Programa REC Brazil



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Instituto Totun, 2018.

Cada I-REC ou I-REC com o Selo REC Brazil, equivale a 1 MWh de energia gerada e injetada pelo empreendimento, dentro do sistema elétrico brasileiro num determinado período de tempo. Apesar de ter iniciado em 2012, o programa começou a atuar em conjunto com o I-REC a partir de 2016, onde o empreendimento pôde optar por obter o registro e emissão de Certificados no padrão I-REC, e obter ainda o Selo REC Brazil, incorporando ao seu REC na plataforma I-REC o registro do Selo REC Brazil. Esse selo, colocado sobre RECs emitidos na plataforma I-REC, garante ao cliente, que o empreendimento atende a critérios de adicionalidade, sustentabilidade social, ambiental, relação com a comunidade, assim como agregação de todos os atributos ambientais, tornando-se geradores de energia com níveis diferenciados de sustentabilidade. O Instituto Totum, organismo de certificação de terceira parte especializado em programas de auto-regulamentação e selos setoriais, coordenada as duas iniciativas no Brasil, atuando como emissor local dos Certificados de Energia Renovável (Instituto Totum, 2017).

O Selo de energia renovável é voltado para os consumidores de energia de qualquer categoria, podendo ser utilizado pelo consumidor, pela empresa, por suas unidades

operacionais e/ou por cada produto ou serviço produzido como forma de demonstrar que são usuários de energia renovável certificada. Os principais benefícios à empresa consumidora de energia que obtém o selo são os de se tornar um diferencial de desempenho socioambiental em relação a seus competidores; ganhar exposição como consumidora e apoiadora de energias renováveis; ser reconhecida como uma empresa promotora de energia renovável; ter um diferencial para os produtos e serviços selados; iniciativa de sustentabilidade crível; e poder comunicar aos stakeholders a sua liderança social e ambiental (REC Brazil, 2018).

Tanto as iniciativas REC Brazil quanto I-REC, possuem um importante destaque, quando se fala em contribuição para aumento da consciência dos consumidores, trazendo benefícios aos geradores e consumidores voluntários de energia renovável. Além de ser uma forma de contribuir para a redução das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), é também uma maneira de agregar valor ao produto ou serviço comercializado. E para os que adquirem os RECs, o principal benefício é o poder de comprovação sobre a origem da eletricidade consumida e a redução dos GEE correspondente aos RECs adquiridos. O quadro 1, apresenta uma comparação entre os dois programas, demonstrando sua similaridade, tendo em vista que a única diferença entre eles está na demonstração de atendimento a requisitos de sustentabilidade no modelo REC Brazil (REC Brazil, 2018).

Quadro 1 - Comparação de certificações I-REC e REC Brazil

I-REC	REC Brazil
Empreendimento com fonte de energia renovável	Empreendimento com fonte de energia renovável
Empreendimento legalmente instalado	Empreendimento legalmente instalado
Empreendimento injetou energia no sistema elétrico	Empreendimento injetou energia no sistema elétrico
Não há duplo beneficiário na utilização dos RECs gerados pelo empreendimento	Não há duplo beneficiário na utilização dos RECs gerados pelo empreendimento
----	Empreendimento atende requisitos de sustentabilidade

Fonte: Adaptado, REC Brazil, 2018.

O quadro 2, apresenta um comparativo entre as fontes renováveis de energia, distribuindo informações relativas a custo, tempo de vida útil, sazonalidade região de produção e nacionalização para as fontes hídrica, biomassa, eólica e solar.

Quadro 2 - Comparativo entre as fontes renováveis

	Hídrica (PCH)	Biomassa	Eólica	Solar FVT
<b>Custo/MWh</b>	R\$ 290	R\$280	R\$220	R\$300
<b>Vida útil</b>	105 anos	30 anos	20 anos	25 anos
<b>Sazonalidade</b>	Anual	Anual	Anual/ diária	Diária
<b>Região</b>	S, SE e CO	SE e NE	S e NE	SE, CO e NE
<b>Nacionalização</b>	100%	80%	80%	20%

Fonte: Adaptado, REC Brazil, 2018.

Os RECs podem ser adquiridos para diversos fins, como por exemplo, utilização para a Certificação LEED de prédios verdes; atendimento ao Guia de Relato de Energia do Escopo 2 do Protocolo GHG e atendimento a diversas outras plataformas de relato de resultados socioambientais, como exemplo, RE 1000, CDP, GRI, etc.

Ainda com o objetivo de permitir que os consumidores possam escolher que tipos de energia querem usar, o Instituto Totum lançou também em 2016, o aplicativo “Ziit”. Para que o consumidor possa recarregar seu telefone celular, utilizando apenas energias renováveis. Quando o consumidor utiliza o aplicativo, para cada watt-hora consumido, um watt-hora da energia renovável escolhida será gerado. O funcionamento do sistema ocorre por meio de um balanço e compra de RECs (ABEEólica, 2016).



A pergunta que trilhou este trabalho desde seu início foi: em que medida a atual gestão e desenvolvimento do Programa de certificação de energias renováveis no Brasil, está promovendo o desenvolvimento sustentável, no sentido de garantir uma diversificação da matriz elétrica brasileira e o uso de fontes renováveis de energia?

Partiu-se da hipótese de que apesar da sua ampla distribuição e gestão, garantindo acessibilidade a diversos países no mundo, os certificados de energias renováveis, enquanto parte da materialização de um incentivo ao uso de energias renováveis e conseqüentemente da diversificação da matriz elétrica brasileira, ainda não alcançou o pleno exercício de todas as suas potencialidades à promoção de desenvolvimento sustentável.

### 3.2 FONTES E ANÁLISES DE DADOS

Este trabalho trata-se de uma pesquisa de natureza qualitativa e caráter exploratório, objetivando proporcionar maior familiaridade com o problema, e torná-lo mais explícito. Segundo Oliveira (2005), uma pesquisa exploratória pode levantar um novo problema que será esclarecido por meio de uma pesquisa mais consistente. Este tipo de pesquisa traz uma visão geral do fato estudado, sendo um primeiro passo para uma análise mais aprofundada.

O procedimento adotado para elaboração da teoria de base, ou seja, a coleta dos dados secundários para aprofundar o conhecimento e embasamento teórico sobre o desenvolvimento das energias renováveis e o programa de certificação de energias renováveis no Brasil e no mundo, foi a pesquisa bibliográfica e documental baseada em material já elaborado.

A pesquisa bibliográfica foi constituída principalmente de livros, teses, dissertações, relatórios, artigos científicos de periódicos, trabalhos de anais de eventos e fontes digitais pertinentes ao tema, com enfoque na produção e consumo de fontes renováveis de energia, para prover subsídio ao posterior levantamento de dados acerca do uso de selos e certificados de energias renováveis. A pesquisa documental utilizou atlas, mapas e documentos oficiais, obtidos junto a instituições dedicadas a estudos e pesquisas energéticas e órgãos governamentais, como: Ministério de Minas e Energia (MME), Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE), Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Energy International Administration (EIA), entre outras (GIL, 2002).

Após aquisição de base conceitual, foi realizado um levantamento de informações sobre o modelo e situação atual do programa de certificação de energia renovável no Brasil, levando em consideração, seus objetivos, atores envolvidos, funcionamento, resultados,

desafios e oportunidades, visando favorecer a avaliação do seu processo de implementação. Segundo Gil (2002), as pesquisas deste tipo caracterizam-se pela interrogação das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer, solicitando informações a um grupo de envolvidos acerca do problema estudado para, em seguida, mediante análise quantitativa, obter as conclusões correspondentes aos dados coletados.

A população foi dividida em 3 (três) diferentes grupos, com base nas suas atuações dentro do processo de geração de REC. No grupo 1 estão o Instituto Totum, organismo certificador responsável pelo gerenciamento do Programa; ABEEólica e ABRAGEL, associações fundadoras do programa; e ABRACEEL e CCEE associações apoiadoras do programa. No grupo 2, os empreendimentos brasileiros geradores de RECs cadastrados na plataforma I-REC. E no grupo 3, compradores de Certificados de Energia Renovável com padrão I-REC Brazil.

A pesquisa tem como agente principal de investigação direta os órgãos envolvidos na criação e gerenciamento do programa REC Brazil, classificados como grupo 1. Eles podem avaliar e revelar a natureza desse programa apresentando indicadores de que ele possui ou não potencial para o desenvolvimento sustentável.

Os demais agentes de investigação são os empreendimentos emissores e compradores de RECs do Programa, que foram classificados em grupo 2 e grupo 3 respectivamente. Esses atores não serão investigados diretamente, tendo em vista a complexidade para estabelecimento de contato, sem fontes diretas aos dados cadastrais. Porém foram analisados registros de comportamento e escolhidos pelas razões de poderem fornecer informações acerca do funcionamento do Programa, que respondem a questões referentes aos esforços realizados no nível da gestão para garantir que o serviço de emissão e aquisição de RECs, esteja sendo prestado com qualidade.

O instrumento utilizado para coleta de dados primários foi a aplicação de questionário como técnica de pesquisa para avaliação qualitativa, voltado para algumas das partes envolvidas (stakeholders) na cadeia do Programa de certificação de energias renováveis no país. Visando atender aos objetivos deste trabalho, foram formuladas questões abertas e fechadas, pela necessidade de obter entendimento sobre a percepção dos agentes fundadores e gerenciadores do Programa. Oliveira, 2005, define questionário como uma técnica para alcance de informações sobre crenças, sentimentos, expectativas e situações vivenciadas, além de todo dado de interesse do pesquisador para atender aos objetivos de seu trabalho. Não havendo padrões quanto a número de perguntas e tendo como principal objetivo, descrever as características de um indivíduo ou de grupos sociais.

A tabela 12 apresenta a população ou os agentes de investigação a serem analisados, ou seja, a totalidade de envolvidos no Programa REC Brazil.

Tabela 12 - Agentes envolvidos na emissão de RECs no Brasil

<b>Grupos</b>	<b>Descrição de público-alvo</b>	<b>Nº de envolvidos</b>
1	Instituto Totum ABEEólica, ABRAGEL, CCEE e ABRACEEL	05
2	Empreendimentos geradores de RECs no Brasil	47
3	Compradores de RECs no Brasil	56
<b>Total</b>		<b>108</b>

Fonte: Elaboração própria, 2018.

Os valores apresentados na tabela 11 representam 100% do público-alvo envolvido, conforme números obtidos em documentos atualizados disponíveis no site REC Brazil (Registro de consumidores de RECs no Brasil) e na plataforma pública do I-REC Standard disponível no link <https://registry.irecservices.com/Public/Home/>, onde são publicados registros das partes envolvidas nos programas, por localização, fonte e quantidade de RECs transacionadas. Para esta pesquisa, estes registros estão atualizados de acordo com dados coletados até o término do primeiro semestre de 2018.

A extensão da amostra foi selecionada com base no nível de dificuldade de obtenção de informações para contato, e-mails e telefones, de cada grupo. Para todos os grupos foram realizadas análises de conteúdo disponível.

O trabalho empírico de produção e aplicação dos questionários foi iniciado no segundo semestre de 2017. Para uma análise do impacto do programa REC Brazil no setor elétrico, foram analisados os dados disponíveis em <http://www.aneel.gov.br/cadastro-de-agentes>, onde constam registros dos principais agentes do setor elétrico brasileiro.

A coleta dos dados foi realizada, por meio de questionários aplicados na plataforma Google forms, conforme anexo A. As perguntas foram elaboradas pela pesquisadora levando-se em consideração a realidade do problema de pesquisa. Foram aplicados os questionários aos 5 componentes do grupo 1, o que representa 4,6% do número de envolvidos (tabela12), com o objetivo de obter informações dos principais envolvidos na implantação e desenvolvimento do programa REC Brazil. Este grupo está representado pelo organismo certificador e associações fundadoras e de apoio ao programa. O questionário foi aplicado com foco na implantação, funcionamento e perspectivas futuras. Para a aplicação da pesquisa, inicialmente foi realizado o contato por e-mail e em segunda tentativa de obtenção

de resposta foram realizados contatos telefônicos. Segundo Oliveira, 2005, em caso de questionários enviados por e-mail, é indispensável um contato direto entre o pesquisador e o informante para esclarecimentos sobre os objetivos da pesquisa antes do seu envio.

Para os grupos 02 e 03, os empreendimentos geradores de RECs no Brasil e pessoas físicas e jurídicas que adquiriram os selos e certificados nos padrões REC Brazil, o objetivo foi coletar informações relativas ao processo de certificação, e associar aos resultados da pesquisa realizada com o grupo 1 (um), buscando entender as potencialidades e desafios existentes.

### **3.3 Metodologia aplicada para modelagem do Programa de Certificação de Energia Renovável no Brasil**

Para construção de modelo de processo com as fases e funcionamento do Programa REC Brazil, foi utilizado a Notação de Modelagem de Processos de Negócio, conhecida como BPMN- Business Process Model and Notation.

O BPMN é um padrão criado pela OMG (Object Management Group), que possui um conjunto robusto de símbolos para modelagem de diferentes aspectos de processos de negócio, que descrevem relacionamentos claramente definidos. A análise de processos é fundamental para avaliar como os processos estão atuando, proporcionando uma compreensão das suas atividades, resultados e alcance de metas pretendidas. O primeiro passo para definir um novo processo ou atualizar um já existente é criar um entendimento comum do seu estado atual, conhecido como “AS IS”. E esse entendimento é alcançado através da análise do processo (ABPMP, 2013).

Para mapeamento do processo, será utilizado o software Bizagi modeler, que é uma ferramenta livre, que permite diagramar e detalhar informações sobre as atividades realizadas, e que utiliza como base a notação BPMN.



## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Neste capítulo, serão apresentados os resultados obtidos com esta pesquisa, levando em consideração todo o estudo teórico, baseado em dados divulgados em plataformas eletrônicas, relatórios e periódicos. A análise deste material proporcionou a elaboração de quadros informativos que facilitarão o poder de decisão do público interessado no tema.

### **4.1 APRESENTAÇÃO DO MODELO E FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA REC BRAZIL**

#### **4.1.1 Objetivo do Programa REC Brazil**

Garantir que cada I-REC ou I-REC com o Selo REC Brazil adquirido, equivale a 1 MWh de energia gerada e injetada pelo empreendimento, dentro do sistema elétrico brasileiro num determinado período de tempo.

#### **4.1.2 Participantes do Programa REC Brazil**

Os participantes do programa REC Brazil são o Ministério de Minas e Energia (MME), a Associação Brasileira de Geração de Energia Limpa (ABRAGEL) e a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), com o apoio da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) e da Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia (ABRACEEL). Participam também, o Instituto Totum, organismos auditores e a comissão de certificação. Cada participante detém funções distintas, conforme descrito abaixo:

- ABRAGEL e ABEEólica: são responsáveis pela comunicação formal com as empresas sobre assuntos relativos à certificação, definição dos critérios para credenciamento de organismos auditores, esclarecimento de dúvidas sobre a aplicação das logomarcas do programa, além de ser responsável por tratativas contratuais, jurídicas e comerciais com os empreendimentos e/ou empresas.
- CCEE e ABRACEEL: são apoiadores do Programa e respondem ao Instituto Totum, sobre dúvidas relativas a assuntos técnicos específicos.
- Instituto Totum: atende aos empreendimentos certificados e em processo de certificação, esclarecendo dúvidas referentes aos procedimentos operacionais, auxiliando os organismos auditores nos processos operacionais de auditoria, compilando e comunicando à comissão

de certificação os resultados de auditoria para deliberação final, gerenciando o processo de emissão de RECs, e emitindo certificados REC Brazil no país. Ao Instituto Totum, é atribuído o papel de emissor local no Brasil.

- Organismos auditores: são responsáveis pela execução das auditorias de conformidade em relação à Norma Técnica.
- Comissão de certificação: é responsável pela análise e aprovação periódica dos documentos do programa (regulamento e norma técnica), deliberação das certificações e renovações baseadas nos resultados de auditoria apresentados pelo Instituto Totum e atua como instância formal para solução de pendências e apelações dos empreendimentos em processo de certificação ou renovação.

Além dos participantes responsáveis pelo gerenciamento do programa no Brasil, vale destacar os envolvidos no processo de emissão e transação dos certificados produzidos pela I-REC. São eles: I-REC Services, comunidade I-REC, emissores locais, Registrantes e Participantes.

- O I-REC Services é uma organização registrada na Holanda, que fornece o Serviço I-REC mundialmente.
- A comunidade I-REC é uma comunidade mundial, da qual todos os participantes I-REC são membros. A comunidade I-REC é o maior acionista do I-REC Services, sendo responsável pelos serviços de registro I-REC dos empreendimentos na plataforma mundial; desenvolvimento das plataformas de tecnologia do Sistema I-REC; garantia da qualidade e autorização dos emissores locais em todo o mundo; e atualização periódica dos procedimentos e documentos diversos do Sistema I-REC.
- Os emissores locais são entidades autorizadas pelo I-REC Services para emitir I-RECs em contas designadas para o país. Essas entidades possuem um contrato formal com o I-REC Services.
- Os registrantes são os empreendimentos geradores de energia certificado no I-REC, constante na plataforma I-REC, com permissão apenas para emissão de I-RECs, sem autorização para transação/comercialização de I-RECs. Caso haja interesse na comercialização, o registrante deverá transferir seus I-RECs para um participante.
- O Participante é a empresa constante na plataforma mundial I-REC, com contrato firmado diretamente com o I-REC Services, e que possui permissão para transacionar I-RECs dentro da plataforma I-REC, transferindo-os para um consumidor final. Um participante

pode ser um empreendimento gerador de energia, que acumula a função de participante e registrante, ou apenas um comercializador de I-RECs dentro da plataforma, também conhecido como broker.

#### 4.1.3 Documentos regulamentadores do Programa REC Brazil

O quadro 3 apresenta os documentos que regem o programa brasileiro de certificados de energia renovável. Todos os documentos estão disponíveis no site do Programa REC Brazil.

Quadro 3 - Documentos que regem o I-REC

Identificação	Descrição do documento
v 1.5	Código I-REC
--	Termos e Condições Padrões para Registro e Emissão
CSD02 - v 1.5	Registro de dispositivos de produção de energia - Empreendimentos
CSD04 - v 1.4	Emissão de I-RECs
CSD01- v 1.0	Solicitação de abertura de conta no I-REC para registrantes e participantes
BR2016_14 v. 10	Lista de verificação de evidências no Brasil
Guia I-REC	Como o I-REC funciona
Guia I-REC	Registrar um dispositivo gerador e emitir I-REC
Guia I-REC	Receber, negociar ou resgatar I-RECs
FM.24.00	Condições para transição REC Brazil e I-REC

Fonte: Adaptado de REC Brazil, 2018.

Os critérios para certificação dos empreendimentos seguem ainda a Norma Técnica brasileira específica, de acordo com fonte de energia escolhida:

- Norma Técnica para fonte de energia eólica
- Norma Técnica para fonte de energia hídrica
- Norma Técnica para fonte de energia solar
- Norma Técnica para fonte de energia biomassa

#### 4.1.4 Cenário atual do Programa REC Brazil

Conforme Neto (2012), o Brasil precisa desenvolver políticas que garantam o suprimento de energia elétrica como fator primordial para promoção do desenvolvimento sustentável, eliminando a possibilidade de ocorrência de novas crises de abastecimento. Diante disto, diversas novas aplicações vêm sendo implementadas e desenvolvidas no país, que chama atenção por sua abundância de recursos naturais disponíveis, mas que precisam ser melhor aproveitados. Entre estas novas aplicações está o Programa REC Brazil, com padrão I-REC, baseado na emissão de Certificados de Energia Renovável (REC).

Segundo a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), o I-REC é um padrão global baseado nas melhores práticas do mercado de REC da América do Norte e no sistema de Garantias de Origem (GO) da Europa, introduzido em um número cada vez maior de países, que necessitam de uma ferramenta efetiva e reconhecida para documentar suas reduções de emissões de gases de efeito estufa e melhorar sua classificação de sustentabilidade. Em seu conceito básico, cada REC equivale a 1 MWh de energia gerada e injetada pelo empreendimento, dentro do sistema elétrico brasileiro em um determinado período de tempo. Neste programa o empreendimento pode optar por obter o registro e emissão de Certificados no padrão I-REC, e obter ainda o Selo REC Brazil, incorporando ao seu REC na plataforma I-REC, o registro do Selo REC Brazil.

Conforme BRASIL (1988), o Brasil possui uma das maiores áreas territoriais da América do Sul e da região da América Latina, além de ser o quinto maior do mundo na dimensão continental, perdendo apenas para Rússia, Canadá, China e Estados Unidos. Este fato está possivelmente relacionado à posição do Brasil no ranking de empreendimentos registrados na plataforma I-REC services. Ainda de acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN) de 2017, além de possuir uma das maiores extensões continentais, o Brasil possui recursos naturais em abundância, pois possui uma das matrizes energéticas mais renováveis e diversificadas do mundo, ostentando uma posição privilegiada em relação ao contexto internacional.

Considerando o ano de 2014, ano de lançamento do Programa REC Brazil, até o mês de junho de 2018, o programa possui um total de 47 (quarenta e sete) empreendimentos geradores de Certificados de Energias Renováveis cadastrados na plataforma internacional I-REC. Uma vez cadastrados na plataforma I-REC, estes empreendimentos estão aptos a emitir certificados de energias renováveis para qualquer pessoa física ou jurídica interessada.

Segundo dados da plataforma I-REC Services, o Brasil, é o país com maior número de

empreendimentos registrados. Na tabela 13, estão apresentados os países com registro na plataforma I-REC até o final do 1º trimestre de 2018. Ao todo são 20 países, com um total de 171 empreendimentos certificados. Na distribuição destes empreendimentos, os países com destaque são: Brasil, com 47 empreendimentos, representando 27,5% do total. Seguido pela China, com 42 (24,6%) e Espanha, com 12 empreendimentos (7%).

Tabela13 - Países com empreendimentos registrados na plataforma I-REC Services

Nº	País	Nº de empreendimentos certificados	Porcentagem (%)
1	Brasil	47	27,5
2	China	42	24,6
3	Espanha	12	7,0
4	Israel	9	5,3
5	Vietnã	9	5,3
6	Colômbia	8	4,7
7	Tailândia	6	3,5
8	Malásia	5	2,9
9	Filipina	5	2,9
10	Chile	4	2,3
11	Guatemala	4	2,3
12	Taiwan	4	2,3
13	Índia	3	1,8
14	Singapura	3	1,8
15	Turquia	3	1,8
16	Dubai	2	1,2
17	África do Sul	2	1,2
18	Honduras	1	0,6
19	México	1	0,6
20	Uganda	1	0,6
<b>Total</b>		<b>171</b>	<b>100</b>

Fonte: Adaptado de plataforma I-REC Services, 2018.

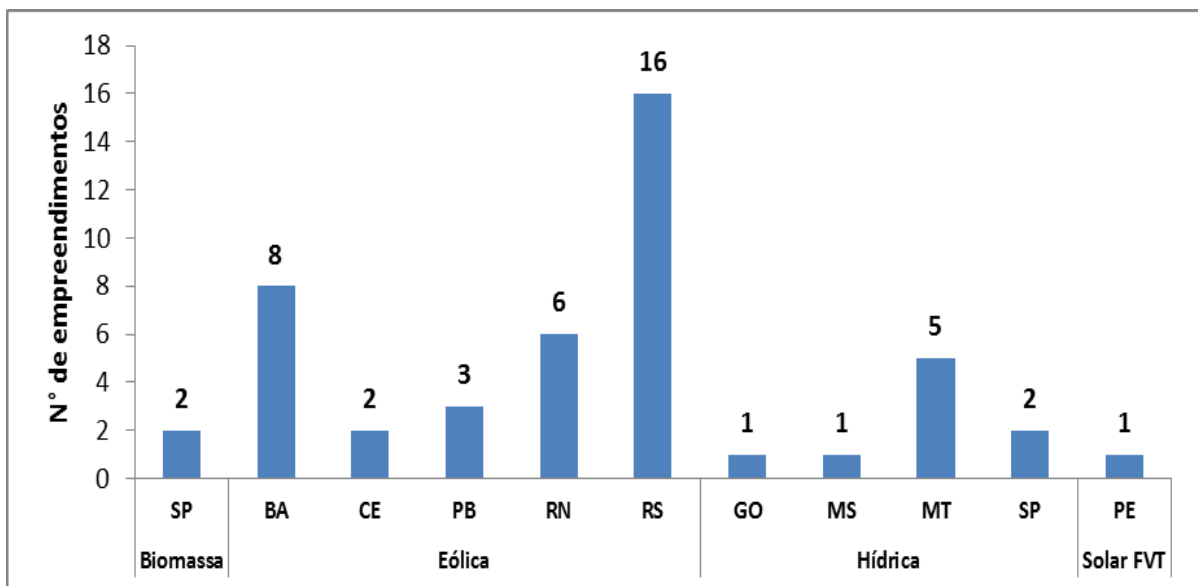
De acordo com Goldemberg e Lucon (2007), os atuais padrões adotados para produção e consumo de energia são um fator bastante preocupante, pois comprometem o suprimento de longo prazo do planeta, que são baseados em fontes de combustíveis fósseis e causam impactos negativos em todo contexto ambiental, social e econômico. A partir do estímulo e uso das energias renováveis, será possível reverter esse processo de exploração e consumo de fontes não renováveis.

#### 4.1.4.1 Distribuição de RECs por estado e fontes de energia

No Brasil, estes empreendimentos estão distribuídos por diversos estados brasileiros e concentram-se em regiões onde houve o aumento da produção de energia por fontes renováveis. Para Pacheco (2006), as energias renováveis estão sendo melhor utilizadas, graças ao desenvolvimento tecnológico e essas energias renováveis podem e devem ser utilizadas de forma sustentada, de maneira que resulte em mínimo impacto possível ao meio ambiente.

A figura 25 demonstra o número de empreendimentos geradores de RECs no Brasil, por Estado e por fontes de energia (biomassa, eólica, hídrica e solar). Dos 47 empreendimentos, dois utilizam fonte de energia de biomassa, estando os dois localizados em São Paulo; 35 utilizam a fonte eólica, sendo oito na Bahia, dois no Ceará, três na Paraíba, seis no Rio Grande do Norte e 16 no Rio Grande do Sul; nove utilizam a fonte hídrica, sendo um em Goiás, um no Mato Grosso do Sul, um no Mato Grosso e dois em São Paulo; e apenas um utiliza a fonte solar fotovoltaica (FVT), localizada no estado de Pernambuco.

Figura 25 - Empreendimentos geradores de RECs no Brasil, por estado e por fonte de energia



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do I-REC, 2018.

De acordo com dados da ANEEL (2018), o Brasil possui atualmente um total de 7.710 empreendimentos em operação, onde 4.716 são provenientes de fontes renováveis de energia. Sendo 1.338 empreendimentos de fontes hídricas, 557 de fontes eólicas, 2.265 de solar fotovoltaica e 556 de biomassa na produção de energia. Analisando o número de empreendimentos geradores de energia no Brasil (4.716) e os empreendimentos geradores de RECs (47), observa-se que há ainda um grande potencial a ser aproveitado neste segmento, pois, os geradores de RECs de fontes hídricas (9), fontes eólicas (35), fontes solar fotovoltaica (1) e de fontes de biomassa (2) apesar de estarem crescendo ao longo dos anos, ainda representam uma pequena parcela do total disponível e apto à adesão do Programa.

Segundo a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), levando-se em consideração todas as fontes de geração de energia elétrica do país, em 2016, foram instaladas 9,43 GW de potência, cujo crescimento foi liderado, principalmente, pelas fontes hídrica e eólica, que representaram 60,15% e 21,35%. Estes dados são reflexo das fontes de energia predominantes utilizadas pelos empreendimentos geradores de RECs. Os maiores números de empreendimentos estão concentrados no Rio Grande do Sul e em estados da região Nordeste. Segundo dados do Balanço Energético Nacional (BEN) de 2017, no ano de 2016, foram instaladas 81 novas usinas eólicas, no Rio Grande do Norte, Ceará, Bahia, Pernambuco, Piauí e Rio Grande do Sul.

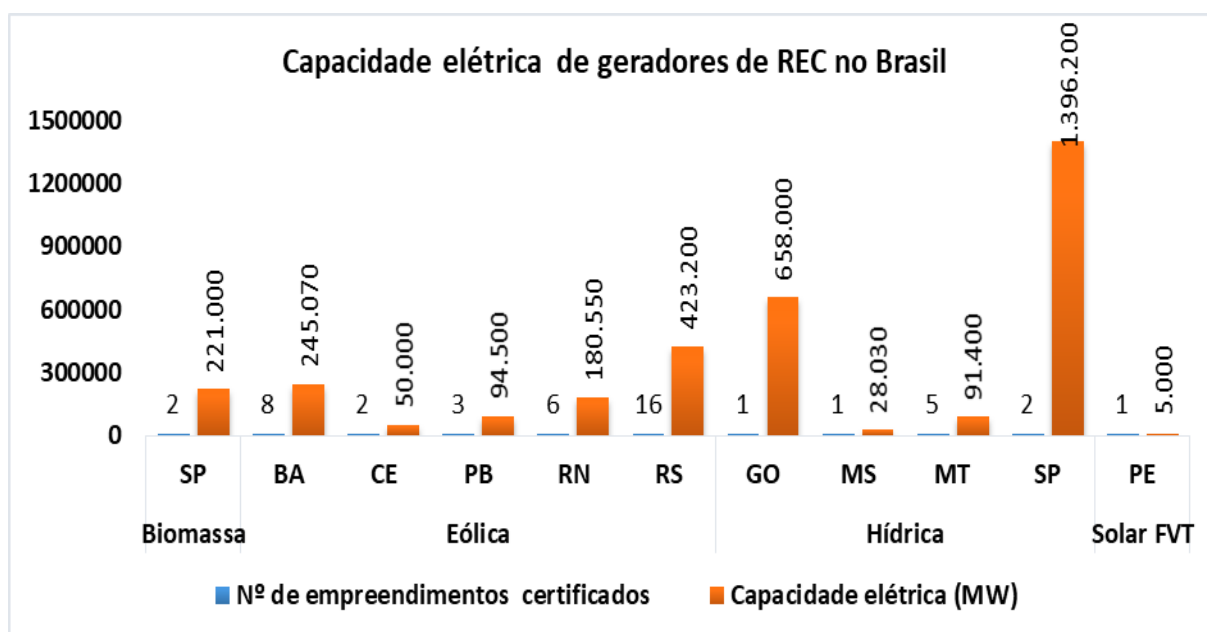
Há na distribuição das fontes de energia utilizadas pelos empreendimentos geradores de RECs, um número consideravelmente menor para as fontes de biomassa e solar FVT. Segundo registros de Biangulo e Silva (2015), devido à sua localização geográfica, o Brasil possui um grande potencial para geração de energia solar, o que deixa o país em uma posição bastante vantajosa em relação a diversos países desenvolvidos. A energia solar pode reduzir em 70% o consumo de energia convencional e complementar a matriz de geração de energia elétrica do país. Faz-se necessário, maiores esforços no desenvolvimento e uso de tecnologias que nos permitam aproveitar todo o potencial que temos disponível, desta fonte limpa, renovável e promissora.

Entre as fontes envolvidas no processo de certificação, a eólica é a que possui maior representatividade, com aproximadamente 75% do total dos empreendimentos e em sua maioria localizados no estado do Rio Grande do Sul. Segundo Pacheco (2006), a energia eólica tem atuado nos últimos anos, como uma forte alternativa na composição da matriz energética de diversos países, apresentando-se como uma solução de destaque na busca de fontes alternativas para geração de energia.

#### 4.1.4.2 Empreendimentos certificados e sua capacidade elétrica por estado e fonte

As figuras 26 apresenta a capacidade elétrica de empreendimentos geradores de RECs por estado e fontes de energia, associando os dados ao número de empreendimentos ativos no programa.

Figura 26 – Capacidade elétrica (MW) de empreendimentos geradores de RECs no Brasil por estado e fonte



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do I-REC, 2018.

Ao todo o Brasil possui uma capacidade elétrica derivada das usinas geradoras de certificados de energia renovável de 2.188.366,83 megawatts (MW). O Estado de menor capacidade elétrica é Pernambuco, com 5.000 MW gerados a partir de fonte solar fotovoltaica. O estado de São Paulo possui a maior capacidade elétrica do Brasil, com 1.396.200 (MW) produzidos de 2 usinas de fontes hídricas e 221.000 (MW) de duas usinas de fonte de biomassa, com total de 1.617.200 de MW produzidos que representa 48 % do volume total.

No ranking nacional de estados que possuem empreendimentos geradores de RECs, o estado do Rio Grande do Sul aparece em 1º lugar, conforme apresentado na tabela 14.



Tabela 14 - Empreendimentos geradores de RECs por estado, fonte e capacidade elétrica

Lugar	Estado	%	Nº de empreendimentos por fonte	Capacidade elétrica (MW)
1º	Rio Grande do Sul	34%	16 eólicas	423.200
2º	Bahia	17%	8 eólicas	245.070
3º	Rio Grande do Norte	13%	6 eólicas	180.550
4º	Mato Grosso	11%	5 hídricas	91.400
5º	São Paulo	9%	2 hídricas + 2 biomassa	1.617.200
6º	Paraíba	6%	3 eólicas	94.500
7º	Ceará	4%	2 eólicas	50.000
8º	Goiás	2%	1 hídrica	658.000
8º	Mato Grosso do Sul	2%	1 hídrica	28.030
8º	Pernambuco	2%	1 solar FVT	5.000
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>47</b>	<b>3.392.950</b>

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do I-REC, 2018.

No estado do Rio Grande do Sul estão concentrados 34% do total de empreendimentos. Sendo todos derivados de usinas eólicas. Em seguida está o estado da Bahia, com 17%, Rio Grande do Norte (13%), Mato Grosso (11%), São Paulo (9%), Paraíba (6%), Ceará (4%) e Goiás, Mato Grosso do Sul, e Pernambuco, com 2% cada. Ao todo foram produzidos um total de 3.392.950 MW, distribuídos entre os empreendimentos geradores de RECs que utilizam fontes de biomassa, eólica, hídrica e solar fotovoltaica. Estas foram áreas que receberam grandes investimentos nos últimos anos, para produção de energia elétrica.

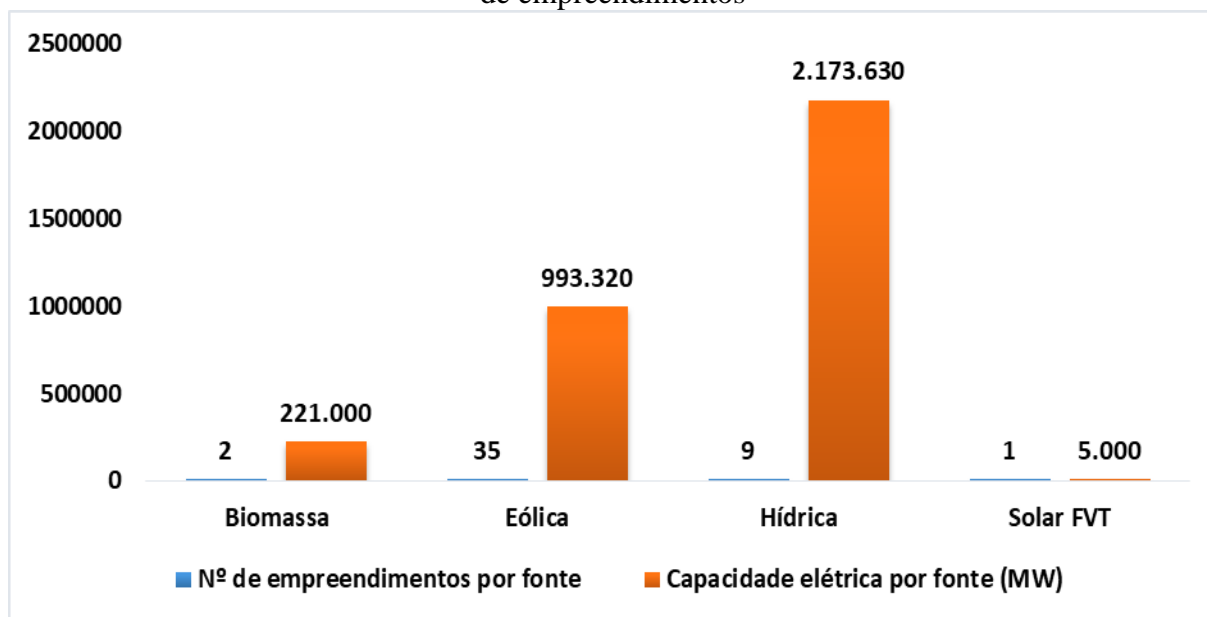
Segundo Neto (2012), para que o Brasil possa atingir uma situação de confiabilidade e segurança energética é necessário que sejam realizados novos investimentos na geração e transmissão de energia, tanto para construção de novas usinas, quanto para o desenvolvimento de fontes alternativas e renováveis de energia.

Segundo dados de MME (2017), no ano de 2016 o Brasil apresentou uma oferta interna de energia elétrica de 619,7 GWh. Realizando uma comparação entre a capacidade elétrica total produzida pelos empreendimentos geradores de Certificados de energias renováveis, 3.392.950 MW, este valor ainda é considerado pequeno, tendo em vista o potencial existente. Pereira (2012) afirma que apesar da carência e da necessidade de investimentos considerados altos, é importante levar em consideração que os custos com energia tradicional tendem a aumentar, em um futuro próximo, o que conseqüentemente fará as tecnologias renováveis mais competitivas. É decisivo investir nas áreas de energias renováveis, como a eólica e solar, para

que o Brasil se aproxime do nível dos países desenvolvidos.

A figura 27 demonstra de forma consolidada por fonte o atual volume de empreendimentos e a capacidade elétrica de cada um.

Figura 27 - Capacidade elétrica de empreendimentos geradores de RECs por fontes e número de empreendimentos



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do I-REC, 2018.

Com um total de 221.000 MW para a fonte de biomassa, derivado de duas usinas; 993.320 MW para eólica, de 35 usinas; 2.173.630 MW para hídrica, derivada de nove usinas; e 5.000 MW derivado de uma usina solar. Observa-se que, apesar de haver um maior número de empreendimentos de fontes eólicas (35), o total da capacidade elétrica da fonte hídrica é maior do que as demais fontes. Segundo Rondineli e Silva (2015), ao contrário de outras fontes renováveis, a energia hidráulica, representa uma parcela significativa da produção de energia elétrica global. É considerada atualmente, como a principal fonte de energia para muitos países, respondendo por cerca de 17% de toda a eletricidade gerada no mundo. E de acordo com dados do MME (2017), entre as fontes envolvidas na produção de energia elétrica de 2016 no Brasil, a hidrelétrica foi a mais predominante, com 61,5% da participação total. Seguidas pelo bagaço de cana (5,7%), eólica (5,4%), solar (0,014%) e outras renováveis (2,6%).

De acordo com a ANEEL, apesar da predominância existente, esse quadro vem sendo modificado aos poucos, com a inserção das fontes renováveis de energia, que crescem cada vez mais, por motivos relacionados à necessidade de preservação ambiental e ao encarecimento das fontes tradicionais, que estão cada vez mais escassas, em contradição ao

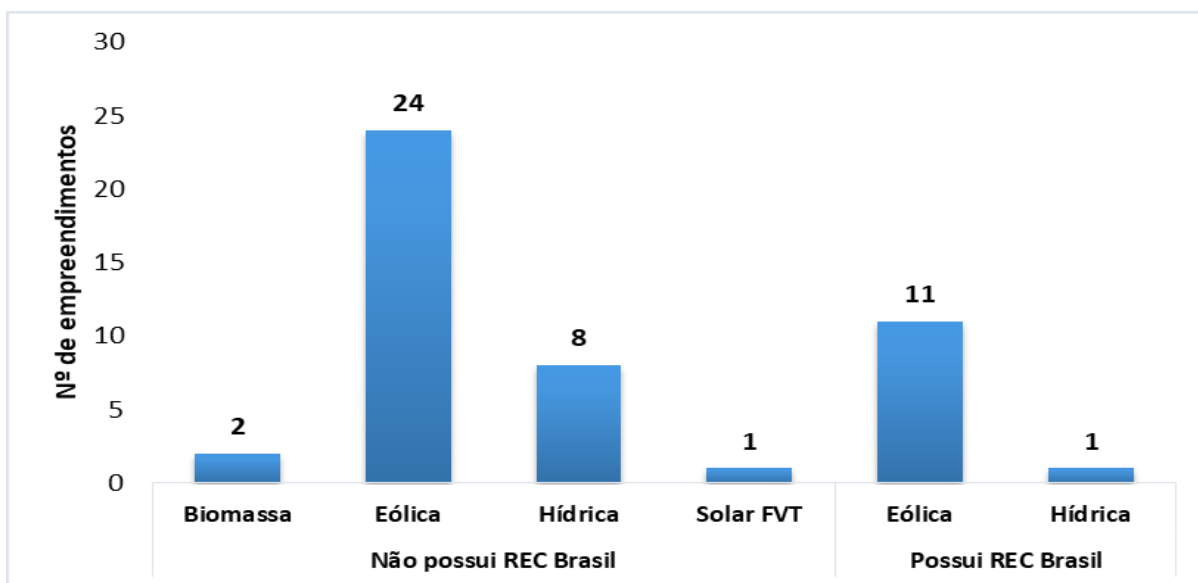
aumento da população e do consumo, o que demanda uma produção maior de energia para suprir as necessidades existentes no país.

Segundo dados da ABEEólica, levando-se em consideração todas as fontes de geração de energia elétrica do país, em 2016 foram instaladas 9,43 GW de potência, cujo crescimento foi liderado, principalmente, pelas fontes hidrelétrica e eólica, que representaram 60,15% e 21,35%. O total eólico permitiu para a fonte, uma participação de 7,10% da matriz elétrica brasileira, o que se deu pelo acréscimo de 2,01 GW de nova capacidade instalada em 2016. Com as novas tecnologias e políticas de uso das energias renováveis, associadas a conceitos de gestão de sucesso já conhecidos em outros países, é possível obter resultados positivos, envolvendo mudanças de uso, redução de impactos ambientais e diversificação da matriz elétrica. Na comparação entre os anos de 2015 e 2016, registrou-se o aumento da participação das fontes de energias renováveis. O aumento na oferta da fonte hídrica, em conjunto com a expansão da geração de energia eólica, são os principais fatores que contribuíram para este fenômeno.

#### 4.1.4.3 Participação do Selo REC Brazil

Conforme dados do REC Brazil, além do registro na plataforma I-REC, o Programa Brasileiro de Certificação de Energia Renovável fornece a opção de adoção do Selo REC Brazil, que quando colocado sobre RECs emitidos na plataforma I-REC, garante ao comprador, que o empreendimento atende a critérios que os tornam geradores de energia com níveis diferenciados de sustentabilidade. A figura 28 apresenta os empreendimentos geradores de RECs no Brasil, por fontes de energia, apresentando a classificação dos que possuem o selo REC Brazil e os que não o possuem.

Figura 28 - Empreendimentos geradores de RECs com selo REC Brazil por fonte



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do I-REC, 2018.

Do total de 47 empreendimentos geradores de certificados de energia renovável no Brasil, o número de empreendimentos com a chancela de sustentabilidade ainda é uma minoria, tendo em vista que 35 não possuem o selo REC Brazil (74%) e 12 possuem o selo (26%). Os empreendimentos e demais consumidores que adquirem o selo, possuem diversos benefícios diante do mercado. Segundo dados da REC Brazil (2017), o selo de energia renovável é voltado para os consumidores de energia de qualquer categoria, onde os principais benefícios são os de se tornar um diferencial de desempenho socioambiental em relação a seus competidores; ganhar exposição como consumidora e apoiadora de energias renováveis; ser reconhecida como uma promotora de energia renovável; ter um diferencial para os produtos e serviços selados; iniciativa de sustentabilidade crível; e poder comunicar aos stakeholders a sua liderança social e ambiental.

Conforme apresentado na figura 24, as fontes utilizadas pelos empreendimentos com selo REC Brazil são: eólica, com 11 usinas e hídrica com 1 usina. Ainda considerando os dados da ABEEólica, as fontes hídrica e eólica lideraram o crescimento de geração de energia elétrica do país em 2016, com 60,15% e 21,35% respectivamente. Estando estas duas fontes também representadas no programa REC Brazil, e na adesão ao selo de sustentabilidade.

De acordo com o relatório de status global de energias renováveis de 2017, emitido pelo GSR, a capacidade global de energia eólica tem aumentado significativamente nos últimos anos. Estes dados demonstram que as usinas de energia eólica além de possuírem um número maior de empreendimentos certificados, possuem também a preocupação em aderir

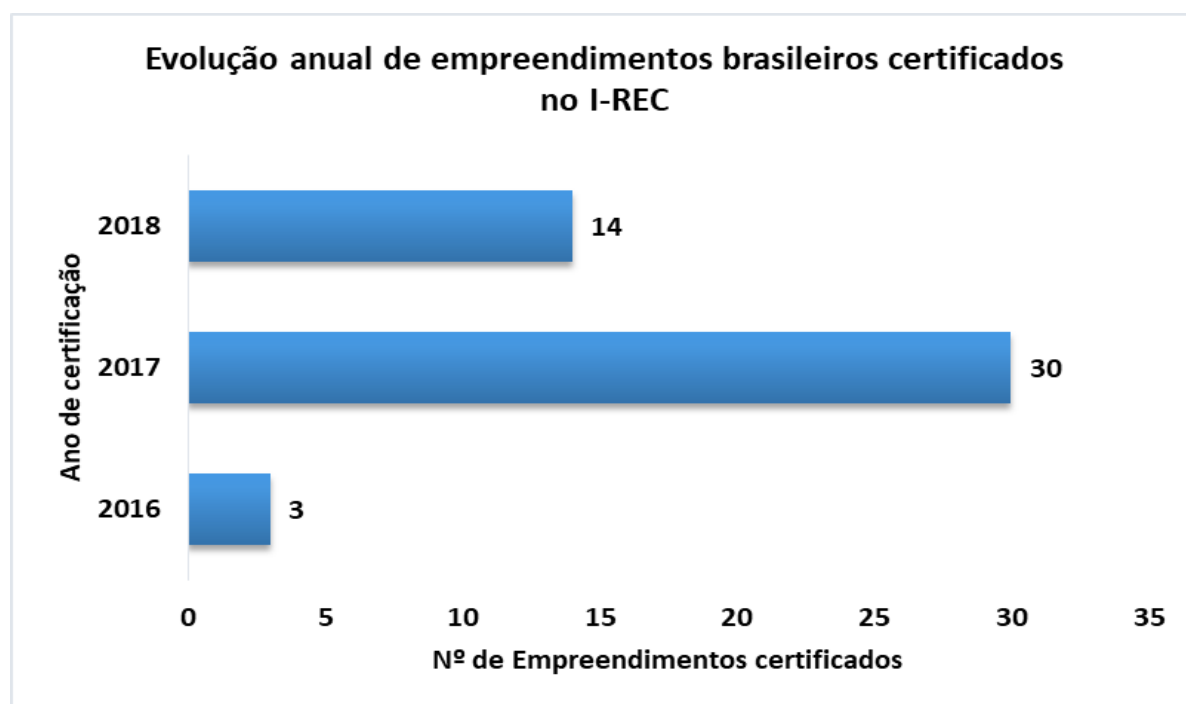
ao selo REC Brazil, proporcionando aos seus clientes maiores benefícios, na aquisição desses RECs, já que eles emitem uma energia renovável com garantias de sustentabilidade. Porém vale ressaltar que apesar da liderança desta fonte no requisito de adesão ao selo REC Brazil, do total de 35 empreendimentos, apenas 11 possuem o selo. Dessa forma 68% (24 empreendimentos) ainda não possuem o selo REC Brazil, sendo uma parcela bastante significativa para o mercado, que podem ser inseridos no Programa, tendo em vista o potencial desta fonte e os diversos fatores de agregação de valor e impactos positivos.

Apesar de termos um elevado potencial para produção de energia solar, esta fonte ainda é pouco representativa no programa. Segundo Biângulo e Silva (2015), devido à sua localização geográfica, o Brasil possui elevados níveis de radiação solar, com concentrações de irradiação média diária entre 4,8 e 6,0 kWh/m<sup>2</sup>/dia. Estas características mantem o Brasil em uma posição bastante vantajosa em relação a diversos países desenvolvidos. Com apenas 1 empreendimento de fonte solar fotovoltaica certificado sem adesão ao selo REC Brazil, pode-se associar este número aos custos das tecnologias de energia solar ainda serem considerados altos. Porém incentivos para ampliação do aproveitamento desta fonte de energia renovável tem sido implantados, tais como a geração distribuída, que tem crescido consideravelmente no país. Porém ainda é necessário maior envolvimento de órgãos públicos e privados, que proporcionem meios de redução dos custos e ampliação do mercado. De acordo com Cabral e Vieira (2012), os esforços para esse setor, com as descobertas de novos métodos e equipamentos avançados, além de investimentos direcionados ao setor, poderão fazer do recurso solar uma das fontes energéticas mais favoráveis para o uso racional da energia e desenvolvimento sustentável.

#### 4.1.4.4 Evolução do Programa REC Brazil

Conforme dados do Instituto Totun, apesar de o Programa REC Brazil ter se iniciado em 2014, foi a partir de 2016, ano em que começou a trabalhar em conjunto com o I-REC Services, que foi registrada uma mudança significativa com maior crescimento nos seus resultados. Esta plataforma internacional de emissão de certificados de energia renovável fornece permissão para emissão e transferências de I-RECs para consumidores finais ou comercializadoras, garantindo que os RECs emitidos no Brasil possuem os mesmos padrões dos RECs emitidos em outras regiões do mundo. A figura 29, apresenta o desenvolvimento anual de certificações dos empreendimentos brasileiros, segundo cadastros da plataforma I-REC.

Figura 29 – Evolução anual de empreendimentos brasileiros certificados no I-REC



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do I-REC, 2018.

Em 2016, três empreendimentos foram certificados. Estes foram empreendimentos que já emitiam certificados no programa de certificação de energia brasileiro e que aderiram aos padrões I-REC, que teve início no Brasil em 2014. A partir da obrigatoriedade do programa à adesão I-REC, proporcionando ao país uma prática reconhecida internacionalmente, todas as empresas precisaram fazer a migração para a plataforma I-REC. O número de empreendimentos interessados na certificação aumentou consideravelmente, visto que em 2017, um ano após esta mudança, houve o registro de 30 empreendimentos certificados. E até o final do primeiro trimestre de 2018, já foram registrados mais 14 empreendimentos, totalizando 47 usinas brasileiras geradoras de energia renovável e emissoras de certificados de energia renovável. Espera-se que até o término de 2018 esse número tenha um crescimento considerável, tendo em vista que muitas organizações se interessam pelas RECs para atender a exigências legais.

Vale destacar também que a partir de 1º de março de 2016, entrou em vigor a Resolução normativa Nº 687, de 24 de novembro de 2015, como revisão da Resolução Nº 482/2012, que estabelece as condições gerais para o acesso de micro e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. O objetivo da normativa 687, foi reduzir os custos e o tempo necessário para a conexão da microgeração e minigeração, compatibilizar o sistema

de compensação de energia elétrica com as condições gerais de fornecimento, aumentar o público alvo e melhorar as informações disponibilizadas na fatura. Tudo isso proporcionando maior acessibilidade ao consumidor final. Apesar de serem programas diferentes, ambos convergem para o incentivo ao uso de energias renováveis. Sendo importante destacar os marcos realizados para enfatizar a necessidade de se continuar investindo nestas melhorias.

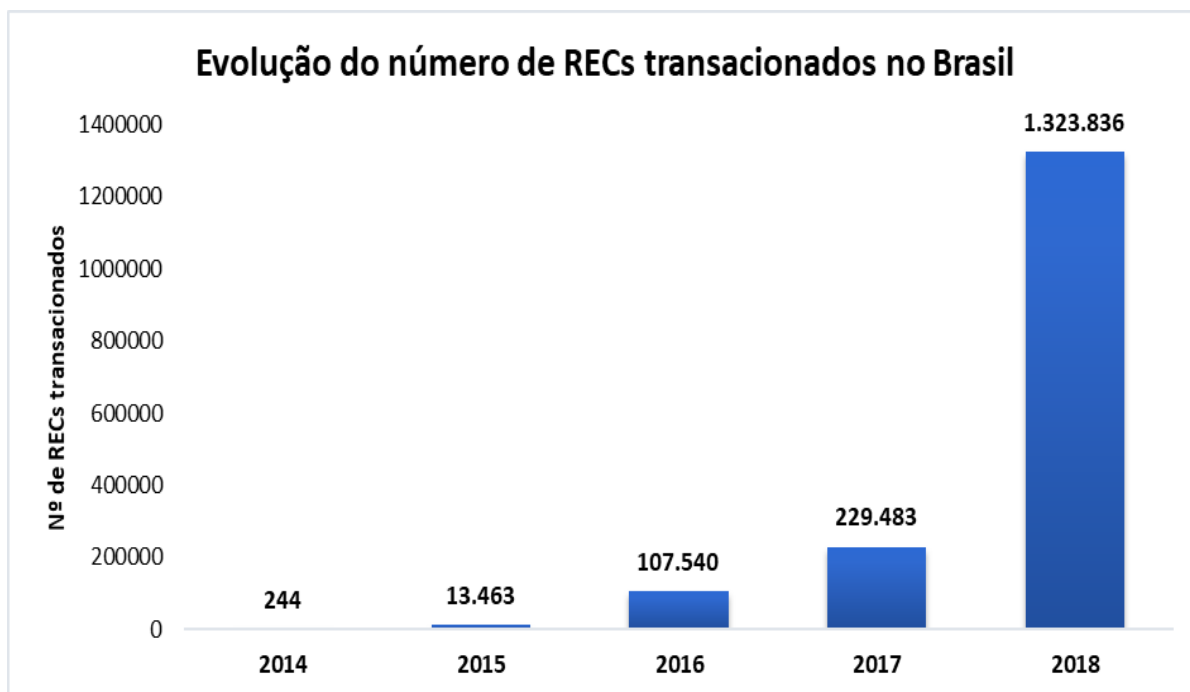
#### 4.1.4.5 Aquisição de RECs por consumidores finais.

Uma vez, concluídas as usinas brasileiras de geração de energia por fontes renováveis, estas poderão ser cadastradas na plataforma I-REC e aptas a emitir os RECs. Isto potencializa a expectativa de crescimento do número de RECs gerados no Brasil. Aumentando a disponibilidade para os potenciais compradores adquirirem o produto ofertado. Além disso, o gradativo crescimento das cadeias produtivas das fontes renováveis, vão gerando outras oportunidades de ampliação da matriz energética.

Segundo o Instituto Totum (2017), I-RECs são um instrumento baseado no mercado e uma forma eficaz de integrar as energias renováveis em uma estratégia global de sustentabilidade. Adquirir I-RECs emite para o mercado, um sinal de preferência pelo consumo de energia renovável, demonstrando que há um compromisso com a mudança de comportamento energético por parte do comprador.

A figura 30 apresenta o número de RECs transacionados no Brasil por ano, com resultados de 2014 até o mês de outubro de 2018.

Figura 30 - Evolução do número de RECs transacionados no Brasil



Fonte: Instituto Totun, 2018.

Ao longo destes últimos anos, o Brasil totalizou 1.674.566 RECs transacionados. Deste total, 244 RECs foram derivados de 1 comprador (Banco Citibank S/A) em 2014, ano de lançamento do Programa REC Brazil, passando para 13.463 em 2015, 107.540 em 2016, 229.483 em 2017 e 1.323.836 até o mês de outubro de 2018. Observa-se que o número de certificados de energias renováveis transacionados sofreu um aumento significativo a partir de 2016, ano em que houve a integração do programa com o I-REC Services, segundo dados do Instituto Totum (2017). Dessa forma, aumentou-se não apenas o número de empreendimentos certificados conforme apresentado na figura 25, mas também o número de interessados em adquirir RECs. Observa-se assim, que o mercado de certificação de energia renovável no Brasil, mantém trajetória de contínua de crescimento.

Foram adquiridos RECs de fontes eólica, hídrica e solar, não havendo nenhum registro de aquisição de RECs originados de fonte de biomassa. Ao todo foram transacionados 145.167 certificados de energia renovável. Deste total, 35.240 foram derivados de energia eólica, 107.745, de energia hídrica, e 2.182 de energia solar. Do total dos 102 compradores, 22 adquiriram RECs de fontes eólicas (21%), 77 de fontes hídricas (75%) e três de fontes solares (4%). Dessa forma, o maior volume de RECs transacionados derivam das fontes hídricas, de 77 compradores, com 107.745 mil RECs transacionados. Segundo o MME (2016), o nível de participação das hidrelétricas em nossa matriz torna o sistema elétrico



brasileiro único, levando-se em consideração os aspectos de impactos ambientais e emissões de gases poluentes.

Como cada REC representa 1 MW de energia elétrica, destaca-se que estes 1.674.566 de certificados de energia renovável transacionados ainda representam uma parcela pequena, tendo em vista a capacidade elétrica total produzida e disponibilizada pelos empreendimentos geradores de RECs de 3.392.950 MW, conforme apresentado na tabela 14.

Apesar de atualmente haver 47 empreendimentos cadastrados na plataforma I-REC, aptos a emitir certificados de energia renovável, apenas 8 atuam na transação/comercialização dos certificados, estes são os atores participantes, que são os que possuem permissão para comercializar RECs transacionando o certificado para os consumidores finais. As transações de REC são demandadas de fontes eólica, hídrica e solar, não havendo REC de fonte de biomassa adquirido até o 1º semestre de 2018.

Os compradores de certificados de energia renovável no Brasil são todas pessoas jurídicas, não havendo nenhum registro até o 1º semestre de 2018 de aquisição de REC por pessoa física. Este fator causa uma preocupação ao quadro atual do programa, tendo em vista que seu objetivo é transacionar REC tanto para pessoas jurídicas quanto para pessoas físicas, que são compradores cativos. É necessário estabelecer novas práticas para proporcionar uma maior participação da sociedade no programa. Dados do IBÁ (2016), retratam o cenário de intensa instabilidade política e econômica no país, durante o ano de 2016, que trouxe diversos impactos negativos para toda a sociedade. Quando um país sofre com uma recessão econômica, e os recursos básicos da população deixam de ser atendidos de forma adequada, pouco se pode esperar.

A tabela 15 apresenta a quantidade e os principais agentes do setor elétrico no Brasil, segundo dados da ANEEL (2018). Entre eles estão: os autoprodutores de energia elétrica, comercializadores, concessionárias ou permissionárias de serviço público (distribuição, geração e transmissão) e Produtores Independentes de Energia Elétrica (PIE), onde cada um desses agentes possuem papéis específicos no setor de energia.

Tabela 15 - Agentes do setor elétrico no Brasil em 2018

Descrição	Quantidade
Autoprodutores	612
Comercializadores	144
Concessionárias de distribuição	119
Concessionárias de geração	146
Concessionárias de transmissão	159
Produtores independentes	1746
<b>Total</b>	<b>2.926</b>

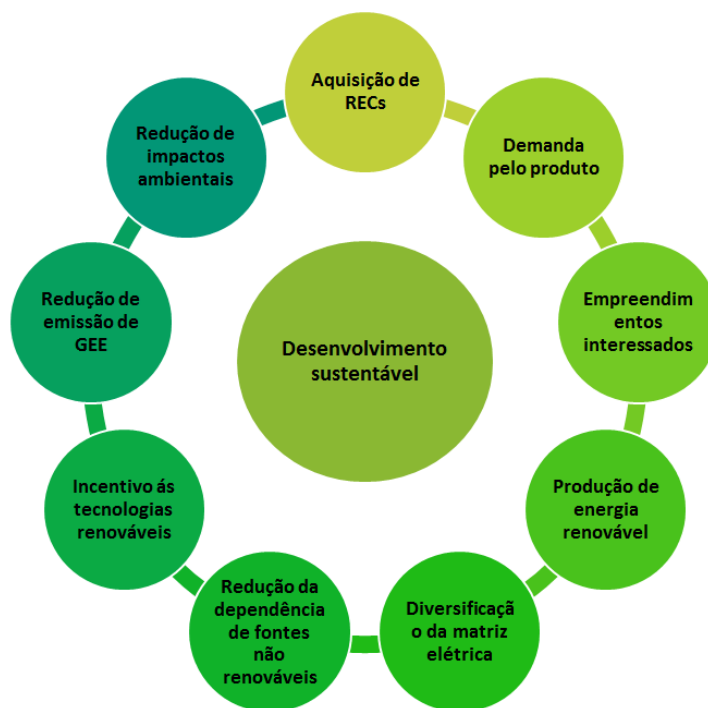
Fonte: Elaboração própria a partir de dados de ANEEL, 2018.

Destaca-se o potencial destes setores, tendo em vista que são possíveis empreendimentos geradores de RECs. Observa-se que entre estes agentes, há um maior número de autoprodutores (612) e produtores independentes (1.746), representando 80,5% do total de agentes do setor elétrico no Brasil. Apesar da evolução do programa, ao relacionar o número de empreendimentos geradores de REC no Brasil, ao total de agentes do setor elétrico existente no país, observa-se que é possível ampliar grandemente este Programa no país, com a consolidação da presença de diversos agentes envolvidos com o Programa.

Para que toda economia de uma região, possa se desenvolver plenamente, é necessária uma fonte de energia de custo aceitável e credibilidade garantida. De forma que o indivíduo e a comunidade possam ter acesso adequado a serviços essenciais tais como educação, saneamento e saúde pessoal, que proporcionam um aumento na qualidade de vida. Segundo Reis e Silveira (2000), considerada como um bem básico para a integração do ser humano ao desenvolvimento, a energia proporciona oportunidades e maior variedade de alternativas tanto para o indivíduo quanto para a comunidade. Estes agentes do setor elétrico desempenham o importante papel de promover o desenvolvimento e a garantia à fontes de energia de qualquer que seja a sua fonte. Mas para manter o custo aceitável e a garantia da credibilidade, faz-se necessário o maior comprometimento destes agentes na renovação da matriz elétrica.

A figura 31 estabelece um ciclo virtuoso a partir da aquisição de RECs, que favorece o desenvolvimento sustentável.

Figura 31 - Ciclo REC Brazil para o desenvolvimento sustentável



Fonte: Própria autora, 2018.

Quanto mais interessados na aquisição de RECs, maior a demanda pelo produto e mais empreendimentos poderão investir na sua emissão, aderindo ao programa REC Brazil. Conseqüentemente, maior a produção de energia com uso de fonte renovável, e maior a diversificação da matriz elétrica, com redução da dependência de fontes não renováveis, redução da emissão de gases poluentes na atmosfera, redução dos impactos ambientais e sociais, aumento do incentivo ao desenvolvimento de tecnologias de energia renovável, redução dos custos para uso destas tecnologias, tornando-as mais acessíveis para o mercado brasileiro, entre outras potencialidades. Nesse contexto, as ações de incentivo ao programa deverão se intensificar para que possam ofertar respostas efetivas e garantir que se instaure um ciclo virtuoso, entre geração e consumo de energia renovável, favorecendo o desenvolvimento sustentável.

#### 4.2 DESCRIÇÃO DA EXPERIÊNCIA DOS ENVOLVIDOS NO GERENCIAMENTO DO PROGRAMA DE CERTIFICADOS DE ENERGIA RENOVÁVEL NO BRASIL

Para análise da experiência dos envolvidos no Programa REC Brazil, foram analisadas as informações dos documentos de transação de RECs no Brasil e os questionários aplicados ao grupo um. Entre os cinco questionários enviados para as instituições envolvidas no gerenciamento do Programa Brasileiro de Certificação de Energia Renovável, foram obtidas duas respostas. Foram eles: Instituto Totum e Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), responsáveis pelo gerenciamento e criação do Programa, respectivamente. A CCEE, respondeu a solicitação, comunicando que não poderiam contribuir com a pesquisa, tendo em vista que seu papel é de validação de informações para que as instituições possam avaliar o atendimento aos requisitos necessários para certificação. A ABRAGEL e ABRACEEL, não responderam aos contatos realizados.

No Instituto Totum, organismo de Certificação de Terceira Parte, especializado em programas de autorregulamentação e selos setoriais, foram obtidas respostas do diretor Fernando Giachini Lopes. A ABEEólica, uma das associações fundadoras do Programa REC Brazil, além de ser uma importante agente no mercado de energia eólica, foi representada pela Presidente Executiva Elbia Gannoum.

O Instituto Totum considerando-se como emissor local dos certificados de energia renovável dentro do padrão I-REC, entende o I-REC como um padrão internacionalmente reconhecido para emissão de RECs. Destacou-se que no ano de 2012 as associações ABEEÓLICA e ABRAGEL procuraram o Instituto Totum para a criação de algum instrumento que valorizasse a energia renovável no Brasil. Após cerca de um ano de estudos, precisamente no ano de 2013, foi lançado o Programa Brasileiro de Certificação de Energia Renovável, que inicialmente contou com cinco empreendimentos certificados em 2014. Apenas após a incorporação das práticas preconizadas pelo I-REC em 2016, o Programa alcançou um novo patamar.

De acordo com a ABEEólica, o I-REC é um programa que certifica energias renováveis e permite que os consumidores escolham de forma consciente a energia que querem utilizar por meio de um certificado, gerados por empreendimentos e empresas que passaram por um processo de auditoria. Se a empresa possuir todos os critérios exigidos pela auditoria, ela pode fazer parte do programa e realizar a emissão de certificados de energia renovável, onde cada certificado representa 1 mega watt-hora (MWh) de energia injetada em um sistema elétrico. Um REC (Renewable Energy Certificate) é a prova de que 1 MWh foi

injetado no sistema a partir de uma fonte de geração de energia renovável provenientes da fonte eólica, solar, hídrica ou biomassa. Quando os consumidores adquirem um certificado eles podem anunciar ao mercado que estão utilizando energia renovável que foi injetada no sistema. Esse mesmo certificado é contabilizado no sistema e após a sua compra não pode ser utilizado por mais nenhum outro consumidor. Esses certificados podem ter diversas finalidades para quem os adquire, desde certificação de produtos e edificações até demonstrações em relatórios de sustentabilidade.

Sobre a iniciativa para a implantação do Programa de Certificação de Energia Renovável no Brasil, esta surgiu de uma iniciativa conjunta da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica) e da Associação Brasileira de Energia Limpa (ABRAGEL), com apoio da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) e da Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia (ABRACEEL), com finalidade de estimular o mercado de energia gerada a partir de fontes renováveis.

As iniciativas são coordenadas pelo Instituto Totum. As duas associações entenderam que seria muito importante para a sociedade e para o desenvolvimento das energias renováveis no Brasil a criação da certificação no Brasil.

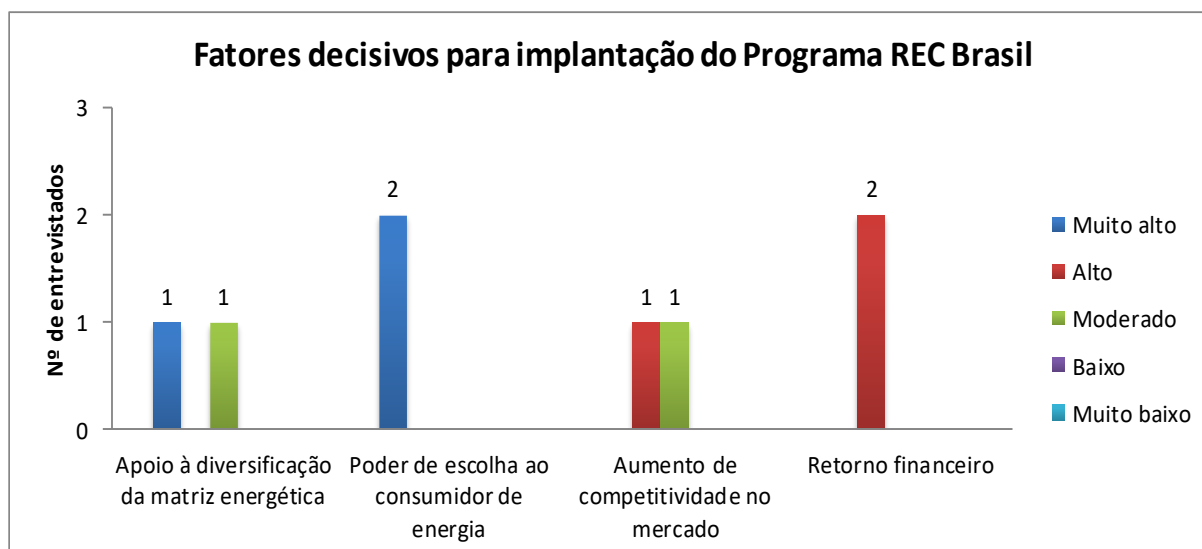
Do lado das fontes de geração, é uma forma de valorização dos seus atributos ambientais e sociais e do lado do consumidor surge a oportunidade de contribuir com o meio ambiente e com a sociedade e apoiar o desenvolvimento das energias renováveis. Desde 2013, o programa vem se consolidando no Brasil e atualmente seis empresas brasileiras estão aptas para a comercialização de certificados dentro da plataforma internacional. Em agosto de 2016, o programa Brasileiro passou a ter a chancela oficial do I-REC, atraindo a atenção de empresas internacionais para a realização da certificação pelas usinas no país.

Quanto aos fatores decisivos para a implantação do Programa REC Brazil, alguns itens foram questionados:

- Apoio a diversificação da matriz energética;
- Poder de escolha ao consumidor de energia;
- Aumento de competitividade no mercado; e
- Retorno financeiro.

Conforme apresentado na figura 32, o apoio à diversificação da matriz energética foi considerado como muito alto e moderado; o poder de escolha ao consumidor de energia, como muito alto pelas duas instituições; o aumento de competitividade no mercado foi considerado alto e moderado; e o retorno financeiro, foi considerado como alto.

Figura 32 - Fatores decisivos para implantação do Programa REC Brazil



Fonte: Própria autora, 2018.

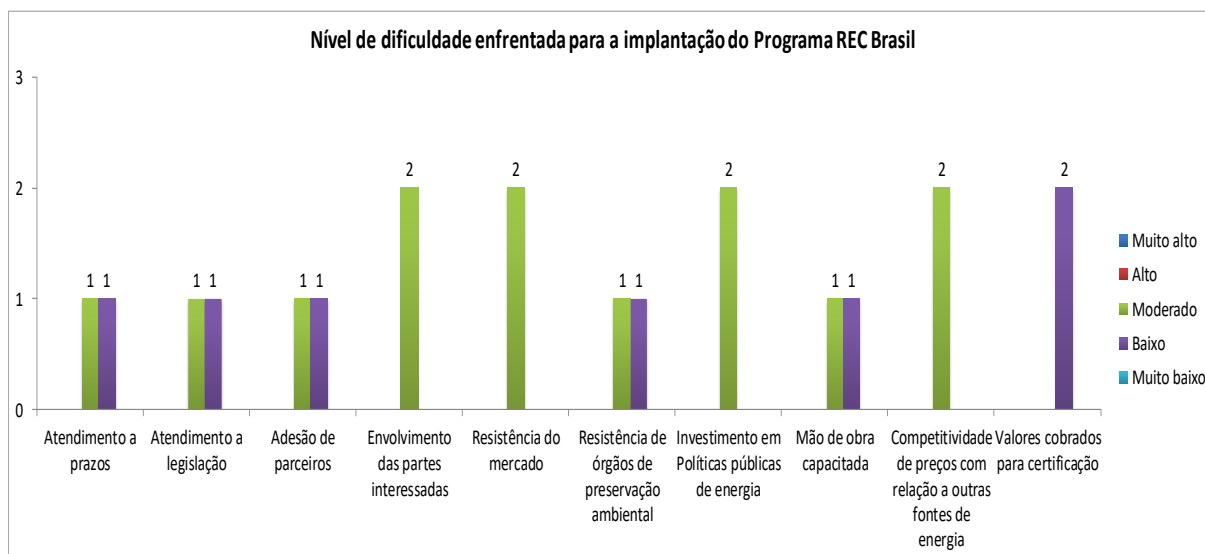
Observa-se que há uma convergência nas respostas dos entrevistados, quanto as questões 2 e 4, que tratam sobre o poder de escolha do consumidor e o retorno financeiro, respectivamente. Ambos consideram estes fatores como sendo de grande importância para o processo de implantação do Programa REC Brazil. Segundo informações da REC Brazil, tanto as iniciativas REC Brazil quanto I-REC, possuem um importante destaque, quando se fala em contribuição para aumento da consciência dos consumidores, trazendo benefícios aos geradores e consumidores voluntários de energia renovável. Destaca-se que o Programa vem justamente para dar ao consumidor brasileiro um maior poder de escolha, sendo ele uma peça chave para o consumo consciente, podendo tornar possível que o consumo de energia renovável seja uma rotina. E quanto ao retorno financeiro, entende-se que é um bom investimento para os empreendimentos interessados, tendo em vista as perspectivas do mercado.

Conforme apresentado na figura 33, quanto ao nível de dificuldade enfrentada para a implantação do programa REC Brazil, as instituições foram questionadas sobre os seguintes aspectos:

- Atendimento a prazos
- Atendimento a legislação
- Adesão de parceiros
- Envolvimento das partes interessadas
- Resistência do mercado

- Resistência de órgãos de preservação ambiental
- Investimento em Políticas públicas de energia
- Mão de obra capacitada
- Competitividade de preços com relação a outras fontes de energia
- Valores cobrados para certificação

Figura 33 - Nível de dificuldade enfrentada para implantação do Programa REC Brazil



Fonte: Própria autora, 2018.

Os itens de atendimento a prazos, atendimento a legislação, adesão de parceiros, resistência de órgãos de preservação ambiental e mão de obra capacitada foram classificados como de nível moderado e baixo. Os itens envolvimento das partes interessadas, resistência do mercado, e competitividade de preços com relação a outras fontes de energia foram classificados como moderados. E o item de valores cobrados para certificação foi classificado como baixo. Considera-se que para a implantação do programa, nenhuns dos itens questionados possuem nível de dificuldade alto ou muito alto. Quanto a convergência de opiniões para o item de valores cobrados com nível de dificuldade baixo, entende-se que os valores cobrados não são considerados como uma barreira, valendo salientar que é importante conhecer também, a opinião dos empreendimentos e compradores de RECs, tendo em vista que neles reflete-se o maior impacto dos valores cobrados.

Nas principais vantagens para o empreendimento que obtém a Certificação de Energia Renovável no Brasil, observou-se uma convergência de respostas, quanto a valorização da sua energia, podendo disponibilizar ao mercado um produto com um diferencial socioambiental de alto valor agregado, sem o aspecto de commodity. Além desta vantagem, foi destacado pela

ABEEólica, a possibilidade de elaboração de relatórios de sustentabilidade, atendimento do protocolo GHG, que é o programa brasileiro para registro e publicação de Inventários de Emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE), em inglês, GHG (Green House Gases), certificação de produtos, edificações e serviços como forma de orientar os consumidores e comprovar fisicamente os seus insumos energéticos e a sua contribuição das emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera. Atualmente as fontes renováveis buscam maior participação e competitividade do mercado livre de eletricidade e a certificação contribui com esses objetivos. Com a apresentação deste diferencial há uma tendência de maior desenvolvimento das energias renováveis e divulgação das boas práticas.

Quanto aos maiores desafios enfrentados pelo Programa, ambas as instituições destacaram o engajamento dos consumidores, com apresentação das principais vantagens em exercer o poder de escolha da energia utilizada. Esses desafios podem ser trabalhados conforme o tempo de implementação do Programa e estão associados a consciência das empresas em adesão das certificações, relevância com o tema sustentabilidade e energia no seu ambiente corporativo, demanda de seus mercados e clientes e até dúvida dos gestores em relação as informações do programa.

Foi destacado pela ABEEólica, a importância da divulgação e conscientização da população em relação aos benefícios das energias renováveis e expansão das iniciativas para que cada vez mais surjam empresas e pessoas interessadas nos certificados de energia renovável. O Programa possui um grande potencial de crescimento, porém é visível, a necessidade de aumento de esforços na sua divulgação, disponibilizando o acesso a informações de forma mais didática para o público-alvo que se deseja alcançar na sociedade.

Segundo Goldemberg e Lucon (2007), os atuais padrões adotados para produção e consumo de energia são um fator preocupante, pois comprometem o suprimento de longo prazo do planeta, já que são baseados em fontes de combustíveis fósseis, poluentes que causam impactos negativos em todo contexto ambiental, social e econômico. Para reverter esse processo, é importante investir no estímulo do uso das energias renováveis, tendo em vista que o Brasil apresenta uma condição bastante favorável em relação ao resto do mundo, devido a robustez e abundância desses recursos em seu território.

No questionamento sobre o Programa REC Brazil ter atingido os resultados esperados, ambas responderam positivamente. Destacou-se ainda, pela ABEEólica, informações disponibilizadas pelo I-REC Standard, no evento chamado “Brazil Wind Power 2017”, onde foi apresentado que o Brasil e outras economias emergentes movimentam uma média de cinco TWh de certificados. Este dado ilustra um mercado importante para o programa de



certificação e uma preocupação da parte das empresas em comunicar a utilização das fontes de energia renovável. “Para se ter uma ideia, durante o período de 2014 a 2016 foram transacionados cerca 60 mil certificados para atender soluções de edificação no Brasil (prédios verdes). Conforme o aumento do número de adesões ao Programa, o objetivo é que os RECS também contribuam para certificação de produtos, serviços e a elaboração de relatórios e comunicações institucionais”, descreveu Elbia Ganuoun.

A partir do segundo semestre de 2016 diversas usinas brasileiras aderiram ao Programa, isso representou um aumento de 600% no período de um ano. A razão dessa movimentação é a participação e validação dos processos de auditoria da organização europeia I-REC Service. O que permitiu que as empresas pudessem se certificar na mesma plataforma utilizada no restante do mundo devido a padronização do IREC-Standard. Com isso, atualmente contabiliza-se cerca de 1.674.566 RECs transacionados no Brasil.

Para maior expansão do Programa, foi apontada novamente, a falta de engajamento dos consumidores, destacando-se que existe oferta de RECs tanto no padrão I-REC como no padrão REC Brazil suficientes para atender à demanda nacional. E conforme foi apresentado nas figuras 22 e 23, o Brasil possui uma capacidade elétrica derivada das usinas geradoras de certificados de energia renovável de 2.188.366,83 megawatts (MW), ou seja, essa mesma quantidade representa a quantidade de RECs que temos disponíveis para o mercado.

Segundo Souza (2010), ainda há na sociedade muita negligência decorrente de ações individuais. Por comodismo ou ignorância, muitos negam que seu modo de vida, está extremamente relacionado com os impactos ambientais. Atitudes inteligentes com o meio ambiente caracterizam o consumo consciente e todos precisam preservar as fontes de energia, colaborando com a sustentabilidade mundial. Apesar de saberem de todas as necessidades de conservação dos recursos naturais, acabam rejeitando as informações que possam trazer mudanças e desconforto ao seu bem-estar, sem se envolverem com as causas que buscam eliminar ou reduzir os danos ao meio ambiente.

É consciente a necessidade de mais tempo para sua consolidação. Com a entrada do I-REC Standard, o programa ganhou mais força e aos poucos vai ter mais visibilidade do mercado internacional e nacional para que as empresas possam se certificar. Além disso, é importante que as energias renováveis participem cada vez mais da matriz energética e dos leilões brasileiros. Com isso, pode ser gerada mais energia renovável e uma consciência maior dos setores para que o Programa seja difundido no Brasil.

Conforme levantamentos do Instituto Totum, ao final de 2017, o programa contava com 6 empresas nacionais aptas para a emissão de certificados e a meta para 2018 é a inclusão

de mais cinco empresas no Programa. Hoje temos 9 empresas nos registros I-REC. A perspectiva é que esses números cresçam até 2019. Reforça-se a importância da divulgação das boas práticas de empresas que estão adquirindo os certificados.

Para os próximos 10 ou 20 anos, há uma perspectiva de que o Programa de Certificação de Energia Renovável no Brasil possa tornar o exercício de poder de escolha do consumidor tão simples e direto que consumidores do mercado cativo possam escolher sua própria fonte de energia. Destacando o fato de que nos últimos três anos o Programa tem apresentado resultados positivos, a ABEEólica entende que este mercado possui uma grande perspectiva de crescimento. Desde o início do projeto em 2014 até o final do ano de 2017, foram contabilizadas 32 usinas prontas para emitir certificações e a projeção para o final de 2018 é que esse número suba para 52. Só no ano de 2017 foram transacionados uma média de 231.066 certificados. E desde o início de 2018 até março já foram comercializados 421 certificados, só no Brasil. A partir desses números e uma demanda por soluções que comprovam a utilização das fontes renováveis pelas empresas, é possível visualizar a configuração de um mercado com uma perspectiva de crescimento positiva para os próximos anos.

Segundo dados do IRENA (2018), impulsionado pela inovação, aumento da concorrência e apoio político, em um número cada vez maior de países, as tecnologias de energia renovável alcançam nos últimos anos, avanços tecnológicos maciços e reduções de custos. Muitos países já compreendem a energia renovável como uma tecnologia madura, acessível e opção limpa para seu desenvolvimento. E com a redução dos custos, vem o aumento dos investimentos, que também são impulsionados pelos compromissos públicos e tecnologias que amadurecem rapidamente. As fontes renováveis podem impulsionar o crescimento econômico, o fornecimento seguro de energia e ampliar o seu acesso, ao mesmo tempo em que combate os impactos ocasionados pelas mudanças climáticas.

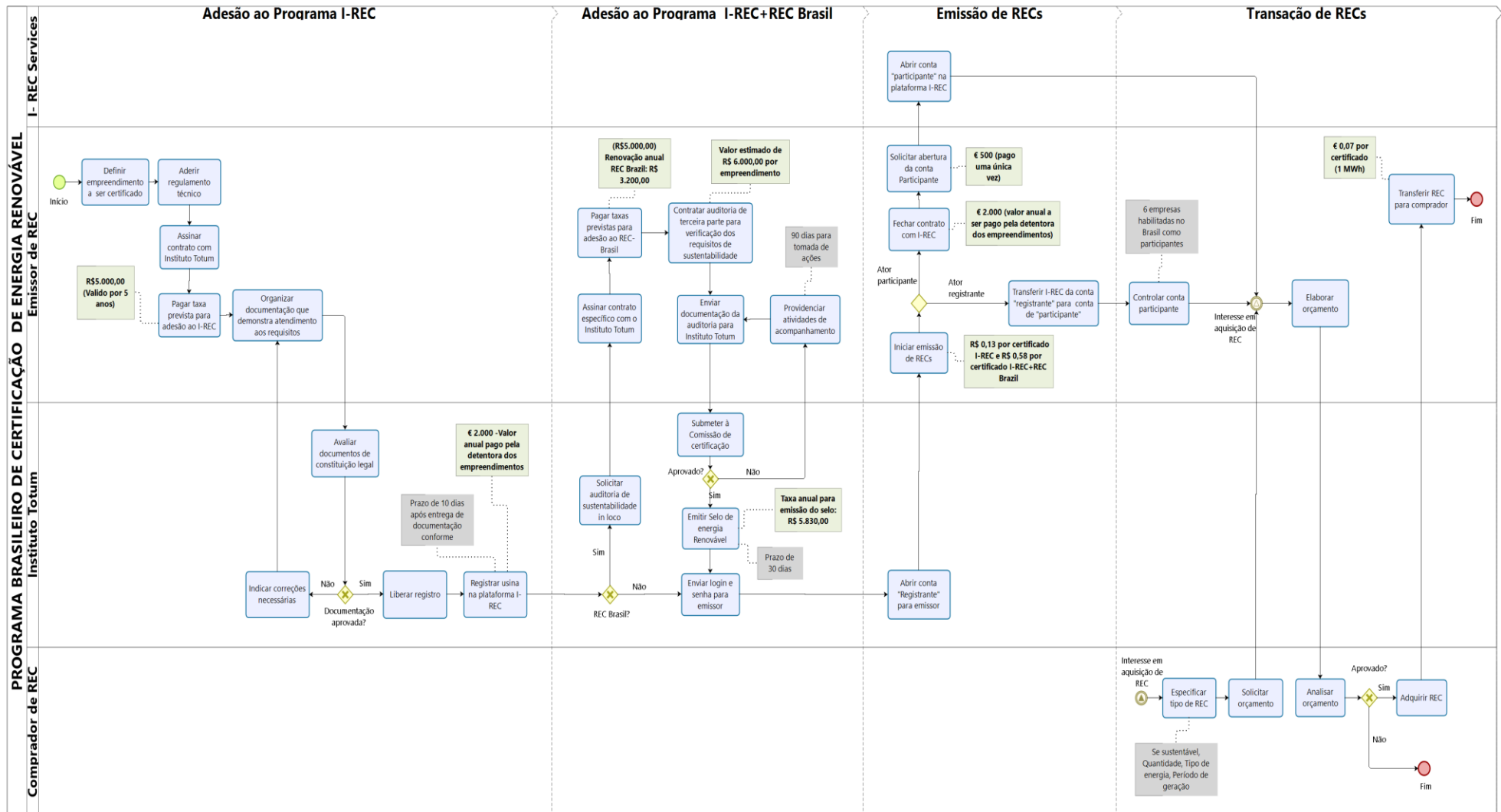
### 4.3 ELABORAÇÃO DE PROPOSTA DE APLICAÇÃO DOS RESULTADOS ANALISADOS, COM MODELAGEM DO PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL

Na análise do processo do Programa REC Brazil, foi selecionado a partir de registros documentais, o seu passo a passo. O Propósito dessa análise é diagramar e examinar o processo em termos de fluxo de atividades, custos e tempo que ele leva para ser concluído. Esta análise tem o objetivo de facilitar o entendimento do processo e colaborar numa possível redução de tempo e custos, para difusão do programa e incentivo ao uso das fontes alternativas de energia. Segundo a ABPMP (2013), a gestão dos processos deve focar em inovações que proponham mudanças, e agreguem valor às atividades da instituição, tais como a otimização dos resultados, do tempo e dos custos, promovendo transparência e facilidade de acesso às informações pertinentes aos processos organizacionais.

#### 4.3.1 Modelagem de processo do Programa REC Brazil

Para realização do mapeamento e modelagem do programa REC Brazil, foi utilizado a Notação internacional de Modelagem de Processos de Negócio, conhecida como (BPMN- *Business Process Model and Notation*), em conjunto com o software Bizagi para construção de fluxo de atividades, apresentação de fases e funcionamento do Programa. O uso da metodologia BPM associado ao Bizagi, permitiu a elaboração de mapeamento dos processos, gerando material para continuidade da pesquisa, tendo em vista que a gestão dos processos é uma maneira simples e inteligente de desenvolver a integração dos diferentes processos dentro do Programa, além de ser um importante mecanismo para promover melhorias e inovações. Conforme apresentado na figura 34, buscou-se destacar principais ações, custos, prazos e envolvidos.

Figura 34 - Mapeamento “AS IS” do Programa REC Brazil, 2018



Fonte: Própria autora, 2018.

### 4.3.2 Descrição de processo do Programa REC Brazil

Conforme a ABPMP (2013), para avaliar como os processos estão atuando, é fundamental analisá-los e compreender suas atividades, resultados e alcance de metas pretendidas. Com o entendimento do estado atual de um processo, definido pela ABPMP como “AS IS”, identificamos os potenciais gargalos e proporcionamos a possibilidade de tratamento destes gargalos com a definição de melhorias que tornem o fluxo mais dinâmico com o objetivo de alcançar melhores resultados. A modelagem do Programa REC Brazil, proporciona ao público envolvido uma visão mais clara de seu funcionamento e atua como um primeiro passo para a construção de novos modelos, mais detalhados, específicos e com possíveis melhorias onde entender-se necessário.

O processo modelado para o Programa brasileiro de certificação de energia renovável neste trabalho, inclui os seguintes participantes:

- 1- I-REC Services;
- 2- Emissor de RECs;
- 3- Instituto Totum; e
- 4- Comprador de REC.

E foi dividido em quatro fases:

- 1- Adesão ao Programa I REC;
- 2- Adesão ao Programa REC Brazil;
- 3- Emissão de RECs; e
- 4- Transação de RECs.

Os padrões de pagamentos variam de acordo com o tipo de REC adquirido. Podendo ser: I-REC, caracterizado por Certificação com conceito renovável, sem critérios de sustentabilidade; e I-REC + REC Brazil, que é a certificação com conceito renovável, e os critérios de sustentabilidade.

Tendo em vista as mudanças já previstas pelo Instituto Totum, organismo certificador responsável pelo gerenciamento do Programa na certificação para geradores de energia eólica, solar, biomassa e Pequena Central Hidrelétrica (PCH) e pelas transações dos RECs no Brasil, neste documento apresenta-se as condições financeiras válidas até a data de 31 de dezembro de 2018 e as condições válidas a partir de 01 de janeiro de 2019, conforme formulário 13 b revisão 20 (Certificação energia renovável - Taxas dos programas I-REC e REC Brazil),

documento disponível no endereço eletrônico:  
<https://www.institutototum.com.br/images/totum/arquivos/FM.13b.20.pdf>.

Os quadros 04 e 05 apresentam as taxas de adesão à certificação com conceito renovável sem critérios de sustentabilidade e com critérios de sustentabilidade respectivamente. Considerando os valores para o ano de 2018, o custo para os empreendimentos interessados em aderir a certificação sem critérios de sustentabilidade é de aproximadamente R\$ 15.766,83. E para o modelo com critérios de sustentabilidade de R\$ 29.647,26.

Quadro 04 - Taxas de adesão à certificação sem critérios de sustentabilidade

	Até 31/12/2018	A partir de 01/01/2019
Adesão I-REC (validade 5 anos)	R\$ 4.800 para empreendimento único R\$ 4.800 para agrupamento de empreendimentos com capacidade de até 5 MW (apenas para fonte solar FVT).	R\$ 5.000 para empreendimento único R\$ 5.000 para agrupamento de empreendimentos com capacidade de até 5 MW (apenas para fonte Solar FVT).
Emissão de certificado I-REC	R\$ 0,12 por certificado (1 MWh)	R\$ 0,13 por certificado (1 MWh)
Entrada na plataforma I-REC	€ 2.000 / R\$8.773,12 <sup>1</sup> - Valor anual pago pela detentora dos empreendimentos	€ 2.000 / R\$8.773,12 <sup>1</sup> - Valor anual pago pela detentora dos empreendimentos
Abertura da conta na plataforma	€ 500 / R\$ 2.193,28 <sup>1</sup> - Valor pago uma única vez	€ 500 / R\$ 2.193,28 <sup>1</sup> - Valor pago uma única vez
Transação de certificados I-REC	€0,07 /R\$ 0,31 <sup>1</sup> por certificado (1 MWh)	€ 0,07 / R\$ 0,31 <sup>1</sup> por certificado (1 MWh)
<b>Total (R\$)</b>	<b>R\$ 15.766,83</b>	<b>R\$ 15.966,84</b>

Fonte: REC Brazil, 2018.

<sup>1</sup>1 Euro igual a 4,39 Reais. Valor cotado em dezembro de 2018.

Quadro 05 – Taxas de adesão à certificação com critérios de sustentabilidade

	Até 31/12/2018	A partir de 01/01/2019
Adesão I-REC (validade 5 anos)	R\$ 4.800 para cada empreendimento	R\$ 5.000 para cada empreendimento
Entrada na plataforma I-REC	€ 2.000 / R\$8.773,12 - Valor anual pago pela detentora dos empreendimentos	€ 2.000 / R\$8.773,12 - Valor anual a ser pago pela detentora dos empreendimentos
Abertura da conta na plataforma	€ 500 / R\$ 2.193,28 - Valor pago uma única vez	€ 500/ R\$ 2.193,28 - Valor pago uma única vez
Adesão REC Brazil.	R\$ 4.800 para empreendimento único R\$ 4.800 para agrupamento de empreendimentos com capacidade de até 5 MW em fonte Solar FVT.	R\$ 5.000 para empreendimento único R\$ 5.000 para agrupamento de empreendimentos com capacidade de até 5 MW em fonte Solar FVT.
Emissão de certificado I-REC + REC Brazil	R\$ 0,55 por certificado (1 MWh)	R\$ 0,58 por certificado (1 MWh)
Transação de certificados I-REC + REC Brazil	€ 0, 07 / R\$ 0,31 por certificado (1 MWh)	€ 0, 07 / R\$ 0,31 por certificado (1 MWh)
Renovação anual no Programa REC Brazil	R\$ 3.080 para empreendimento único R\$ 3.080 para agrupamento de empreendimentos com capacidade de até 5 MW em fonte Solar FVT.	R\$ 3.200 para empreendimento único R\$ 3.200 para agrupamento de empreendimentos com capacidade de até 5 MW em fonte Solar FVT.
Taxas de Associação	A empresa deve estar adimplente com as taxas de associação da ABRAGEL e/ou ABEEólica (exceto de fontes de energia solar e biomassa).	A empresa deve estar adimplente com as taxas de associação da ABRAGEL e/ou ABEEólica (exceto de fontes de energia solar e biomassa).
Taxa da Certificadora para realização de auditoria	Informado pela Certificadora escolhida no início do processo. Estima-se R\$ 6.000 por empreendimento.	Informado pela Certificadora escolhida no início do processo. Estima-se R\$ 6.000 por empreendimento.
<b>Total (R\$)</b>	<b>R\$ 29.647,26</b>	<b>R\$ 30.167,29</b>

Fonte: REC Brazil, 2018.

<sup>1</sup>1 Euro igual a 4,39 Reais. Valor cotado em dezembro de 2018.

Na fase 1, para adesão ao Programa I-REC, ou seja, certificação com conceito renovável, sem critérios de sustentabilidade, o empreendimento interessado em tornar-se um emissor de REC, define qual empreendimento será certificado e em contato com o Instituto Totun, adere ao regulamento técnico de acordo com a fonte de energia envolvida. Para cada fonte de energia, eólica, hídrica, solar e biomassa, os critérios seguem uma norma técnica

específica. O empreendimento assina contrato inicial do Programa, e realiza pagamento de taxa prevista para adesão, no valor de R\$ 5.000,00, válido por 5 anos. Após pagamento de taxas, deve ser enviado para o Instituto Totun, documentação que evidencia o atendimento aos requisitos estabelecidos pelo Programa. Caso a documentação não esteja de acordo, a gerenciadora indica as adequações para providências pelo empreendimento. Caso esteja de acordo, o responsável pelo empreendimento deve pagar uma taxa anual de € 2.000, para seu registro na plataforma I-REC, plataforma responsável pelo registro e emissão de RECs do International REC Standard. O Instituto Totun, efetiva liberação de seu registro na plataforma, no prazo de até 10 dias após entrega de documentação conforme.

Caso o empreendimento queira além de ter o registro e emissão de seus certificados na plataforma I-REC, incorporar o Selo REC Brazil, caracterizando a certificação como de conceito renovável com critérios adicionais de sustentabilidade, o Instituto Totun deverá solicitar uma auditoria de sustentabilidade in loco. Onde inicia-se a fase 2 do processo, a adesão ao Programa I-REC + REC Brazil.

O empreendimento emissor de REC assina contrato específico com o Instituto Totun, realiza pagamento das taxas previstas para adesão ao REC-Brasil, no valor de R\$5.000,00. Destacando que para certificação e manutenção do Programa, o empreendimento deverá além da taxa de adesão, estar em dias com o pagamento da taxa de associação à ABRAGEL e/ou ABEEólica, ou seu controlador, de acordo com a fonte envolvida; pagamento da Taxa de emissão dos “Certificados de Energia Renovável”, sempre que solicitada a emissão; Pagamento do Organismo de Auditoria para avaliação da conformidade com a Norma Técnica, onde estima-se o valor de R\$ 6.000,00 por empreendimento; e taxas relativas ao registro e uso da plataforma I-REC. Para renovação anual do contrato REC Brazil é cobrado ainda, uma taxa de R\$ 3.200,00.

Contrata-se auditoria de terceira parte para verificação dos requisitos de sustentabilidade. Após auditoria in loco e com os resultados de acordo com critérios definidos, o empreendimento envia documentação da auditoria para Instituto Totum, que irá submeter à Comissão de Certificação, que realiza a deliberação final baseado na recomendação do Organismo Auditor. Assim sendo, a responsabilidade final pela deliberação do “Atestado de Conformidade com o Programa Brasileiro de Certificação de Energia Renovável REC Brazil” é da Comissão de Certificação.

Se aprovado, o Instituto Totum emite Selo de energia renovável, no prazo de até 30 dias, registrando o empreendimento na plataforma I-REC com a etiqueta da certificação REC Brazil e emitindo seu login e senha. Se o empreendimento optar por receber um certificado



como evidência física, poderá solicitar o “Atestado de Conformidade com o Programa Brasileiro de Certificação de Energia Renovável REC Brazil”. Este será entregue com validade limitada, condicionada às auditorias periódicas de sua renovação e ao pagamento das taxas ao Instituto Totum, Organismo de Auditoria, ABRAGEL e ABEEólica. O empreendimento deve realizar também o pagamento de taxa anual para emissão do selo, no valor de R\$ 5.830,00. Vale ressaltar que a auditoria realizada no caso do I-REC, é apenas documental, sem necessidade de visita em campo.

Após a certificação inicial, o empreendimento inicia a emissão mensal e automática dos RECs, com base na sua geração efetiva de energia comprovada pelos relatórios de medição emitidos pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE).

Na fase 3 da modelagem do processo, após inclusão na plataforma I-REC, com ou sem Selo REC Brazil, o Instituto Totum envia login e senha para o emissor, e abre conta “registrante”. Este passa a ter permissão para emissão de I-RECs para consumidores finais ou comercializadoras, o que garante que os RECs emitidos no Brasil seguem os mesmos padrões dos RECs emitidos em outras regiões do mundo. Os valores pagos são de R\$ 0,13 por certificado I-REC e R\$ 0,58 por certificado I-REC+REC Brazil.

O emissor pode ser um Ator participante ou Ator registrante. O Ator registrante não tem permissão para comercializar RECs, devendo transferir os RECs produzidos para conta de um Ator participante. Caso haja o interesse em tornar-se um participante, este deve fechar contrato com a I-REC, com pagamento de valor anual de € 2.000 e solicitar abertura da conta “participante”, que custa uma parcela única de € 500. O I-REC Services abre a conta na plataforma I-REC, e este torna-se apto a comercializar os Certificados de Energia Renovável emitidos. Atualmente, há 8 empresas no Brasil, que atuam na transação/comercialização dos certificados, ou seja, habilitadas como atores participantes.

A fase 4, transação de RECs, ocorre de acordo com a demanda de aquisição dos certificados de energia renovável. O comprador de REC deve especificar o tipo de REC de acordo com sua necessidade e interesse, com descrição de quantidade, fonte de energia, período de geração, chancela de sustentabilidade, entre outros atributos. Estas informações configuram a solicitação de orçamento. O Ator participante elabora o orçamento, de acordo com solicitações demandadas, e encaminha para análise pelo comprador. Caso aprovado, é realizada a transação dos RECs.

#### 4.4 IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS POTENCIALIDADES E DESAFIOS DO USO DE SELO E CERTIFICADO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO BRASIL

O Certificado de Energia Renovável é uma forte ferramenta de grande potencial no mercado. O impacto da disseminação de seu uso na sociedade pode fazer a diferença na diversificação da matriz energética, colaborando ativamente com o desenvolvimento sustentável. Tendo em vista que possuímos um grande potencial que precisa ser aproveitado de forma mais eficiente.

Além de todas as potencialidades observadas, destaca-se a oportunidade de engajamento direto de todos os níveis da sociedade no envolvimento e colaboração com o meio ambiente de uma forma prática e eficaz. Tendo em vista que para adquirir Certificados de Energia Renovável, o comprador não precisa investir diretamente em tecnologias de fontes renováveis de energia, sendo necessário apenas conhecer o programa, entender suas vantagens, garantias e o impacto de sua atitude para o contexto socioambiental, levando em consideração que todos nós temos uma obrigação em cuidar e manter os nossos recursos para garantir que as gerações futuras possam também se desenvolver e sobreviver com os recursos existentes. Esta prática corrobora com o conceito de desenvolvimento sustentável, definido pela UNITED NATIONS (1987), que o define como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de que as gerações futuras atendam às suas necessidades”.

Entre os vinte países participantes da plataforma I-REC, o Brasil foi o país com maior número de empreendimentos cadastrados, estando à frente de todos os demais países da Ásia, América Latina e África, que possuem registros na plataforma internacional de registro dos certificados de energia renovável. Apesar disso, a quantidade de informações tanto a nível acadêmico, quanto comercial, ainda é restrita. É importante maior clareza para o consumidor sobre os custos do certificado de energia renovável. Faltando para a sociedade informações acessíveis e claras, sobre o custo benefício da aquisição dos RECs, além da importância ambiental que esta prática proporciona, tendo em vista o poder de mudança direta na matriz energética, que os consumidores cativos poderão ter.

É necessário o envolvimento de outros órgãos públicos e privados, para uma maior ampliação do Programa, com o objetivo de redução de custos para os envolvidos, incluindo tanto os empreendimentos que desejam se certificar na plataforma I-REC, quanto os consumidores finais, que desejam adquirir certificados pelos diversos motivos de seu interesse.

O consumidor cativo, além da colaboração com a diversificação da matriz energética, precisa conhecer e compreender melhor as vantagens na aquisição do REC. Isto tornaria o REC, uma ferramenta de uso ampliado e comum na sociedade, atuando ativamente na ampliação da matriz elétrica brasileira, que se tornaria uma matriz limpa considerando a participação não apenas da fonte hídrica, como é possível identificar atualmente, tendo em vista o potencial de recursos naturais que o Brasil possui.

De acordo com Neto (2012), para que o Brasil possa atingir uma situação de confiabilidade e segurança energética é necessário que sejam realizados novos investimentos na geração e transmissão de energia, destacando que as fontes hidroelétricas, apesar de muito importantes, demandam investimentos altos e de longo prazo de implantação. E apesar de ser renovável e limpa, gera riscos sociais e ambientais de alto impacto, produzidos pelo represamento das águas e alagamento das áreas. A dependência dessa fonte aumenta os riscos de queda na produção de energia elétrica, devido aos períodos de escassez de chuvas e consequente redução do volume de água dos reservatórios.

Os quadros 6 e 7 apresentam as principais potencialidades e desafios identificados no Programa de certificação de energia renovável no Brasil respectivamente. Garantindo aos envolvidos a exposição de um cenário real, definido a partir de uma análise embasada nos dados recentes sobre o programa REC Brazil, questionários aplicados com os fundadores e gerenciadora do Programa, modelagem do processo e documentos disponibilizados pelas plataformas do programa e em diversos relatórios nacionais e internacionais.

Quadro 6 - Potencialidades do Programa REC Brazil

<b>Potencialidades</b>	
1	Diversificação de matriz elétrica com fontes renováveis de energia.
2	Comprovação da origem da eletricidade consumida e sua correspondente redução de emissão de gases de efeito estufa na atmosfera.
3	Redução da dependência de fontes de energia não renovável e da fonte hídrica
4	Aumento do incentivo ao desenvolvimento de tecnologias de energia renovável, visando a redução dos custos para torná-las mais acessíveis ao mercado brasileiro.
5	Incentivo ao desenvolvimento sustentável de forma prática, viabilizando o cumprimento de metas de sustentabilidade nas organizações.
6	Aplicação de uso para emissão de relatórios de sustentabilidade.
7	Atendimento ao protocolo GHG (Green House Gases).
8	Uso para certificação LEED, voltada para construção de prédios verdes.
9	Disponibilidade do poder de escolha aos consumidores de energia elétrica, podendo ser adquirido por pessoas físicas e jurídicas.
10	Aumento de competitividade no mercado para empresas que possuem o diferencial da Certificação de seus produtos, edificações e/ou serviços.
11	Contribuição direta pelo consumidor final, com o meio ambiente e a sociedade no apoio ao desenvolvimento das energias renováveis.
12	Agregação de valor ao produto ou serviço de empresas consumidoras de RECs.

Fonte: Própria autora, 2018.

Quadro 7 - Desafios do Programa REC Brazil

<b>Desafios</b>	
1	Ampliação de formas de divulgação do Programa para os diferentes público-alvo.
2	Falta de conhecimento do Programa pela sociedade.
3	Falta de envolvimento de pessoas físicas e jurídicas de menor porte
4	Taxas previstas para adesão ao Programa e para aquisição de RECs.
5	Falta de envolvimento e incentivo pelo setor público e privado para ampliação do Programa
6	Ampliação de acesso a informações sobre o Programa com linguagem didática e foco comercial.

Fonte: Própria autora, 2018.

Como importante meio de mitigação dos impactos causados pelo uso de fontes não renováveis, os certificados de energia renovável, devem ser mais aproveitados tanto pelos empreendimentos geradores de RECS, quanto pelos consumidores jurídicos e físicos. A mudança do clima e seus impactos negativos, já preocupam toda sociedade, que ao longo dos anos vem sendo atingidas diretamente. E por isso crescem as discussões sobre responsabilidade socioambiental, e a necessidade de atuação de todos, em busca de melhorias.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo PAU e FU (2014), o Brasil deve adotar estratégias para investimento em infraestrutura energética e reforçar políticas de conservação de energia para reduzir o desperdício, a fim de reduzir as emissões e evitar ter um efeito negativo sobre o crescimento econômico. Essa teoria reforça a necessidade de ampliar as atenções no mercado brasileiro de energia renovável, para o programa REC Brazil, que deverá atuar fortemente como uma ferramenta de mitigação dos impactos negativos causados pelas mudanças climáticas. O olhar para estas situações de responsabilidade sócio ambiental, é uma questão de caráter essencial e urgente. Não se pode negligenciá-las, mantendo o mesmo padrão de consumo que já se apresenta como insustentável a muitos anos.

Segundo Reis e Silveira (2000), a energia proporciona oportunidades e maior variedade de alternativas tanto para o indivíduo quanto para a comunidade. Para que toda economia de uma região, possa se desenvolver plenamente, é necessária uma fonte de energia de custo aceitável e credibilidade garantida. De forma que o indivíduo e a comunidade possam ter acesso adequado a serviços essenciais tais como educação, saneamento e saúde pessoal, que proporcionam um aumento na qualidade de vida. Com o objetivo de diminuir a dependência das fontes não alternativas de energia e manter o desenvolvimento da sociedade, faz-se necessário investir na diversificação da matriz elétrica brasileira.

A pergunta que trilhou este trabalho deu origem ao processo de avaliação do Programa Brasileiro de Certificação de Energia Renovável e ao entendimento das formas como ele busca subsidiar o aumento da competitividade das fontes renováveis de energia no país, buscando o alinhamento com práticas de estratégias para o desenvolvimento sustentável. E a medida que a atual gestão e desenvolvimento do Programa, promovem o desenvolvimento sustentável, no sentido de garantir uma diversificação da matriz elétrica brasileira e o uso de fontes renováveis de energia. Partindo-se da hipótese de que apesar da sua ampla distribuição e gestão, garantindo acessibilidade a diversos países no mundo, os certificados de energias renováveis, ainda não alcançaram o pleno exercício de todas as suas potencialidades à promoção deste desenvolvimento sustentável.

Fundamentado na experiência de países da Europa e Estados Unidos, o I-REC possui um modelo de certificação de energia renovável, com evidências de sucesso no alcance da proposta a qual foram submetidos em outros países. No Brasil, ele foi adotado em um período favorável ao uso de energias renováveis, devido ao aumento dos investimentos nas indústrias de fontes renováveis de energia e aumento dos custos da energia elétrica de fontes não

renováveis e hídrica, decorrentes da intensificação dos impactos ambientais. Porém, para alavancar ainda mais o setor, é preciso incentivar e atrair mais investimentos, nas indústrias fabricantes de máquinas, equipamentos e componentes dos parques geradores de energia.

No funcionamento do Programa de certificação de energia renovável no Brasil, obteve-se dados que demonstram o quanto este programa é promissor e poderá agregar valor a diversificação da matriz elétrica do país. Contudo o programa já poderia estar em um nível mais desenvolvido e acelerado, se estratégias mais agressivas de incentivo tivessem ocorrido de forma mais objetiva. Somente em 2016 o programa foi elevado ao mesmo patamar das certificações internacionais. O que refletiu em um aumento considerável nos números de empreendimentos certificados e de RECs transacionados. Esse novo patamar, tornou o Programa mais competitivo, porém ainda pouco acessível, tendo em vista que ainda há o envolvimento apenas de pessoas jurídicas na compra de RECs.

A inclusão à plataforma internacional abre uma nova perspectiva bastante favorável ao mercado de RECs no Brasil. Tendo proporcionado uma trajetória de crescimento do setor no mercado. No entanto, apesar de todos os resultados positivos verificados no decorrer dos anos seguintes, e da perspectiva de continuidade de crescimento do mercado, existem algumas barreiras consideráveis, que devem ser transpostas para que o Programa REC Brazil cresça mais firmemente. Tais como: a falta de divulgação mais clara e acessível sobre o processo, os custos para os empreendimentos interessados na certificação, e a falta de envolvimento de instituições governamentais e não governamentais, com políticas mais fortes de incentivo. O fato de não haver pessoas físicas nos registros de compradores de RECs e as informações dos entrevistados sobre a necessidade de maior envolvimento da sociedade corroboram na falta de informação e divulgação do programa.

Por meio deste trabalho foi apresentado o mapeamento do processo atual do Programa Brasileiro de Certificação de Energia Renovável. Com esta modelagem do processo existente torna-se possível difundi-lo melhor e ampliar a oportunidade de incentivo ao uso de energias renováveis. Porém, para um maior aproveitamento da ferramenta de modelagem de processos, é importante que se realize novas análises para um mapeamento de novos modelos, mais específicos e detalhados, que levem em consideração, as potencialidades e os desafios identificados para cada público interessado.

Para um país que se preocupa com seu desenvolvimento, não há dúvidas da importância em se garantir o acesso a energia para todos. A preocupação com o abastecimento de energia que sustente o desenvolvimento pretendido fomenta o surgimento de ações e discussões, em diversas esferas, incluindo as esferas governamental, social e científica,

visando encontrar meios possíveis para desenvolvimento de projetos promissores e elaboração de novos projetos. Apesar de alguns problemas terem sido detectados no Programa brasileiro de certificação de energia renovável, o mesmo vem cumprindo o seu papel, como um instrumento de diversificação da matriz elétrica brasileira, fornecendo subsídio para o aumento da competitividade das fontes renováveis de energia no país e buscando o alinhamento com práticas de estratégias para o desenvolvimento sustentável.

Sugere-se realizar pesquisas com os emissores e compradores de RECs, para conhecer as intenções e percepção desses agentes a respeito do Programa. Isto proporcionará um reconhecimento maior sobre os efeitos positivos e negativos gerados aos envolvidos. Além dos desafios e dificuldades existentes para a adesão ao Programa e aquisição de RECs pelos consumidores finais. É importante relacionar a pesquisa a outros ramos do conhecimento, promovendo análises de estratégias de gestão e de marketing, que proporcionem um melhor aproveitamento das informações obtidas para aplicação no mercado. Faz-se necessário um estudo para definir formas de divulgação do Programa para a sociedade, facilitando tanto o acesso a informação, quanto o entendimento de como funciona o Programa, utilizando uma linguagem mais clara e acessível.

Embora todas as dimensões desta problemática não tenham sido aqui discutidas, espera-se que esta pesquisa possa, ao menos, fazer-nos pensar, a partir dos desafios aqui destacados, como a aplicação de fontes renováveis de energia poderiam ser melhoradas, a fim de contribuir para transformar o quadro atual da sociedade, em termos de sustentabilidade.

Diante do exposto, para conclusão desta dissertação, e como contribuição desta pesquisa propomos as seguintes estratégias como sugestão de modelo para a gestão de mudanças no contexto do Programa REC Brazil:

- Maior adequação ao cenário nacional e aprimoramento das relações entre os participantes. A qualidade do Programa não é alcançada apenas através de estruturas e modelos de gestão internacionais.
- Implantação de estratégias que tornem o programa mais atuante e próximo do potencial público-alvo. É necessário pensar na realização de práticas que viabilizem a acessibilidade do Programa para toda cadeia, incluindo os consumidores diretos, pessoas físicas e jurídicas empresas de médio e pequeno porte. Uma vez que essas pessoas podem de fato, massificar a aplicação do Programa no país;
- Faz-se necessário, parcerias e integração do Programa com outras políticas de incentivo a diversificação da matriz energética brasileira. Uma inter-relação dos programas já

existentes possibilitaria a obtenção de informações contextualizadas dos usuários de energia elétrica, promovendo uma prática mais eficiente.

- Ampliação da modelagem dos processos de toda cadeia do Programa, especificando detalhadamente as ações, custos, prazos e responsabilidades de todos os envolvidos.
- Aplicação de estratégias de divulgação como instrumento de conhecimento e acesso, direcionados aos diferentes tipos de consumidores de energia elétrica.



## REFERÊNCIAS

ABPMP. **Guia para o Gerenciamento de Processos de Negócio: Corpo Comum de Gerenciamento**, v. 3, BPM CBOK, 2013.

ABEEÓLICA. **Boletim anual de geração eólica 2016**. Associação Brasileira de energia eólica, São Paulo, 2016. Disponível em: [http://www.ABEEólica.org.br/wp-content/uploads/2017/05/424\\_Boletim\\_Anual\\_de\\_Geracao\\_Eolica\\_2016\\_Alta.pdf](http://www.ABEEólica.org.br/wp-content/uploads/2017/05/424_Boletim_Anual_de_Geracao_Eolica_2016_Alta.pdf). Acesso em: 19 ago. 2017.

ABRAGEL. **Texto Certificado de Energia Renovável**, 2017. Disponível em: <http://www.abragel.org.br/energia-renovavel/>. Acesso em: 12 ago. 2017.

ANEEL. **Cadastro de agentes**, 2018. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cadastro-de-agentes>. Acesso em: 08 abr 2018.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**, 2002. Brasília: ANEEL, Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro\\_atlas.pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf). Acesso em: 05 mar. 2017.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: Conceitos, modelos e instrumentos**. 3º ed. São Paulo: Saraiva, 2011.

BIÂNGULO, L. S. da S.; SILVA, L. R da. Estudo da viabilidade econômica da energia solar para a oferta de energia no setor residencial do distrito federal. **Revista interdisciplinar de pesquisa em engenharia**, Brasília, v. 1. n. 2, 2015. Disponível em: <http://periodicos.unb.br/index.php/ripe/article/view/17713>. Acesso em: 28 mai. 2016.

BRASIL. **Resolução Normativa ANEEL N° 482, de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2016.

BRASIL. **Resolução Normativa ANEEL N° 687, de 24 de novembro de 2015**. Altera a Resolução Normativa n° 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. 2015. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2016.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil (1988)**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constitui](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constitui). Acesso em 04 dez. 2017.

BRASIL. **Plano Nacional de Energia 2030** / Ministério de Minas e Energia; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME: EPE, 2007. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/02+-+Resenha+Energ%C3%A9tica+Brasileira+2017>. Acesso em: 19 jun. 2017.

BRITO, M. F. de; SILVA, R. O.S.; OLIVEIRA, M. A. M. de; ESTENDER, A. C.; FORMIGONI, A. Transição do Sistema Elétrico Tradicional para a Implantação do Sistema

Fotovoltaico: Percepção de Funcionários. **REPAAE – Revista Ensino e Pesquisa em Administração e Engenharia**, São Paulo, v. 1, n. 2, 2015. Disponível em: <https://repae-online.com.br/index.php/REPAAE/article/view/21/128-147>. Acesso em: 10 jun. 2016.

BRONZATTI, F. L.; NETO, L. Matrizes energéticas no Brasil: Cenário 2010-2030. *In: XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 28., 2008, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_TN\\_STO\\_077\\_541\\_11890.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_077_541_11890.pdf). Acesso em: 13 mai. 2016.

CABRAL, I; VIEIRA, R. Viabilidade Econômica x Viabilidade Ambiental do uso de Energia Fotovoltaica no Caso Brasileiro: Uma Abordagem no Período Recente. **III CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL GOIÂNIA/GO**, 03., 2012, Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia, 2012. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2012/X-003.pdf>. Acesso em: 23 mai. 2016.

CARLOWITZ, H. C. **Sylvicultura oeconomica**, Leipzig, Braun, 1713, 432 p.

CNI. **Matriz energética: cenários, oportunidades e desafios**. CNI, Brasília: CNI, 2007. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2012/9/matriz-energetica-cenarios-oportunidades-e-desafios/>. Acesso em: 7 fev. 2018.

CRESESB. **Atlas do Potencial eólico brasileiro**, Brasília, 2001. Disponível em: [http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas\\_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf). Acesso em: 24 nov. 2018.

ELETROBRAS. PROINFA. Disponível em: <http://eletrobras.com/pt/Paginas/Proinfa.aspx>. Acesso em: 2 dez 2017.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética, **Balanco Energético Nacional 2017**: Ano base 2016 / Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2017. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/RelatorioFinalBEN2017.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2017.

FAPESP. **Um futuro com energia sustentável: iluminando o caminho**. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.fapesp.br/publicações/energia.pdf>. Acesso em: 22 set. 2017.

FERREIRA, C. F.; BLASQUES, L. C. M.; PINHO, J. T. Avaliações a respeito da evolução das capacidades contratada e instalada e dos custos da energia eólica no Brasil: do PROINFA aos leilões de energia. **Revista Brasileira de Energia Solar**, Pará, v. 5, n. 1, 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Luis\\_Blasques/publication/270565524](https://www.researchgate.net/profile/Luis_Blasques/publication/270565524). Acesso em: 14 mar de 2016.

FILHO, W. P. B.; AZEVEDO A. C. S. de. Geração distribuída: Vantagens e Desvantagens. *In: II SIMPÓSIO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS NA AMAZÔNIA*, 2006, Amazonas. **Anais [...]**, 2006. Disponível em: [http://www.feam.br/images/stories/arquivos/mudnacaclimatica/2014/artigo\\_gd.pdf](http://www.feam.br/images/stories/arquivos/mudnacaclimatica/2014/artigo_gd.pdf). Acesso em: 08 mar de 2016.

FILHO, W. P. B.; FERREIRA, W.R; AZEVEDO, A.C.S.; COSTA, A.L.; PINHEIRO, R. B. Expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil: Impactos ambientais e Políticas públicas. **Revista Gestão Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, n. esp, p.628-642, 2015.

Disponível em: <[www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao\\_ambiental](http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental). Acesso em 06 ago. 2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v21n59/a02v2159.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2017.

IBÁ. **Relatório 2017 Ibá**. Instituto Brasileiro de Árvores. Elaborado por Pöyry Consultoria em Gestão e Negócios Ltda. Disponível em: [http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA\\_RelatorioAnual2017.pdf](http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf). Acesso em: 23 fev. 2018.

IEA. **Internacional Energy Agency**, 2017. Disponível em: <http://www.iea.org/statistics/>. Acesso em: jan. 2018.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2018. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=261160&search=pernambuco|recife>. Acesso em: 17 jun. 2016.

Instituto Totum. Disponível em: <https://www.institutototum.com.br/>. Acesso em: 12 ago. 2017.

INEE. **Geração distribuída**. Fórum de cogeração, 2001. Disponível em: [http://www.inee.org.br/down\\_loads%5Cforum%5CNotas%20sobre%20GD.pdf](http://www.inee.org.br/down_loads%5Cforum%5CNotas%20sobre%20GD.pdf). Acesso em: jan 2018.

INPE. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2ªed. São José dos Campos: INPE, 2017. Disponível em: [http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/Atlas\\_Brasileiro\\_Energia\\_Solar\\_2a\\_Edicao.pdf](http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/Atlas_Brasileiro_Energia_Solar_2a_Edicao.pdf). Acesso em: jun. 2017.

IPCC. **Warming of 1.5°C**, Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, 2018, Switzerland. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/07/SR15\\_SPM\\_High\\_Res.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/07/SR15_SPM_High_Res.pdf). Acesso em: nov. 2018.

IRENA. **Renewable Energy Policies in a Time of Transition**. Agência Internacional de Energia Renovável, 2018. Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2018/Apr/Renewable-energy-policies-in-a-time-of-transition>. Acesso em: 09 fev. 2018.

JUNIOR, J. C. G. F.; RODRIGUES, M. G. Um estudo sobre a energia eólica no Brasil. **Ciência Atual-Revista Científica Multidisciplinar das Faculdades São José**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, 2015. Disponível em: <http://inseer.ibict.br/cafsj/index.php/cafsj/article/view/100/pdf>. Acesso em: 22 jan. 2018.

LAVADO, A. L. C. **Os Actuais desafios da energia: Implementação e utilização das Energias Renováveis**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologias do Ambiente) - Universidade de Lisboa, Lisboa, 2009. Disponível em: [http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/1447/1/20901\\_ulfc080580\\_tm.pdf](http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/1447/1/20901_ulfc080580_tm.pdf). Acesso em: 07 fev. 2018.

KEMERICH, P.D.C.; FLORES, C. E. B; BORBA, W. F. de; SILVEIRA, R. B. da; FRANÇA, J. R.; LEVANDOSKI, N. Paradigmas da Energia Solar no Brasil e no Mundo. **Revista**

**Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental.** Santa Maria, v. 20, n. 1, 2016. Disponível em: <http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/Reget/article/view/16132/pdf..> Acesso em: 10 abr. 2016.

MARCOCCIA, R. **A participação do etanol brasileiro em uma nova perspectiva na matriz energética mundial.** 2007. Dissertação (Mestrado em energia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/Disponiveis/86/86131/tde-05072007-114536/pt-br.php>. Acesso em: 03 fev. 2018.

MCTIC. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**, 4º ed, 2017. Ministério das Ciências, Tecnologia Inovações e Comunicação – MCTIC. Disponível em: [http://sirene.mcti.gov.br/documents/1686653/1706227/4ed\\_estimativas\\_anuais\\_web.pdf/a4376a93-c80e-4d9f-9ad2-1033649f9f93](http://sirene.mcti.gov.br/documents/1686653/1706227/4ed_estimativas_anuais_web.pdf/a4376a93-c80e-4d9f-9ad2-1033649f9f93). Acesso em: 19 nov. de 2018.

MME. Ministério de Minas e Energia, **Resenha energética brasileira**, exercício de 2016, Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. Edição junho de 2017.

NASCIMENTO, R. L.; **Energia solar no Brasil: Situação e Perspectivas.** Março, 2017. Estudo técnico (Câmara dos deputados). Brasília, 2017. Disponível em: [bd.camara.leg.br/bd/handle/bdcamara/32259](http://bd.camara.leg.br/bd/handle/bdcamara/32259). Acesso em: 4 jun. de 2018.

NETO. H. B. **Avaliação do processo de implementação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativa de Energia (PROINFA), no estado do Ceará: a utilização da fonte eólica.** 2012. Fortaleza, Série teses e dissertações. Banco do Nordeste do Brasil, 2012.

MME. Ministério de Minas e Energia, **Boletim mensal de energia**, mês de referência: junho de 2017. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/4475726/Boletim+de+Monitoramento+do+Sistema+Elétrico++Junho++2017.pdf/0dd6b734-e3c2-4418-a6df-33d1a5087c86>. Acesso em: 12 ago 2017.

OLIVEIRA, M. M. de. **Como fazer pesquisa qualitativa.** 1º ed. Recife: Ed Bagaço, 2005.

PACHECO, F. Energias renováveis: Breves conceitos. **Revista Conjuntura e Planejamento**, Salvador, n.149, 2006. Disponível em: [http://files.pet-quimica.webnode.com/200000109-5ab055bae2/Conceitos\\_Energias\\_renov%C3%A1veis.pdf](http://files.pet-quimica.webnode.com/200000109-5ab055bae2/Conceitos_Energias_renov%C3%A1veis.pdf). Acesso em: 07 fev. 2017.

Pau, H.-T., Li, Y.-Y. and Fu, H.-C. Causality Relationship between Energy Consumption and Economic Growth in Brazil. **Smart Grid and Renewable Energy**. Quanzhou, China, v. 5, n. 8, 2014, p. 198-205. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4236/sgre.2014.58019>. Acesso em: 12 abr. 2016.

PEREIRA, M. G.; CAMACHO, C. F.; FREITAS, M. A. V.; SILVA, N. F. da. **The renewable energy market in Brazil: Current status and potential.** **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 6, p. 3786-3802, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032112002079>. Acesso em: 23 nov. 2017.

PEREIRA, A. C.; SILVA, G. Z. da; CARBONARI, M. E. E.; **Sustentabilidade, responsabilidade social e meio ambiente.** 1º ed. São Paulo, Ed. Saraiva, 2011.

PEPERMANS, G.; DRIESEN, J.; HAESELDONCKX, D.; D'HAESELEER, W.; BELMANS,

R. Distributed Generation: Definition, benefits and issues. **Working paper series**, n. 8, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421503003069>. Acesso em: 13 jan. 2018.

RECBRASIL, 2017. Disponível em: <http://www.recbrazil.com.br/os-recs.html>. Acesso em: 11 ago. 2017.

REIS, L. B.; SILVEIRA, S. **Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável**. São Paulo: EDUSP, 2000.

REN 2. **Renewables 2017, Global Status Report (GSR)**. 2017. Paris: REN21 Secretariat. France, 2017. Disponível em: [www.fs-unep-centre.org](http://www.fs-unep-centre.org). Acesso em: 23 ago. 2017.

RONDINELLI, F.; SILVA, P. M. da. Avaliação da matriz elétrica brasileira com foco em aspectos econômicos, ambientais e sociais. **Ampliando Revista Científica da FACERB**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 2, 2015. Disponível em: <http://mail.cneerj.com.br/ojs/index.php/ampliando/article/view/186>. Acesso em: 10 jun. 2016.

RUTHER, R.; SALAMONI, I. O potencial dos setores urbanos brasileiros para a geração de energia solar fotovoltaica de forma integrada às edificações. **Revista Fórum patrimônio: Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável**, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, p. 84-94, 2011. Disponível em: <http://www.forumpatrimonio.com.br/seer/index.php/Forumpatrimonio/article/view/16>. Acesso em: 13 abr. 2016.

SANTOS, A. A. dos; RAMOS, D. S.; SANTOS, N. T. F. dos; OLIVEIRA, P. P. de. **Projeto de geração de energia eólica**. 2006. Projeto de conclusão do curso (Bacharelado em Engenharia Industrial mecânica) – Universidade Santa Cecília, Santos, 2006. Disponível em: <http://cursos.unisanta.br/mecanica/polari/energiaeolica-tcc.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2017.

SANTOS, A. C. A. dos; SILVA, E. M. da; FRANCA, G. C. de; CHINAQUE, F. F.; ARRUDA, E. M. Avanços e desafios na gestão hídrica: O Comitê de Bacia do Rio Sorocaba e Médio Tietê (São Paulo, Brasil), 2017. **Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente**. São Paulo, v. 4, n. 1, 88-97 (2016). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4322/2359-6643.04112>. Acesso em: 8 mar. 2018.

SANTOS, G. H. F.; NASCIMENTO, R. S. do; ALVES, G. M. Biomassa como Energia Renovável no Brasil, **Revista UNINGÁ Review**, v. 29, n. 2, p. 06-13 (Jan - Mar 2017). Disponível em: <http://revista.uninga.br/index.php/uningareviews/article/view/1966>. Acesso em: 19 mar. 2017.

SILVA, H. G.; AFONSO, M.; MONIZ, A. **Energia solar fotovoltaica: Contributo para um Roadmapping do seu desenvolvimento tecnológico**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e Computadores) – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Monte de Caparica, Portugal. 2009. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10362/2006>. Acesso em: 22 mai. 2016.

SILVA, R. W. da C.; PAULA, B. L. de. Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. **Terra e Didática**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 42-49, 2009. Disponível em: [https://www.ige.unicamp.br/TerraEdidatica/v5/pdf-v5/TD\\_V-a4.pdf](https://www.ige.unicamp.br/TerraEdidatica/v5/pdf-v5/TD_V-a4.pdf). Acesso em: 10 nov. 2018.

SOBRAL, M. do C. M.; Carvalho, R. M. C. M. de O.; SILVA, M. M. da; MELO, G. L. de.

Uso e ocupação do solo no entorno de reservatórios no Semiárido brasileiro como fator determinante da qualidade da água. *In: XXX CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL*. 30, 2006, Punta del Este, Uruguay. **Anais [...]**, 2006. Disponível em: [http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/BR08521\\_Sobral.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/BR08521_Sobral.pdf). Acesso em: 22 mar. 2018.

SOUZA, C. A. de. E-lixo: Efeito da produção, consumo e evolução tecnológica. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista (ANAP)**, São Paulo, v. 6, n.11, 2010. Disponível em: <http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/fórum/article/view/35>. Acesso em: 24 nov. 2010.

TOLMASQUIM, T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. Visão Prospectiva da Matriz Energética Brasileira: Energizando o desenvolvimento sustentável do país, **Revista Brasileira de Energia**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, 2007. Disponível em: [http://new.sbpe.org.br/wp-content/themes/sbpe/img/artigos\\_pdf/v13n01/v13n01a1.pdf](http://new.sbpe.org.br/wp-content/themes/sbpe/img/artigos_pdf/v13n01/v13n01a1.pdf). Acesso em: 11 mai. 2016.

UNITED NATIONS. **General Assembly. Report of the World Commission on Environment and Development. “Our Common Future”**. 1987. Disponível em: <https://ambiente.files.wordpress.com/2011/03/brundtland-report-our-common-future.pdf>. Acesso em: 5 dez. 2017.

**APÊNDICE A - Modelo de questionário aplicado ao grupo 01**  
(Instituto Totum, ABEEólica, ABRAGEL, CCEE e ABRACEEL)

Questionário 01- Programa de Certificação de Energia Renovável no Brasil

Instituição:

Nome:

Cargo/ função:

1- Qual é o entendimento do órgão a respeito do programa I-REC (International REC Standard)?

2- Como surgiu a iniciativa para a implantação do Programa de Certificação de Energia Renovável no Brasil?

3- Quanto aos fatores decisivos para a implantação do Programa REC Brazil, em que nível você considera os itens abaixo?

	Muito alto	Alto	Moderado	Baixo	Muito baixo
Apoio à diversificação da matriz energética	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Poder de escolha ao consumidor de energia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumento de competitividade no mercado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Retorno financeiro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4- Entre os itens abaixo, como você considera o nível de dificuldade enfrentada para a implantação do Programa REC Brazil? \*

	Muito alto	Alto	Moderado	Baixo	Muito baixo
Atendimento a prazos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Atendimento a legislação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Adesão de parceiros	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Envolvimento das partes interessadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Resistência do mercado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Resistência de órgãos de preservação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	Muito alto	Alto	Moderado	Baixo	Muito baixo
ambiental					
Investimento em Políticas públicas de energia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mão de obra capacitada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Competitividade de preços com relação a outras fontes de energia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Valores cobrados para certificação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5- Em sua opinião, quais as principais vantagens para o empreendimento que obtém a Certificação de Energia Renovável no Brasil?

6- E quais os maiores desafios enfrentados?

7- Em sua opinião, o Programa REC Brazil tem atingido os resultados esperados?

8- Em sua opinião, o que falta para maior expansão do Programa?

9- Quais as perspectivas sobre o Programa de Certificação de Energia Renovável no Brasil, para os próximos 10 ou 20 anos?