

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ECONOMIA

Victor de Souza Lopes

O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO E A ENERGIA SOLAR

Juiz de Fora

2022

Victor de Souza Lopes

O setor elétrico brasileiro e a energia solar

Trabalho de conclusão de curso apresentado a Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial a obtenção do bacharelado em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Zanini

Juiz de Fora

2022

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Lopes, Victor de Souza.

O setor elétrico brasileiro e a energia solar / Victor de Souza
Lopes. -- 2022.
35 f.

Orientador: Alexandre Zanini
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade
Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Economia, 2022.

1. Setor elétrico. 2. Fontes renováveis . 3. Energia solar. I. Zan
Alexandre , orient. II. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
REITORIA - FACECON - Depto. de Economia

FACULDADE DE ECONOMIA / UFJF

ATA DE APROVAÇÃO DE MONOGRAFIA II (MONO B)

Na data de 03/02/2022, a Banca Examinadora, composta pelos professores

1 – Alexandre Zanini - orientador; e

2 – Flaviane de Souza Santiago,

reuniu-se para avaliar a monografia do acadêmico Victor de Souza Lopes, intitulada: O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO E A ENERGIA SOLAR.

Após primeira avaliação, resolveu a Banca sugerir alterações ao texto apresentado, conforme relatório sintetizado pelo orientador. A Banca, delegando ao orientador a observância das alterações propostas, resolveu APROVAR (APROVAR / NÃO APROVAR) a referida monografia

ASSINATURA ELETRÔNICA DOS PROFESSORES AVALIADORES



Documento assinado eletronicamente por **Alexandre Zanini, Professor(a)**, em 03/02/2022, às 16:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Flaviane Souza Santiago, Professor(a)**, em 03/02/2022, às 16:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **0667995** e o código CRC **EA831805**.

Victor de Souza Lopes

O setor elétrico brasileiro e a energia solar

Trabalho de conclusão de curso apresentado a Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial a obtenção do bacharelado em Ciências Econômicas.

Aprovada em: 03/02/2022

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alexandre Zanini – Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora

Profa. Dra. Flaviane Souza Santiago - Examinadora
Universidade Federal de Juiz de Fora

RESUMO

Atualmente a preocupação com o meio ambiente tem sido cada vez maior dentre os pesquisadores. As fontes de energia são alguns dos assuntos mais discutidos na atualidade. Nesse sentido, o objetivo desse estudo foi identificar os diferentes tipos de energias renováveis existentes no Brasil, bem como estudar a organização do sistema elétrico brasileiro, com foco na geração de energia solar e apresentá-la como uma forma eficiente de geração de energia. O trabalho foi desenvolvido sobre os preceitos do estudo exploratório por meio de uma pesquisa bibliográfica. A energia Solar foi considerada a mais viável em função de sua aplicabilidade, mesmo em locais isolados, do potencial encontrado no Brasil, e, a redução dos impactos ambientais. Ainda, identificou-se que para tal aplicação é necessário um empenho financeiro para estruturação inicial do setor.

Palavras-chave: Fontes alternativas, energias renováveis, impactos ambientais, energia solar.

ABSTRACT

Currently, the concern with the environment has been growing among researchers. Energy sources and the population's supply are some of the most discussed subjects nowadays. In this sense, the objective of this study was to identify the different types of renewable energies existing in Brazil, as well as to study the organization of the Brazilian electrical system, with a focus on solar energy generation and to present it as an efficient form of energy generation. The work was developed on the precepts of the exploratory study through a bibliographical research. Solar energy was considered the most viable due to its applicability, even in isolated locations, the potential found in Brazil, and the reduction of environmental impacts. Still, it was identified that for such application a financial commitment is necessary for the initial structuring of the sector.

Keywords: Alternative sources, renewable energies, environmental impacts, solar energy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Usina de Marmelos	10
Figura 02 – Diagrama elétrico fotovoltaico sistema on grid	24
Figura 3 – Instalação dos painéis solares	25
Figura 4 – Sistema de interligação	25
Figura 5 – Placa de geração de energia	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Quantidade de usinas elétricas, empresas concessionárias, localidades atendidas e capacidade instalada (1883-1930)	13
Tabela 02 – Evolução dos indicadores econômicos (1925-1939)	14
Tabela 03 – Evolução da capacidade instalada de geração de energia elétrica por categoria de concessionário (1952-1965)	16
Tabela 04 – Oferta Interna de Energia (OIE)	19

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	8
2 - HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO	10
3 - FONTES ENERGÉTICAS NO BRASIL	18
4 - ENERGIA SOLAR COMO ALTERNATIVA DE FONTE ENERGÉTICA	22
5 CONCLUSÃO	28
REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, nota-se “um ajustamento moderno que conduz a um dimensionamento de pan-energismo universal, e ninguém contesta a afirmação de que a energia é a palavra-chave da moderna tecnologia” (ÁLVARES, 1974, p.11).

Há mais de uma forma para definir energia. Alguns autores (ÁLVARES, 1974; SIMONI, 2006; CAMPOS, 2010) definem como a capacidade necessária para a realização de um trabalho. Outro autor acredita que o importante seria “saber como uma forma de energia se converte em outra forma de energia” (LUIZ, 2013).

Na física, tem-se a definição de energia como “a capacidade de realizar trabalho resultante do produto de uma potência pelo tempo. A unidade utilizada nas medições de energia elétrica é Watt-hora (Wh)” (CAMPOS, 2010, p.10).

Apresentada sob diferentes óticas a definição de energia, esta se divide em primária e secundária. De acordo a Companhia Paranaense de Energia (COPEL¹), a energia primária se caracteriza por ser a energia fornecida pela natureza como por exemplo: energia solar, energia eólica, energia geotérmica e hidráulica, petróleo, gás natural e carvão mineral (COPEL, 2021).

Ainda com as informações da COPEL (2021), energia secundária é definida como a energia transformada a partir da energia primária, ou seja, a energia que não foi utilizada pode ser transformada em consumo para gerar eletricidade, calor, força motriz entre outros. Pode-se citar como exemplo de fonte de energia secundária o óleo diesel, gasolina e gás liquefeito de petróleo (GLP).

Para a Empresa de Pesquisa Energética (EPE², 2021), as fontes de energia são divididas em: energias renováveis e não renováveis. As fontes de energia não renováveis são aquelas que pertencem ao grupo de fontes esgotáveis. Petróleo, carvão mineral, gás natural são alguns exemplos desse tipo de energia.

Durante muitos anos, o uso de energias não renováveis foi o meio mais utilizado pela sociedade e por esse motivo foi desencadeado uma série de problemas ambientais. As energias renováveis são fontes de energia consideradas "limpas" sem agressão ao meio ambiente, e

¹COPEL.

Disponível

em:

<<https://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F0%2F7507b0aba2e082ff0325740f00649745>>. Acesso em: 13 de junho de 2021.

² EPE, Disponível em:

<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/fontes-de-energia>. Acesso em: 13 de junho de 2021.

também este tipo de energia é considerada inesgotável. Pode-se citar como energia renovável a energia solar, energia eólica, energia hidroelétrica, dentre outras (SIMONI, 2006).

No cenário atual, cada vez mais a população se conscientiza para utilizar fontes de energia limpa. Carros elétricos, transporte coletivos elétricos, casas com sistema de eletricidade fotovoltaica, esses são alguns exemplos de alternativas de substituição de energias não renováveis por energias renováveis (SIMONI, 2006).

Como a energia solar é uma fonte de energia resultante do sol, pode-se considerar esta como uma fonte limpa e inesgotável e também uma opção de energia para o Brasil. Com isso, este trabalho tem como objetivo estudar a organização do sistema elétrico brasileiro, com foco na geração de energia solar e apresentá-la como uma forma eficiente de geração de energia.

Ademais, também será discutido o princípio base de funcionamento da energia solar, sua evolução e principais características do setor. Será discutido também o papel da energia solar para a geração de energia elétrica no Brasil.

Este estudo se apresenta importante para a conscientização do uso de fontes de energia renováveis com a finalidade de garantir a sustentabilidade e diminuir os impactos ambientais. Ele auxilia também no estudo do equilíbrio entre a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento econômico e social de todos. Atualmente têm se a água, comida, bem-estar, trabalho e energia como necessidades básicas e direito fundamental de todos” (BRASIL, 1988).

Além disso, a bibliografia sobre o tema ainda é escassa na literatura nacional e existe um espaço para investigação. Por fim, o estudo do setor energético está diretamente ligado com o crescimento econômico e pode ser estudado para que se entenda seus resultados para a economia.

Para isso, será realizada uma revisão da literatura com base no tema abordado e serão destacadas as principais características do setor. Este estudo tem importância dada a existência de poucos trabalhos dentro da literatura nacional e sua relação com o desenvolvimento econômico.

O trabalho foi dividido em mais quatro seções a contar dessa introdução. A segunda parte apresentará o histórico e evolução da energia elétrica no Brasil. A terceira parte apresentará as principais fontes energéticas brasileira. A quarta parte apresentará as características da energia solar e discutirá sua importância na geração de energia e, por fim, a quinta parte evidenciará as conclusões e considerações finais.

2 HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

A energia elétrica tem um papel fundamental para o desenvolvimento econômico no Brasil e no mundo. Com sua implantação no Brasil no final do século XIX, o setor passou por inúmeros períodos de crescimento e de crise e foi sofrendo alterações com o passar do tempo. Esta seção apresentará o contexto histórico da implementação da energia elétrica e os desafios enfrentados pelo Brasil (ÁLVARES, 1974).

Em 1876 a energia elétrica chegou ao Brasil, no período do imperador Dom Pedro II, com uma visita a exposição industrial da Filadélfia (EUA). Nesta exposição, Dom Pedro encontrou-se com Thomas Edison, empresário, inventor e cientista americano reconhecido mundialmente por suas invenções como por exemplo a lâmpada incandescente. No ano de 1879, foi inaugurado no Rio de Janeiro, até então capital do país, a iluminação pública da estação da Estrada de Ferro Dom Pedro II. Em 1887, a cidade de Porto Alegre no Rio Grande do Sul foi a primeira cidade brasileira a ter um sistema de iluminação pública sólido com a geração de energia elétrica proveniente de usina térmica (ÁLVARES, 1974).

No passar de aproximadamente dois anos, a cidade de São Paulo também teve seu primeiro sistema de iluminação pública com o uso de usina termelétrica para abastecer o sistema. Pode se destacar como um fato importante na história do setor elétrico no Brasil a inauguração, em 1883, da primeira usina hidroelétrica na cidade de Diamantina, Minas Gerais, com a finalidade de fornecer energia elétrica para a mineração exclusivamente. Em 1889, na cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais, foi inaugurada a segunda hidroelétrica (Usina de Marmelos) do país, sendo esta usina maior em relação a usina de Diamantina e com objetivo de alimentar a indústria têxtil e também fornece um sistema de iluminação pública. (ÁLVARES, 1974).

Figura 01: Usina de Marmelos



Fonte: <https://www.conhecaminas.com/2020/03/primeira-hidreletrica-do-brasil-foi.html>.

A Usina de Marmelos (Figura 01) foi fundada pela Companhia Mineira de Eletricidade (CME), e é considerada como sendo o ponto inicial da história do setor elétrico brasileiro e da América Latina. Esta usina, através da geração hidroelétrica, teve como finalidade o atendimento dos serviços públicos urbanos (SILVA, 2011).

No mesmo ano da inauguração da usina em Juiz de Fora, modificou-se o cenário político brasileiro, Marechal Deodoro da Fonseca assumiu o comando do país como chefe do Governo Provisório da República. Durante os dois anos de governo, pode se destacar como um marco do setor elétrico a diretriz da Constituição de 1891. Essa Carta Magna estabeleceu que as concessões para prestação de serviços de eletricidade seriam outorgadas pelas prefeituras municipais, especialmente no segmento da distribuição, cabendo aos governos estaduais o poder com relação ao aproveitamento e a utilização das quedas d'água (FIORILLO; FERREIRA, 2009).

Em 1892, sob o Governo de Floriano Peixoto o setor elétrico brasileiro continuou em desenvolvimento. Floriano Peixoto coordenou a construção da linha de bondes elétricos Flamengo-Jardim Botânico, na então capital brasileira Rio de Janeiro. Na cidade de São Paulo foram inaugurados, em 1893, projetos para a expansão ao setor elétrico como por exemplo: Usina Hidrelétrica de Monjolino na cidade de São Carlos e a Usina Hidrelétrica de Piracicaba. Posteriormente a Floriano Peixoto, Prudente de Moraes inaugurou, em 1895, a Usina Hidrelétrica de Corumbataí. Esta Usina fornecia energia elétrica para os municípios de: Araras, Limeira e Rio Claro. Nesta mesma década, na cidade de Belo Horizonte, Minas Gérias, foi instalada o serviço de iluminação elétrica (SILVA, 2011).

Segundo o autor Gomes et al. (2002, p.3) o capital estrangeiro foi de extrema importância e relevância para o desenvolvimento do setor elétrico brasileiro.

Na passagem do século XIX para o XX, o processo de expansão urbana do Rio de Janeiro e de São Paulo atraiu o capital estrangeiro para instalar companhias de serviços públicos. Em 1899, constituiu-se em Toronto (Canadá) a São Paulo Tramway, Light and Power Company Limited. No ano seguinte, ela deu início à operação da primeira linha paulistana de bondes elétricos, que utilizava energia fornecida por uma termelétrica da própria companhia.

Em 1904, os mesmos capitais canadenses, em parceria com sócios americanos, criaram a Rio de Janeiro Tramway, Light and Power Company, para explorar praticamente todos os serviços urbanos de utilidade pública: transportes (bondes e ônibus). Iluminação pública, produção e distribuição de eletricidade, distribuição de gás canalizado e telefonia.

O autor Paixão (2000), também afirma que o capital estrangeiro foi importante para o desenvolvimento do setor elétrico brasileiro. Já em 1903, iniciou se os primeiros esforços para promover a regulamentação do setor elétrico sob o governo do presidente Rodrigo Alves. No ano seguinte, a empresa Light começou o aproveitamento do potencial hídrico do Ribeirão das

Lajes e também das bacias dos rios Pirai e Paraíba do Sul com a finalidade de atender a demanda do mercado (GOMES et al., 2002).

A “clausula ouro” que permitia as empresas estrangeiras a revisão de suas tarifas pela variação cambial, no ano de 1905 esta medida foi utilizada em alguns contratos de concessão. Nesse mesmo ano a Light deu início ao aproveitamento do potencial hídrico do Ribeirão das Lajes e também as bacias dos rios Pirai e Paraíba do Sul como mecanismo para suprir a demanda de seu mercado (LAMARÃO, 2002).

Com a criação da Usina Fontes Velha em 1907 a Light foi capaz de gerar dois anos depois um total de 24 mil kW. Esse potencial representava cerca de 20% da capacidade total instalada no Brasil (GOMES et al., 2002).

O grupo Light representava um padrão característico dessa época de expansão do capitalismo financeiro, já que fazia parte de um conglomerado industrial e financeiro cujos interesses alcançavam o Canadá, os Estados Unidos, a Inglaterra e demais mercados europeus. O mesmo grupo de investidores canadenses e estadunidenses responsáveis pela criação da São Paulo Light e da Rio Light, controlava empreendimentos bastante semelhantes no Canadá, Espanha, Cuba e México, inclusive no ramo de ferrovias (CORRÊA, 2005, p.261).

No ano de 1909, o governo Nilo Peçanha criou no Rio de Janeiro o Comitê Eletrotécnico Brasileiro que foi a primeira instituição no Brasil que reuniu profissionais do ramo. Nesse ano também foi inaugurada a Companhia Brasileira de Energia Elétrica (CBEE), que mais tarde veio a se transformar em Companhia de Eletricidade do Rio de Janeiro (CERJ) (SILVA, 2011).

A partir de 1920 mudanças significativas começaram a ocorrer no setor elétrico brasileiro. Com a renda excedente proveniente da produção agrícola nacional, a indústria nacional e os centros urbanos começaram a se expandir. Dessa forma, a demanda por energia foi se tornando cada vez maior e foi criado o primeiro órgão oficial relacionado a política do setor, a Comissão Federal de Forças Hidráulicas (SILVA, 2011).

Em 1927, instalaram-se no país subsidiárias da *American Foreign Power Company (Amforp)*, uma empresa criada em 1923 pelo grupo americano *Electric Bond and Share Corporation (Ebasco)*. Entre sua instalação e 1930 a Amforp fez diversas incorporações de concessionárias de serviços de bondes e eletricidade como a Companhia Paulista de Força e Luz e a Companhia Brasileira de Energia Elétrica (CORRÊA, 2005).

Dessa forma o setor elétrico brasileiro passa por uma transformação onde o capital nacional perde espaço para empresas estrangeiras como a Light e a Amforp. A Tabela 1 abaixo retrata um pouco dessa evolução apresentando a quantidade de usinas elétricas instaladas entre 1883 e 1930.

Tabela 01 – Quantidade de usinas elétricas, empresas concessionárias, localidades atendidas e capacidade instalada (1883-1930)

Ano	Usinas	Empresas	Localidades	Capacidade Instalada (MW)
1883	1	1	1	0,052
1889	3	3	3	NA
1900	11	11	17	10
1910	88	88	119	157
1920	343	306	431	367
1930	891	791	1536	779

Fonte: Elaboração própria com base em Lima (1984, p. 19) apud Martin, J. M. *Processus d'Industrialisation et Développement Énergétique dy Brésil*, Paris, Institut des Hautes Études de l'Amérique Latine, 1966, p.68; Gomes et al (2002, p.1).

Pela Tabela 01 é possível perceber como o contingente de usinas e empresas aumentou de forma significativa até 1930 e como esse número foi distribuído por diversas localidades. Além disso, pode-se observar também que a capacidade instalada no país também apresentou grandes elevações chegando a capacidade de 779 MW em 1930.

Neste período entre 1883 e 1930, o Brasil passou por inúmeras alternâncias entre períodos de crise e crescimento e as políticas econômicas eram voltadas basicamente para garantir a estabilidade monetária e a defesa dos interesses do setor agropecuário exportador. O desenvolvimento da indústria elétrica, por sua vez, não esbarrou em problemas de ordem institucional que ficaram resumidos à Constituição de 1891, ao decreto de 1904 que disciplinou a concessão de aproveitamento hidrelétrico e à regulamentação da cláusula-ouro (LIMA, 1984).

Entre 1929 e 1937 a produção industrial brasileira cresceu 50%, a produção primária para o mercado interno cresceu cerca de 40% e a renda nacional aumentou em 20%. Isso se deve principalmente por iniciativa do governo, que através do financiamento do café contribuiu para a alavancagem do setor exportador (LANDI, 2006).

Aliado à isso, o encarecimento das importações impulsionou ainda mais o desenvolvimento nacional. Esse fenômeno de crescimento e desenvolvimento da época ficou conhecido como o deslocamento do centro dinâmico da economia (CORREIA et al., 2006).

Esse fenômeno gerou impactos no setor energético porque a demanda não acompanhou a oferta e isso gerou um excedente de produção energética. A Tabela 02 abaixo ilustra esta situação de forma mais detalhada.

Tabela 02 – Evolução dos indicadores econômicos (1925-1939)

Ano	PIB (%)	Produto Industrial (%)	Produção Agrícola (%)
1925	0,0	1,1	-3,2
1926	5,2	2,4	3,2
1927	10,8	10,8	10,8
1928	11,5	7,0	18,4
1929	1,1	-2,2	0,3
1930	-2,1	-6,7	1,2
1931	-3,3	1,2	-6,3
1932	4,3	1,4	6,0
1933	8,9	11,7	12,0
1934	9,2	11,1	6,2
1935	3,0	11,9	-2,5
1936	12,1	17,2	9,5
1937	4,6	5,4	0,1
1938	4,5	3,7	4,2
1939	2,5	9,3	-2,3

Fonte: Elaboração própria com base em Landi (2006) apud Abreu (1990).

Pela Tabela 02, pode-se perceber algumas oscilações de crescimento no período, mas é possível observar também o crescimento mencionado acima em todos os indicadores selecionados. O maior crescimento do PIB e da produção industrial foi observado no ano de 1936 com 12,1% do PIB e 17,2% da produção industrial, enquanto o maior percentual de produção agrícola foi encontrado em 1928 com 18,4%.

A próxima grande mudança no setor energético, aconteceu no ano de 1946 com a criação pelo governo do Plano Nacional de Eletrificação. Esse plano tinha como objetivo primordial o foco nos investimentos em usinas elétricas de pequeno e médio porte (GOMES et al., 2002).

Alguns trabalhos avaliaram essa possível relação entre PIB e energia. Cheng e Lai (1997) investigaram uma possível relação de cointegração e causalidade entre o PIB e o consumo energético de Taiwan entre 1955 e 1993. Os autores encontraram uma relação causal, isto é, um aumento do PIB leva a um aumento do consumo energético.

No estudo de Belloumi (2009) foi realizada uma análise da relação entre o PIB per capita e o consumo de energia per capita na Tunísia para o período de 1971 a 2004. O autor utilizou um teste de causalidade no sentido de Granger e encontrou que embora exista apenas um vetor

de cointegração entre PIB per capita e consumo de energia per capita, existe uma causalidade mútua entre as variáveis.

Por fim, o trabalho de Silva (2011) analisou a evolução do setor elétrico brasileiro do final do século XIX até o ano de 2010 por meio de uma revisão de literatura e de uma análise econométrica que buscou testar a relação entre a economia e o setor elétrico. Foi possível concluir que existe uma relação de longo prazo entre as duas variáveis e que os ajustes das séries a eventuais choques ocorrem de forma lenta.

Em dezembro de 1950, foi constituída a Comissão Mista Brasil-Estados Unidos (CMBEU) composta por técnicos, políticos e empresários do Brasil e Estados Unidos. Essa missão objetivava a elaboração de projetos para financiamento das importações pelo Banco de Exportações e Importações (Eximbank) e o Banco Mundial de máquinas e equipamentos para projetos de desenvolvimento (CORREIA et al., 2006).

Como resultado, as despesas do governo reduziram entre 1951 e 1952. A política monetária foi ortodoxa mais não conseguiu reduzir a inflação brasileira, que estava em 12,3% em 1951 e 12,7% em 1952. O PIB no período aumentou para 4,9% em 1951 e 7,3% em 1952 (SILVA, 2011).

O início do governo de Juscelino Kubitscheck em 1956 foi um grande marco para o setor elétrico brasileiro. O governo JK era focado no desenvolvimento da economia e com isso criou o chamado Plano de Metas. Esse plano visava desenvolver o país e sua economia por meio do investimento em cinco áreas: energia, transporte, indústrias de base, alimentação e educação (SILVA, 2011).

Nesta época o setor de energia recebeu 43,4% dos investimentos do projeto e atingiu um grande crescimento. A Tabela 03 mostra a evolução da geração de energia no Brasil neste período.

Pela Tabela 03 podemos concluir que, até 1961 grande parte do projeto de expansão da capacidade instalada de geração de energia foi cumprida pelo Plano de Metas. O BNDE financiou cerca de 46,3% dessa expansão com ajuda de empresas estaduais como a Espírito Santo Centrais Elétricas (Escelsa) e a Centrais Elétricas do Maranhão (CEMAR) (LIMA, 1984).

Tabela 03 – Evolução da capacidade instalada de geração de energia elétrica por categoria de concessionário (1952-1965)

Ano	Público		Privado		Autoprodutor		Total
	MW	%	MW	%	MW	%	MW
1952	135,6	6,8	1.635,5	82,4	213,7	10,8	1.984,8
1953	171,1	8,1	1.631,3	77,5	302,5	14,4	2.104,9
1954	303,2	10,8	2.159,6	77,0	342,7	12,2	2.805,5
1955	538,5	17,1	2.248,4	71,4	361,6	11,5	3.148,5
1956	657,1	18,5	2.551,9	71,9	341	9,6	3.550
1957	681	18,1	2.696,2	71,6	390,2	10,4	3.767,4
1958	824,5	20,6	2.742,8	68,7	425,8	10,7	3.993,1
1959	968,5	23,5	2.724	66,2	422,7	10,3	4.115,2
1960	1.098,9	22,9	3.182,2	66,3	519	10,8	4.800,1
1961	1.341,5	25,8	3.242,1	62,3	621,6	11,9	5.205,2
1962	1.791,9	31,3	3.161,4	55,2	775,5	13,5	5.728,8
1963	2.305,5	36,3	3.161,4	49,8	885,5	13,9	6.355,4
1964	2.872,4	42,0	3.084,7	45,1	882,9	12,9	6.840
1965	4.048	54,6	2.486,2	33,5	876,8	11,8	7.411

Fonte: Elaboração própria com base em Lima (1984, p.109).

O período entre 1968 e 1973, onde o Brasil apresentou um enorme crescimento e ficou conhecido como “milagre econômico” também foi um importante marco para a energia elétrica brasileira. Nesta época o setor cresceu vertiginosamente principalmente pelos esforços do II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND) (LANDI, 2006).

Os resultados de todo esse crescimento vieram a partir de 1980, onde a economia estava passando por vários ajustes sem resultado. Nesse intervalo o setor passou por endividamento externo muito alto e sofria efeitos da inflação exorbitante, que corroía a base de remuneração do setor (LANDI, 2006).

Os anos seguintes foram marcados por cenários econômicos confusos e por buscas pela estabilização da inflação e combate a crises. O sucesso do Plano Real em meados da década de 1990 teve um grande impacto no setor elétrico (BELLOUMI, 2009).

A apreciação cambial e a abertura comercial deterioraram as contas externas devido à grande concorrência internacional. Esse fenômeno gerou um processo de privatização de muitas empresas estatais inclusive no setor energético (BELLOUMI, 2009).

Por fim, o Brasil ainda sofreu um grande problema em julho de 2001 por conta de sua dependência ao setor elétrico hídrico. Com escassez de chuvas ao longo do ano de 2001, o nível de água nos reservatórios das usinas hidrelétricas brasileiras baixou e essa baixa gerou cortes forçados de energia elétrica em todo país (CORREIA et al., 2006).

A partir dessa apresentação histórica é possível analisar a importância do aprofundamento deste tema e do conhecimento detalhado do setor energético para a economia brasileira. Além disso, propostas de novas fontes de energia podem reduzir a chance de muitos desses acontecimentos retratados anteriormente e melhorar a matriz energética brasileira.

3 FONTES ENERGÉTICAS NO BRASIL

Os padrões de vida da população atual apresentam uma dependência e uma demanda cada vez maior de energia, dado o aumento crescente da produção em todo o mundo. Contudo, o fornecimento de energia para atender tamanha demanda está se mostrando um modelo insustentável ao longo dos anos, como já mostrado anteriormente, porque tem utilizado os recursos naturais como se estes fossem inesgotáveis (DUPONT; GRASSI; ROMITTI, 2015).

Com isso, o interesse pela utilização de novas formas de geração de energia através de recursos renováveis vem crescendo no Brasil e no mundo. Esta seção apresentará as principais alternativas existentes e sua composição atual dentro do cenário brasileiro (DUPONT; GRASSI; ROMITTI, 2015).

As fontes renováveis de energia são aquelas em que os recursos naturais apresentam uma capacidade de regeneração, ou seja, são considerados inesgotáveis. Dessa forma, esses tipos de fontes de energia conseguem diminuir o impacto ambiental e contornar o uso de matéria prima que normalmente é não renovável. Dentre as energias alternativas renováveis, mais conhecidas atualmente encontram-se a energia hidráulica, energia do mar, energia eólica, energia geotérmica, biomassa e energia solar (COSBEY, 2011).

A energia hidráulica foi uma das primeiras formas de substituição do trabalho animal pelo mecânico, por meio do bombeamento de água e da moagem de grãos. A constituição de uma usina hidroelétrica, se dá de forma conjunta e integrada sendo formada basicamente pelo sistema de captação e adução da água, pela barragem, pela casa de força e pelo vertedouro (EDUARDO; MOREIRA, 2010; CEMIG, 2012).

A finalidade da barragem é interceptar água, formando um reservatório onde fica armazenada a água. Esse armazenamento facilita que a vazão do rio seja adequada, tanto em dias chuvosos quanto em dias de estiagem, acarretando na captação da chuva em volume suficiente à necessidade (EDUARDO; MOREIRA, 2010; CEMIG, 2012).

A energia hidráulica apresenta um alto custo para implantação das usinas hidroelétricas, no entanto, o preço do combustível utilizado em sua produção (a água) é zero o que o torna uma energia renovável e não causadora de gases poluentes na atmosfera. Por outro lado, apesar de ser uma energia renovável e não liberar gases poluentes, as usinas causam grandes impactos ambientais e sociais em seu processo de implantação. A destruição vegetal natural da área utilizada para instalação das usinas, o assoreamento do leito dos rios, o desmoronamento de barreiras, a extinção de certas espécies de peixes, além dos impactos

sociais relacionados ao deslocamento das populações que residiam naquele local (QUEIROZ et al., 2013).

As hidroelétricas são a principal fonte de energia brasileira e contavam até 2016 com um total de 1220 usinas hidroelétricas com capacidade total de 92.415MW instalada. Segundo a ANEEL (2016), esse contingente correspondia, no referido ano, a 61,34% da matriz elétrica brasileira e apresentava tendência de aumento nos anos seguintes (ANEEL, 2016).

De acordo com o Ministério de Minas de Energia (2020) essa supremacia da energia hidráulica ainda permanece nos anos de 2019 e 2020 conforme dados apresentados na tabela 04.

Tabela 04 – Oferta Interna de Energia (OIE)

Especificação	GWh		Estrutura (%)	
	2019	2020	2019	2020
Hidráulica	397.877	396.327	61,1	61,4
Bagaço de cana	36.827	38.776	5,7	6,0
Eólica	55.986	57.051	8,6	8,8
Solar	6.655	10.750	1,0	1,7
Outras Renováveis (a)	18.094	19.966	2,8	3,1
Óleo	6.926	7.745	1,1	1,2
Gás Natural	60.448	53.464	9,3	8,3
Carvão	15.327	11.946	2,4	1,8
Nuclear	16.129	14.053	2,5	2,2
Outras Não Renováveis (b)	12.060	11.121	1,9	1,7
Importação	24.957	24.718	3,9	3,8
Total (c)	651.285	645.915	100,0	100,0

(a) Lixívia, biogás, casca de arroz, capim elefante, resíduos de madeira e gás de c. vegeta; (b) Gás de alto forno, de aciaria, de coqueria, de refinaria e de enxofre; e alcatrão; (c) Inclui autoprodutor cativo (que não usa a rede básica). Fonte: Elaboração própria com base na Resenha Energética Brasileira do Ministério de Minas e Energia (2021).

Em 2020, a Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE) total ficou em 645,9 TWh, valor 0,8% inferior ao de 2019. A geração hidráulica quanto estrutura apresenta supremacia absoluta sobre as demais representando 61,4% no entanto, a geração solar apresentou a maior taxa de crescimento no ano com relação a Oferta Interna de Energia Elétrica saltando de 6.655 GWh em 2019 para 10.750 GWh em 2020 (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2021).

A energia do mar refere-se a energia dos oceanos que é gerada indiretamente pela energia solar. Através do aquecimento do solo pelo sol acontece o aumento na quantidade de ventos de modo que em contato com a água transfere energia através da operação das tensões cisalhantes, que por sua vez resulta na formação e crescimento das ondas (ATLAS, 2008).

A energia proveniente do mar é muito potencial visto que grandes quantidades de energia são armazenadas no deslocamento das suas massas de água. Além disso, trata-se de uma energia limpa e que não agride o meio ambiente (ATLAS, 2008).

Este tipo de energia ainda não atingiu um avanço à âmbito mundial, entretanto no Brasil estudos são feitos pela Coordenação de Pós-Graduação de Engenharia (COOPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), visando analisar o potencial de geração de energia desta fonte. Para tal, foi instalado um protótipo de forma experimental no Porto de Pecém no estado do Ceará e é a primeira usina da América Latina movida pela força das ondas, tendo a capacidade de geração de 50kW (ATLAS, 2008; CEMIG, 2012).

Com relação à energia eólica acredita-se que os primeiros indícios da utilização da energia eólica sejam máquinas na Heron de Alexandria, há cerca de dois mil anos. Após esse período a energia eólica também foi muito utilizada em moinhos, substituindo a tração animal. Contudo, foi apenas nos últimos anos que a energia eólica tornou-se uma peça fundamental na geração de energia, principalmente elétrica, por conta dos grandes avanços na pesquisa e no desenvolvimento para transformar a energia fornecida pelo vento (PINTO, 2012).

A captação da energia cinética do vento pode ser feita basicamente de duas maneiras: por turbinas de eixo vertical e por turbinas de eixo horizontal. No caso das turbinas de eixo vertical, a engrenagem e o gerador são colocados ao nível do solo e a turbina é movida por forças de arraste ou sustentação. Estas turbinas apresentam baixa complexidade de fabricação e são bastante indicadas para características de vento similares ao sul da América Latina. Já as turbinas de eixo horizontal possuem as engrenagens, eixo e gerador alinhados com a direção do vento, sendo a opção mais utilizada mundialmente em parques de geração eólicos comerciais (FARRET, 2014).

Mesmo apresentando impactos ambientais bastante reduzidos em comparação à maioria das outras fontes, a geração de energia elétrica a partir de turbinas eólicas também gera consequências negativas. A implantação das fazendas eólicas acarreta alguns impactos ambientais, por conta das modificações na paisagem com suas grandes torres e hélices e podem ameaçar as aves se interceptarem rotas migratórias destes animais (FARRET, 2014).

Além disso, também podem ser gerados resultados negativos se considerados os ruídos emitidos (baixa frequência) que podem causar incômodo e até mesmo interferências nos aparelhos eletrônicos. Por fim, é importante ressaltar que mesmo demandando um alto custo os geradores eólicos acabam sendo uma fonte de alternativa viável, pois o retorno financeiro é atingido a curto prazo (SILVA; BRITO, 2016).

No mundo, o uso desse tipo de energia já movimentava mais de 2 bilhões de dólares. Em território nacional essa fonte energética teve início no Ceará e até 2016 apresentava uma capacidade instalada de 20,3MW (SILVA; BRITO, 2016).

A energia geotérmica ou geotermal é advinda do calor existente no interior da terra e começou a ser estudada na Itália em 1904 com tentativas de gerar eletricidade a partir dessa energia. Os recursos mais utilizados nesta energia são os gêiseres (fontes de vapor no interior da terra que demonstram erupções frequentemente) e onde existem água ou rochas a temperaturas altas. Esta água a temperaturas altas produz o vapor que posteriormente alimenta os geradores de turbina e produz a eletricidade (CEMIG, 2012; PINTO, 2012).

Atualmente existem três formas de aproveitar a energia geotérmica, são elas: a utilização direta, centrais geotérmicas e as bombas de calor. Este tipo de energia é muito benéfico quando analisados os impactos ambientais porque não agride o solo, tem um baixo custo de manutenção e não é vulnerável ao clima. Porém, também gera impactos ambientais negativos principalmente pela liberação de dióxido de enxofre que é prejudicial à saúde e altamente corrosivo. Esse tipo de energia ainda não é aproveitado de forma significativa no Brasil (CEMIG, 2012; PINTO, 2012).

A biomassa é uma das fontes que tem crescido de forma substancial no Brasil nos últimos anos, principalmente no setor industrial e de serviços. A energia da biomassa é resultante da matéria orgânica produzida em um ecossistema (animal ou vegetal) e também é uma forma indireta da energia solar (FARRET, 2014).

As tecnologias empregadas para a transformação da biomassa em energia elétrica realizam a conversão de matéria orgânica em um produto que será utilizado em uma máquina motriz, fazendo com que esta máquina gere energia mecânica movendo o gerador de energia elétrica. Os principais desafios enfrentados para a maior difusão do uso da biomassa na geração de energia elétrica são a baixa eficiência termodinâmica das plantas e os custos relativamente altos de produção e transporte. Não podendo deixar de ser mencionados também os aspectos socioambientais, criação de monoculturas, perda de biodiversidade, uso intensivo de defensivos agrícolas, etc. (SILVA; BRITO, 2016).

Finalmente, temos a energia solar, que além de ser aproveitada de forma direta também está relacionada de forma indireta em alguns processos apresentados anteriormente. Esse tipo de energia, tema central deste trabalho, será apresentado de forma mais detalhada na seção seguinte.

4 ENERGIA SOLAR COMO ALTERNATIVA DE FONTE ENERGÉTICA

A utilização do sol como fonte de energia começou a ser discutida na década de 60, porém a ideia foi descartada porque os preços do petróleo eram muito baixos e as comodidades dessa tecnologia eram atrativas. Com o passar do tempo, o mundo foi se tornando dependente dos combustíveis fósseis e os preços aumentaram cada vez mais. Assim, este tema voltou a ser discutido na literatura (IMHOFF, 2007).

Por energia solar, entende-se a energia obtida do sol por ondas eletromagnéticas (fótons) de maneira direta ou difusa. Quando usinas hidroelétricas ou eólicas são construídas, o sol é aproveitado de maneira indireta como fonte renovável (IMHOFF, 2007).

A irradiação do sol no nível da atmosfera é constante e capaz de gerar cerca de 1.367 kW/m², valor conhecido como constante solar. A transformação dessa irradiação em energia se dá por meio de um dispositivo conhecido como célula fotovoltaica que atua utilizando o princípio do efeito fotoelétrico ou fotovoltaico. Quando a luz incide em um metal, elétrons podem ser ejetados da superfície do metal, esse fenômeno é conhecido como efeito fotoelétrico (IMHOFF, 2007).

O Brasil possui uma localização privilegiada próxima à linha do Equador, o que propicia uma maior incidência de radiação solar, no entanto, possui poucos trabalhos para a utilização desse recurso natural quando comparado a outros países como Alemanha, China e Austrália (BRAGA, 2008).

Segundo Braga (2008), isso é explicado principalmente pela falta de recursos e financiamentos do governo neste tema. Entre os maiores empecilhos encontrados para o aproveitamento de painéis fotovoltaicos em unidades residenciais e comerciais está o elevado investimento inicial, que é mais alto principalmente na implantação da infraestrutura de geração.

Shayani, Oliveira e Camargo (2006) defendem que a implementação de um sistema para obtenção desse tipo de energia pode chegar a custar cinquenta vezes o valor de uma pequena central elétrica. No entanto, a economia gerada no consumo de energia elétrica ao longo dos anos é bem superior ao investimento inicial.

Além desse empecilho financeiro, a existência de obstáculos de natureza institucional também dificulta esse processo. Desde 2012, com a edição da Medida Provisória nº 579, de 11 de setembro de 2012, convertida na Lei nº 12.783, de 11 de janeiro de 2013, o setor elétrico tem sido objeto de várias alterações regulatórias (medidas provisórias, leis, decretos, resoluções, etc.). Isso aumentou as percepções de risco e de incerteza dos investidores, fazendo

com que tais agentes reavaliassem seus planos de alocar recursos em projetos do setor elétrico (SHAYANI; OLIVEIRA; CAMARGO, 2006).

A EPE (2014) estima que apenas consumidores com alto poder aquisitivo, que consome em média entre 400 e 1000 kWh/mês, apresentaram condições de instalar os equipamentos em um primeiro momento. Já em 2023, a EPE (2014) estima que 140 mil consumidores residenciais e 21 mil consumidores comerciais utilizarão a geração fotovoltaica. Isso fará com que 0,33% do consumo residencial e 0,33% do consumo comercial sejam atendidos por tal fonte.

Como alternativa para esse alto custo, surgiu um modelo com células orgânicas ou poliméricas que está em fase de pesquisa e desenvolvimento, teste e produção em pequena escala. Esta tecnologia baseia-se na utilização de um semicondutor orgânico, o qual é responsável pela absorção de luz, geração, separação e transporte de cargas. Alguns destes dispositivos são produzidos pela mistura de um polímero condutor e um derivado de fulereno (LOURENÇO JUNIOR et al., 2020).

De acordo com o trabalho de Lourenço Junior, et al., (2020) as células orgânicas podem ser consideradas uma alternativa promissora para a conversão de energia solar a baixo custo. Além disso, os polímeros condutores apresentam grandes vantagens em relação aos materiais inorgânicos, pois podem ser depositados sobre superfícies dos mais diversos formatos e natureza, sendo rígidas ou flexíveis.

O estudo de Silva (2015) analisou os principais benefícios obtidos com a geração de energia elétrica através de fonte solar no Brasil. O autor encontrou que os principais benefícios são o sistema de compensação de energia elétrica para a microgeração e minigeração distribuída; a redução no imposto de renda (em alguns projetos); as condições diferenciadas de financiamento e o apoio a Projetos de Eficiência Energética (PROESCO).

A empresa alemã German Solar Industry Association fez uma análise no ano de 2015 e encontrou que o cenário mundial de produção de energia através dos módulos solares fotovoltaicos tem condições de alcançar uma capacidade instalada de 100 GW, e ainda evitar a emissão de 70 milhões de toneladas de CO₂ na atmosfera (SILVA, 2015). Estes resultados demonstram a importância do investimento no desenvolvimento destas tecnologias para que os projetos solares fotovoltaicos possam alcançar grandes resultados de acordo com a tecnologia disponível atualmente.

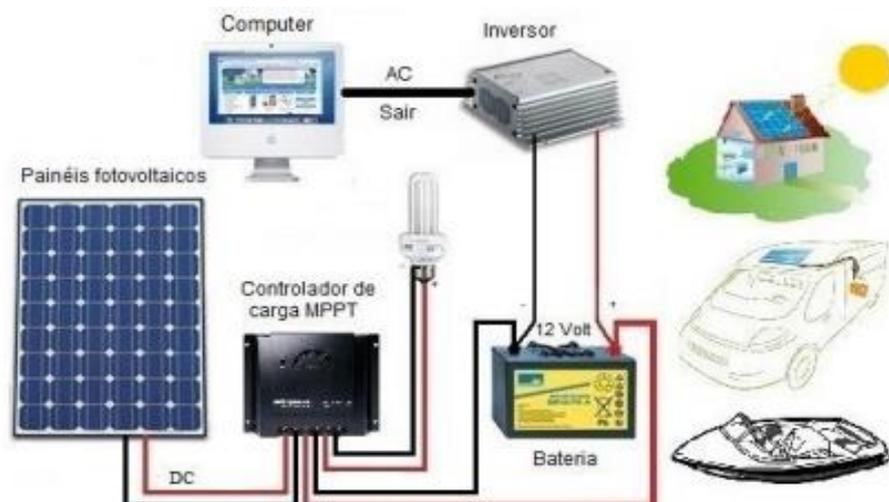
Segundo Luiz e Silva (2017), o mercado da energia solar é um mercado promissor que tem crescido constantemente, principalmente nos países desenvolvidos. Segundo Kelman (2008), o Brasil apresenta um território propício para a geração fotovoltaica e esta seria uma solução vantajosa principalmente para pequenas comunidades do Norte e Nordeste.

Para Shayani (2006), a implantação de um sistema para obtenção desse tipo de energia pode custar até cinquenta vezes o valor de uma pequena central elétrica, mas o benefício gerado ao longo dos anos é bem superior ao investimento inicial.

A região Nordeste do Brasil tem os maiores níveis de radiação solar que se equiparam aos países com a maior fonte de recurso solar do mundo. O índice diário de incidência solar nesta localidade varia entre 4,5 kWh/m² a 6,3 kWh/m² (SHAYANI, 2006).

Segundo Pereira e Oliveira (2011) os painéis solares, também conhecidos como módulos, são os principais componentes do sistema fotovoltaico de geração de energia. O conjunto destes módulos é chamado de gerador fotovoltaico e constitui a primeira parte do sistema, sendo responsável pelo processo de captação e irradiação solar e a sua transformação em energia elétrica. A figura 02 apresenta um diagrama elétrico de um sistema fotovoltaico.

Figura 02 - Diagrama elétrico fotovoltaico sistema on grid.

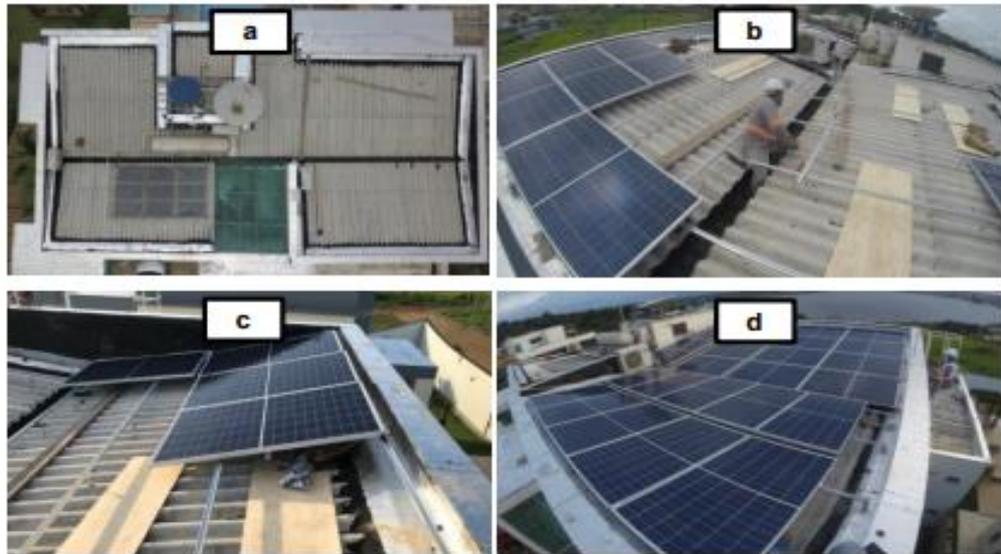


Fonte: (KEMERICH et al., 2016).

As estruturas desses painéis solares são formadas por um conjunto de células fotovoltaicas associadas eletricamente. Elas podem ser associadas em série e/ou paralelo, dependendo das tensões e/ou correntes determinadas em projeto (PEREIRA; OLIVEIRA, 2011).

O processo de instalação das placas fotovoltaicas é simples e rápido. A Figura 03 abaixo apresenta o passo a passo dessa instalação.

Figura 03 - Instalação dos painéis solares



Fonte: (SILVA et al., 2019).

A primeira fase do processo é verificar se o telhado da residência para constatar se este não apresenta nenhum tipo de danificação que possa prejudicar o funcionamento das placas (Figura 03a). Também é muito importante que o local escolhido não apresente sombras, já que esta é prejudicial para a geração de energia fotovoltaica. Após a escolha do local, as placas são instaladas acima das estruturas do telhado e parafusadas (Figura 3b, 3c e 3d) (SILVA et al., 2019).

Posteriormente é feita a colocação da fiação elétrica do sistema que será interligado ao equipamento "sting-box" que é um inversor que fará a conversão da energia solar em energia elétrica (SILVA et al., 2019). A figura 04 abaixo apresenta esse processo.

Figura 04 – Sistema de interligação



Fonte: (SILVA et al., 2019).

Ao lado do medidor de energia é colocada uma placa para indicar a energia gerada pelo morador (SILVA et al., 2019). A figura 05 abaixo apresenta esta placa.

Figura 05 – Placa de geração de energia



Fonte: (SILVA et al., 2019).

Uma instalação adequada pode garantir um grande potencial de energia e uma economia significativa para o detentor das placas. Além disso, depois da instalação finalizada o morador pode acompanhar sua geração de energia por meio de um aplicativo no celular (SILVA et al., 2019).

Flórez (2010) afirma que a absorção da energia solar pela Terra em um ano é capaz de gerar um potencial energético equivalente a 20 vezes a energia armazenada em todas as reservas de combustíveis fósseis no mundo e dez mil vezes superior ao consumo atual. De acordo com a EPE (2014), se o Brasil aproveitasse todo o seu potencial de geração de energia solar essa produção seria mais do que suficiente para atender o consumo doméstico por mais de duas vezes.

A Alemanha é considerada um dos maiores produtores de energia fotovoltaica do mundo e essa alta produção é resultado de um grande investimento governamental. O país ficou conhecido pela implementação do programa denominado “renewable energy net pricing law” (Preço Líquido para Energia Renovável) (CUNHA; SANTOS; FREITAS, 2018).

O governo alemão entre 2000 e 2010 investiu, nesse segmento de construções voltadas a instalações fotovoltaicas, mais de 15 bilhões de euros fazendo com que a indústria Europeia superasse o pioneiro nesse mercado, o Japão. Esse investimento possibilitou um declínio relativo ao custo da geração da energia fotovoltaica dentro do país (CUNHA; SANTOS; FREITAS, 2018).

Além disso, uma lei Alemã favoreceu muito este processo, pois garantiu a compra da energia gerada por micro e mini geradores. Isso impulsionou o mercado fotovoltaico e a sua demanda, tornando a construção destes sistemas uma das indústrias de maior atração no país (CUNHA; SANTOS; FREITAS, 2018). Outros países como o Brasil poderiam analisar esta trajetória bem sucedida de países com a Alemanha e implementarem modelos baseados nestes projetos.

5 CONCLUSÃO

A necessidade de novas fontes de energia tem motivado o ser humano na busca por novas soluções de aperfeiçoar a gestão dos recursos energéticos e aproveitar de forma mais eficiente os recursos naturais no Brasil e no mundo. No caso do Brasil, são inúmeras as afirmações de que a energia solar não é utilizada como deveria e que o país tem um potencial de geração muito grande com esta fonte.

Dessa forma, este trabalho objetivou estudar a organização do sistema elétrico brasileiro e identificar se a geração de energia solar seria uma alternativa eficiente de geração de energia. Também foi proposta uma apresentação sobre o princípio de funcionamento da energia solar e suas principais características.

Foi possível concluir com este trabalho que a energia solar é uma alternativa eficiente e capaz de gerar potenciais energéticos suficientes para o abastecimento necessário do país. No entanto, o investimento inicial para instalação deste sistema ainda é muito alto.

No médio prazo, a redução na despesa com energia elétrica supre o investimento inicial, porém a principal limitação encontrada para a instalação deste sistema é a obtenção dos recursos iniciais. Para tal, faz-se necessário um financiamento prévio que poderia ser realizado pelo governo para impulsionar esta implementação.

O surgimento de novas empresas que pretendem ofertar os equipamentos no modelo de *leasing* também é uma ótima opção à dificuldade do investimento inicial. Neste modelo que vem se desenvolvendo no Brasil, não há custo de instalação relevante. O consumidor paga apenas um valor, em geral mensal, à empresa responsável pela instalação e manutenção dos equipamentos.

Além disso, o estudo de outros países com modelos bem-sucedidos, como a Alemanha, fica como sugestão de complementação futura deste trabalho. A partir da análise de países que já estão mais avançados no desenvolvimento destas tecnologias, o Brasil pode montar seu projeto de forma mais estruturada e já estar preparado para dificuldades que foram enfrentadas por outros países, criando assim um modelo eficiente.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, W. T. **Direito da Energia**. Belo Horizonte: Instituto de Direito da Eletricidade, 1974.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. 2016. Acessado em 28 out. 2021
- ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL - Agência Nacional de Energia Elétrica. 3. Ed. – Brasília: ANEEL, 2008.
- BELLOUMI, M. **Energy consumption and GDP in Tunisia: Cointegration and causality analysis**. Energy Policy, v. 37, issue 7, p. 2745-2753, jul. 2009.
- BRAGA, R. P. **Energia Solar Fotovoltaica: Aplicações e Fundamentos**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2008.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da república Federativa do Brasil, 1988**. Brasília: Senado Federal, 1988. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em 14 jun. 2021.
- CAMPOS, C. **Curso básico de direito de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro: Synergia, 2010.
- CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais. **Alternativas energéticas: Uma visão da Cemig**. Belo Horizonte: CEMIG, 2012.
- CHENG, S. B.; LAI, W. T. **Na investigation of co-integration and causality between energy consumption and economic activity in Taiwan, province of China**. Energy Economics, v.19, p. 435-444, 1997.
- CORRÊA, M. L. **Contribuição para uma história da regulamentação do setor de energia elétrica no Brasil: o Código de Águas de 1934 e o Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica**. Revista Política e Sociedade, n.6, p. 255-291, 2005.
- CORREIA, T. et al. **Trajatória das reformas institucionais da indústria elétrica brasileira e novas perspectivas de mercado**. Revista Economia, Brasília, v.7, n.3, p. 607-627, 2006.
- COSBEY, A. **Trade, sustainable development and a green economy: Benefits, challenges and risks**. The Transition to a Green Economy: Benefits, Challenges and Risks from a Sustainable Development Perspective, p. 40, 2011.
- CUNHA, D. C.; SANTOS, P. H. F.; FREITAS, D. A. C. **Energia Solar Fotovoltaica No Brasil**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, ed. 11, v. 05, p. 148-161, Novembro de 2018. ISSN:2448-0959

DUPONT, F. H.; GRASSI, F.; ROMITTI, L. **Energias Renováveis: buscando por uma matriz energética sustentável.** Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria, v. 19, n. 1, Ed. Especial, p. 70 – 81, 2015.

EDUARDO, C.; MOREIRA, S. **Fontes alternativas de energia renovável, que possibilitam a prevenção do meio ambiente.** Revista de Divulgação do Projeto Universidade PETROBRAS/IF Fluminense, v. 1, p. 397-402, 2010.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Inserção da geração fotovoltaica distribuída no Brasil - condicionantes e impactos.** Nota Técnica DEA 19/14. Rio de Janeiro: EPE, 2014. Disponível em: <www.epe.gov.br>. Acesso em: 27 out. 2021.

FARRET, F. A. **Aproveitamento de pequenas fontes de energia elétrica.** Santa Maria: Ed. da UFSM, 2014.

FIORILLO, C. A. P.; FERREIRA, R. M. **Curso de Direito da Energia.** São Paulo, 2009.

FLÓREZ, J. S. **A energia renovável é o futuro.** Museu de Topografia Prof. Laureano Ibrahim Chaffe Departamento de Geodésia – IG/UFRGS. Porto Alegre. 2010.

GOMES, A. C. S. et al. **BNDES 50 anos – Histórias Setoriais: o setor elétrico,** 2002.

IMHOFF, J. **Desenvolvimento de Conversores Estáticos para Sistemas Fotovoltaicos Autônomos.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

KELMAN, J. **Atlas de energia elétrica do Brasil.** Agência Nacional de Energia Elétrica, Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas3ed.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2021.

KEMERICH, P. D. C.; FLORES, C. E. B.; BORBA, W. F. et al. **Paradigmas da energia solar no Brasil e no mundo.** Artigo científico, in: Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria, v.20, n. 1, jan.-abr, p. 241-247 Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM ISSN: 22361170, 2016.

LAMARÃO, S. **Capital privado, poder público e espaço urbano: a disputa pela implantação dos serviços de energia elétrica na cidade do Rio de Janeiro (1905-1915).** Estudos Históricos, Rio de Janeiro, n.29, p. 75-96, 2002.

LANDI, M. **Energia elétrica e políticas públicas: a experiência do setor elétrico brasileiro no período de 1934 a 2005.** Tese (Doutorado em engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

LIMA, J. L. **Estado e energia elétrica no Brasil: o setor elétrico no Brasil, das origens à criação da Eletrobrás (1890-1962).** São Paulo: IPE/USP, 1984.

LUIZ, A. M. **Energia solar e preservação do meio ambiente.** Livraria da Física, São Paulo, 2013.

LOURENÇO JUNIOR, et al. **Células Solares Orgânicas, a Energia que Vem dos Polímeros.** Rev. Virtual Quim., v.12, n.3, p. 583-597, 2020.

LUIZ, B. S.; SILVA, T. S. **Energia fotovoltaica: um retrato da realidade brasileira.** Artigo Científico in: INOVAE - ISSN: 2357-7797, São Paulo, v.5, n.2, p. 26-40, 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Resenha energética brasileira, ano base 2020, edição de 9 de julho de 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/ResenhaEnergicaExercicio2020final.pdf>. Acesso em: 30 de out. 2021.

PAIXÃO, L. E. **Memórias do projeto RE-SEB: a história da concepção da nova ordem institucional do setor elétrico brasileiro.** Massao Ohno Editor, São Paulo, 2000.

PEREIRA, F.; OLIVEIRA, M. **Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica.** Porto: Publindústria, 2011.

PINTO, M. de O. **Fundamentos de Energia Eólica.** Rio de Janeiro: LTC, 2012.

QUEIROZ, R. et al. **Geração de energia elétrica através da energia hidráulica e seus impactos ambientais.** Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 13, n. 13, p. 2774- 2784, 2013.

SHAYANI, R. A. **Medição do rendimento global de um sistema fotovoltaico isolado utilizando módulos de 32 células.** Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Brasília-DF, 2006.

SHAYANI, R. A.; OLIVEIRA, M. A. G.; CAMARGO, I. M. T. **Comparação do custo entre energia solar fotovoltaica e fontes convencionais.** In: Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, 2006, Brasília. Anais... Brasília: CBPE, 2006.

SILVA, B. G. da. **Evolução do setor elétrico brasileiro no contexto econômico nacional: uma análise histórica e econométrica de longo prazo.** 2011, 162 f. Dissertação (Mestrado em Energia) – Programa de Pós Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SILVA, R. M. **Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios.** Brasília: Núcleo de estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, Fevereiro/2015 (Texto para Discussão nº166). Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/homeestudoslegislativos>. Acesso em 30 out. 2021.

SILVA, P. P. de L. *et al.* **Dicionário brasileiro de ciência ambientais.** Thex Ed., Rio de Janeiro, 2002.

SILVA, L. S.; ASSUNÇÃO, R. F.; SOBRINHO, D. C. R. et al. **Avaliação de Custo Benéfico da Utilização de Energia Fotovoltaica.** Revista de Ciência e Tecnologia, v.5, n.9, 2019.

SILVA, M. S. T.; BRITO, S. O. **Impactos ambientais associados a construção de empreendimentos elétricos no setor de distribuição de energia.** Revista Faroeciência, v. 1, n. 1, p. 266-280, 2016.

SIMONI, C. A. O uso de energia renovável sustentável na matriz energética brasileira: obstáculos para o planejamento e ampliação de políticas sustentáveis. 2006. 300 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. Disponível em <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/5080/Carlos%20Aberto%20Simoni.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 17 jun. 2021.