



UNILAB

**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL
DA LUSOFONIA AFRO-BRASILEIRA
INSTITUTO DE ENGENHARIAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
ENGENHARIA DE ENERGIAS**

KEVIN MARCOS MASANVU

**MINICENTRAIS HIDRELÉTRICAS E MICROCENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO
BRASIL: UMA ANÁLISE DA GERAÇÃO**

REDENÇÃO-CE

2021

KEVIN MARCOS MASANVU

**MINICENTRAIS HIDRELÉTRICAS E MICROCENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO
BRASIL: UMA ANÁLISE DA GERAÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Energias da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira.

Orientadora: Profa. Dra. Rejane Félix Pereira

REDENÇÃO-CE

2021

Ficha catalográfica

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Masanvu, Kevin Marcos.

M394m

Minicentrals hidrelétricas e microcentrais hidrelétricas no Brasil: uma análise da geração / Kevin Marcos Masanvu. - Redenção, 2022.

50f: il.

Monografia - Curso de Engenharia de Energias, Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2022.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Rejane Félix Pereira.

1. Hidrelétrica. 2. Desenvolvimento. 3. Fonte alternativa. I. Título

CE/UF/BSCA

CDD 621.47

KEVIN MARCOS MASANVU

**MINICENTRAIS HIDRELÉTRICAS E MICROCENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO
BRASIL: UMA ANÁLISE DA GERAÇÃO**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Energias, do Instituto de Engenharia e Desenvolvimento Sustentável da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira.

Aprovado em: 10/02/2022

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Rejane Félix Pereira (Orientadora)

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

Prof.^a Dr.^a Silvia Helena Dantas de Lima

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

Prof. Dr. Sabi Yari Moïse Bandiri

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

“Para minha mãe Maria Luísa, pelo amor que não conhece limites

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Prof.^a **Dr.^a Rejane Félix Pereira** pela paciência durante todo o período de elaboração deste trabalho, pelos ensinamentos e dedicação dispensados para a melhor elaboração deste.

Aos professores, que contribuíram para minha formação acadêmica e, principalmente, aos que reconheceram e acreditaram no meu potencial.

À minha mãe, **Maria Luísa Casimiro Chefe**, por ter me ensinado a ser a pessoa que sou hoje, por sempre me incentivar a crescer, a dar o melhor de mim, e principalmente por acreditar nos meus sonhos e no meu potencial, tendo que abdicar incontáveis vezes de outras prioridades para fazer de mim a primeira, não consigo citar os sacrifícios que teve que enfrentar para que eu alcançasse os meus sonhos e ao meu padrasto **Rogério Amurane** por todo o apoio durante esses anos de curso.

Aos meus irmãos, **Yuri, Casimiro, Junior, Tomás e Lea** por entenderem a minha ausência e estarem sempre ao meu lado acreditando em mim, mesmo separados pela distância, foram a minha força movente para terminar o curso em tempo recorde.

Aos meus avós **Casimiro Chefe, Winnie White, Virginia** (im memoriam), por serem a base da minha educação e desenvolvimento como pessoa.

Aos meus tios **Casimiro Chefe jr, Ruth Chefe, Afane Chefe, Sérgio Chefe** (im memoriam) pelo apoio incondicional e pela motivação

À minha namorada, **Roseane Fortes** por seu amor, carinho, tempo e dedicação agradeço por todos os momentos difíceis que estiveste ao meu lado me dando apoio e me incentivando a continuar lutando até o fim.

A todos os meus amigos, em especial ao **Charles Taúla**, companheiro fiel e colega de casa desde o primeiro dia de aulas, Ao **Gildo Stefan, Holmito Viandro, Júlio Muiocha, Sunil Amade, Bento Melgado**, e aos demais amigos que me ajudaram direta ou indiretamente foram cruciais para meu desenvolvimento.

À **Unilab** pela oportunidade de uma formação de excelência, não apenas acadêmica, mas também a nível pessoal, á experiência de vivenciar a integração dos países da lusofonia que apenas esta universidade oferece.

“Existem duas regras para o sucesso,
1ª nunca revele tudo o que você sabe.”
-Desconhecido

RESUMO

As centrais de geração hidrelétrica (CGHs), caracterizadas por serem empreendimentos de pequeno porte (micro e mini centrais) foram os primeiros empreendimentos de aproveitamento hidrelétricos no Brasil, foram cruciais para o desenvolvimento do país, porém ao longo dos anos estes empreendimentos foram substituídos por empreendimentos de maior potência e dimensão, transformando a geração de energia elétrica em um modelo mais centralizado, o que culminou na falta de legislação, regulação e investimento em centrais de pequeno porte. Contudo, nos últimos anos com o crescimento e diversificação das fontes de geração de energia elétrica houve criação de órgãos auxiliares, reguladores e gestores responsáveis por facilitar o processo de implantação de centrais de geração hidrelétrica. Desse modo o presente trabalho tem como objetivo analisar o desenvolvimento de empreendimentos alternativos para geração hidrelétrica, especificamente as microcentrais (μ CH) e minicentrais hidrelétricas (mCH) ao longo do tempo, bem como os elementos históricos e institucionais que foram fundamentais para a formação e estruturação dessas centrais.

Palavras-Chave: Central de geração hidrelétrica, Desenvolvimento, Fonte alternativa.

ABSTRACT

Hydropower generation plants, characterized by being small enterprises (micro and mini plants) were the first hydropower projects in Brazil, they were crucial for the country's development, however, over the years these projects were replaced by large hydropower plants with greater generation capacity and dimension, transforming the hydroelectric industry into a more centralized model, which culminated in a lack of legislation, regulation and investment towards those micro and mini power plants. However, in the recent years with the growth and diversification of electricity generation sources, institutions were created with the aim to manage and regulate the hydropower industry. Thus, this work aims to analyze the development of alternative hydroelectric generation, specifically micro plants (μ CH) and mini hydroelectric plants (mCH), as well as the historical and institutional elements that were fundamental for the formation and structuring of micro and mini hydroelectric generation.

Keywords: Hydropower generation plants, Development, Alternative source.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Produção de energia hidrelétrica no mundo em 2020.....	14
Figura 2-Usina Marmelos Zero em 1889.....	16
Figura 3-Barragem de Tócos.	17
Figura 4-UHE Ilha dos Pombos.....	18
Figura 5-Classificação dos empreendimentos de geração hidrelétrica pela Potência	22
Figura 6-Componentes de um central hidrelétrica	24
Figura 7-Microcentral hidrelétrica-Gerador.	25
Figura 8-Parte da estrutura de uma Minicentral hidrelétrica	26
Figura 9-Gráfico do número empreendimentos de microgeração hidrelétrica ao longo dos anos.....	27
Figura 10 -Capacidade instalada das centrais de microgeração hidrelétrica ao longo dos anos	29
Figura 11-Número de empreendimentos de microgeração hidrelétrica por região no Brasil.....	31
Figura 12-Número de microcentrais por unidade federativa.....	32
Figura 13-Potência instalada de microcentrais hidrelétricas por unidade federativa	33
Figura 14-Número de empreendimentos de minigeração hidrelétrica ao longo dos anos.....	33
Figura 15- Principais órgãos que impactaram a matriz elétrica no país.....	34
Figura 16-Capacidade instalada das minicentrais hidrelétricas ao longo dos anos.	36
Figura 17-Correlação dos gráficos da potência ao longo dos anos e do gráfico de número de usinas ao longo dos.....	37
Figura 18 -Quantidade de minicentrais hidrelétricas por região no Brasil	38
Figura 19 - Quantidade de minicentrais hidrelétricas por unidade federativa.....	39
Figura 20-.Potência instalada de mCHs por unidade federativa.....	40
Figura 21-Mapa com localização das CGHs no Brasil,2022.....	40
Figura 22-Procedimentos e etapas de acesso.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Situação atual da matriz hidrelétrica brasileira em 2022.....	23
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRADEE	Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CBEE	Companhia Brasileira de Energia Elétrica
CEB	Companhia de Eletricidade de Brasília
CEEE	Comissão Estadual de Energia Elétrica
CELESC	Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A.
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CHESF	Companhia Hidro Elétrica do São Francisco
CNAEE	Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
ELETROBRÁS	Centrais Elétricas Brasileiras S. A.
ELETRONORTE	Centrais Elétricas do Norte do Brasil
FURNAS	Central Elétrica de Furnas S.A.
ITAIPU	Itaipu Binacional
LIGHT	Light Serviços de Eletricidade S. A.
MME	Ministério de Minas e Energia
ONS	Operador Nacional do Sistema
kW	Quilowatts: [kW];
MW	Megawatts : [MW];
μCH	Microcentral hidrelétrica
mCH	minicentral hidrelétrica
PCH	Pequena central hidrelétrica
UHE	Usinas Hidrelétrica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivo Geral	12
1.2 Objetivos Específicos.....	12
2 USINAS HIDRELÉTRICAS NO MUNDO	13
3 USINAS HIDRELÉTRICAS NO BRASIL	16
4 CLASSIFICAÇÃO DAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS	21
4.1 Componentes De Uma Central Hidrelétrica	23
6 A MICROGERAÇÃO E A MINIGERAÇÃO HIDRELÉTRICA NO BRASIL.....	25
6.1 As Microcentrais Hidrelétricas (μCHs).....	26
6.2 As Minicentrais Hidrelétricas (mCHs).....	33
6.3 Centrais de geração hidrelétrica (CGH)	40
6.3.1 Vantagem na Implementação de uma CGH	41
6.4 Conexão da Microgeração e minigeração Hidrelétrica à Rede Elétrica.....	42
6.5 Licenciamento Ambiental	43
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44
REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, um pouco mais de 63% da energia elétrica gerada é proveniente de centrais hidrelétricas (EPE, 2021). Dessa energia hidrelétrica produzida, cerca de 94% é produzida pelas grandes usinas hidrelétricas (UHE), que por sua vez causam impactos ambientais catastróficos. Partindo dessa premissa, o emprego de alternativas para geração de energia hidrelétrica surge, na companhia de empreendimentos de pequeno porte, como as microcentrais e minicentrais hidrelétricas também conhecidas como centrais de geração hidrelétrica (CGH).

De acordo com ENGIOBRA (2016) as CGH também produzem energia elétrica utilizando o potencial hidráulico existente num rio tal como as UHE, porém se tornam uma opção alternativa atrativa devido o seu baixo impacto ambiental, por não possuírem grandes reservatórios em sua arquitetura, e não precisarem de uma grande porção de terra para a implantação da sua infraestrutura.

Além do impacto ambiental, o abastecimento de energia elétrica em zonas rurais é reduzido, pois a rede elétrica interligada não abrange a maior parte das regiões rurais, tornando o aproveitamento do potencial energético dos pequenos cursos de água um ótimo investimento.

As CGHs por serem de pequeno porte, e de baixo custo de implantação, viabilizam a autoprodução, atraindo públicos diversificados. Esse modelo de geração de energia elétrica vem conquistando o mercado de geração, principalmente por ser advinda de uma fonte sustentável e por oferecer benefícios de ordem técnica e econômica.

O Brasil possui uma disponibilidade hídrica elevada e mesmo assim a microgeração e minigeração hidrelétrica ainda não são exploradas em ampla escala. Se dependesse dos benefícios técnicos e econômicos, que essas centrais proporcionam, a abundância desses empreendimentos deveria ser maior, porém essa divergência abre espaço para um estudo mais detalhado, abordando os aspectos decisivos no processo regulatório para a implantação desse tipo de geração de energia elétrica.

À vista disso, surge o interesse em desenvolver um trabalho que tenha por objetivo principal analisar o desenvolvimento desses empreendimentos ao longo dos anos, considerando os elementos históricos e institucionais que foram fundamentais para a formação e estruturação das CGHs.

Desse modo, propõe-se com esse trabalho, a apresentação do processo evolutivo das centrais de geração hidrelétricas (micro e mini geração) no Brasil, englobando o aumento de

empreendimentos no contexto estadual, regional e nacional ao longo dos anos e dos principais fatores que possibilitaram e limitaram a expansão desse setor.

A pesquisa baseia-se no método descritivo qualitativo, descrevendo e evidenciando o objetivo: o desenvolvimento das microcentrais hidrelétricas (μ CHs) e das minicentrais hidrelétricas (mCHs) no Brasil. Buscar-se-á no referencial teórico o histórico das usinas hidrelétricas no mundo e no Brasil, a classificação e componentes das centrais hidrelétricas e a cronologia dos eventos de maior destaque na matriz hidrelétrica brasileira. A coleta dos dados para análise e discussão foi retirada do Sistema de Informações de Geração da ANEEL (SIGA), analisar-se-á a quantidade de mCHs e μ CHs ao longo dos anos, e em diferentes pontos do país, também serão abordados as vantagens e as condições para uma geração distribuída.

1.1 Objetivo Geral

Analisar o desenvolvimento das Minicentrais hidrelétricas e das microcentrais hidrelétricas no Brasil.

1.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos, propõe-se:

- a) apresentar os conceitos de micro e minigeração hidrelétrica
- b) identificar os componentes de uma central de geração hidrelétrica,
- c) apresentar os principais eventos que influenciaram a implementação de centrais de geração;
- d) mostrar as vantagens das CGHs
- e) ilustrar o processo de geração distribuída

2 USINAS HIDRELÉTRICAS NO MUNDO

De acordo com Pereira (2015), a Terra e o sistema solar existem há mais de 4,6 bilhões de anos, e foi apenas há 10 mil anos que os seres humanos desenvolveram a agricultura de subsistência. Somente depois de 5 mil anos as ruínas de estruturas pré-históricas de irrigação e barragens foram encontradas no Egito, Índia, Pérsia e no Extremo Oriente (JANSEN, 1983).

A utilidade das barragens evoluiu de apenas um recurso utilizado em irrigação e consumo humano para um sistema de controle de cheias, criação de regiões navegáveis, e controle de sedimentação (ICOLD, 2007).

Nos séculos XVIII e XIX, com o desenvolvimento da tecnologia, dos dispositivos como a máquina a vapor, motor, dínamo, lâmpada e turbina hidráulica, tornou-se possível converter a energia mecânica em energia elétrica (QUAGLINO, 2009).

Um Marco importante nesta época foi a geração de energia elétrica, segundo Diaz e García-Carmona (2016), Thomas A. Edison, um dos responsáveis pelo desenvolvimento da energia elétrica inventou a lâmpada incandescente, tornando-se o primeiro a usar a eletricidade como um sistema de potência. Nikola Tesla que trabalhou com Edison, para a melhoria da produção de energia em grande escala, e criou o projeto responsável pelo uso da corrente alternada. Este projeto, foi recusado por Edison que usava um sistema de transmissão de eletricidade, via corrente contínua (CC), Tesla então segue em frente com seus projetos em corrente alternada (CA) em uma parceria com a *Westinghouse Electric Corporation*.

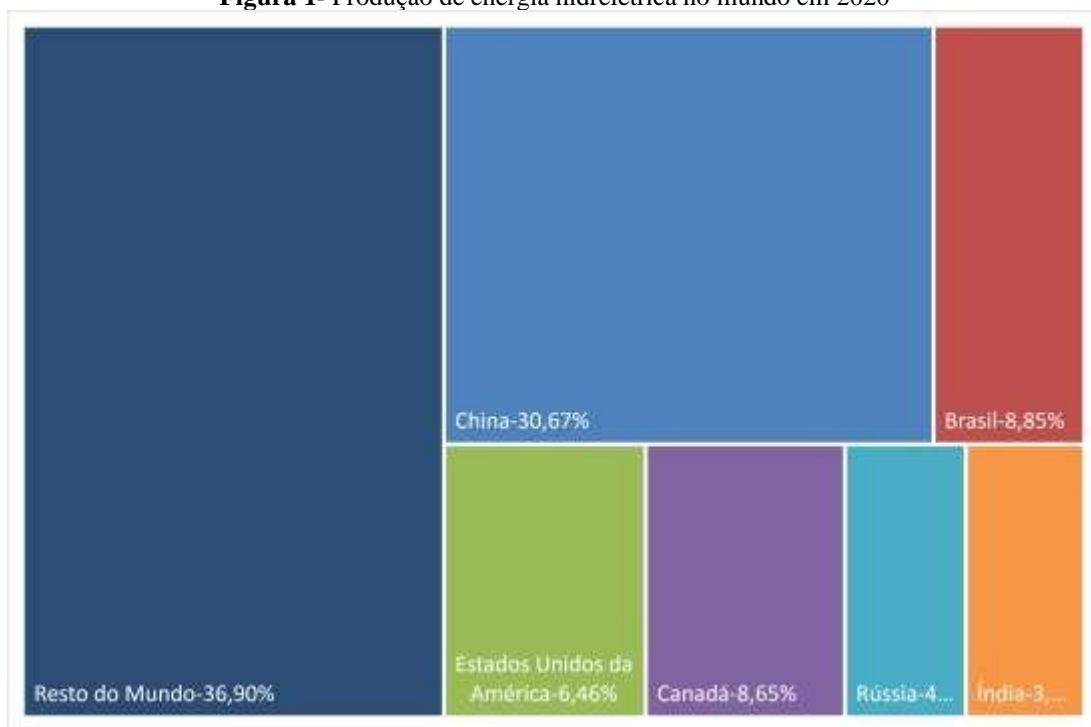
De acordo com Pinto (2018), o cientista e engenheiro inglês William George Armstrong em Craggsde (Northumberland, Inglaterra), construiu em 1878 a primeira usina hidrelétrica do mundo, Debdon, com a capacidade de produzir 4 kW e se localizava na cidade de Rothbury, em Northumberland, Inglaterra.

Em 1901, Nikola Tesla colaborou com George Westinghouse para o desenvolvimento de tecnologia para transmissão de energia elétrica em longas distâncias a partir da instalação de um equipamento de corrente alternada na UHE Niagara Falls, no Estado de Nova York possibilitando a expansão do uso das usinas hidrelétricas (QUAGLINO, 2009).

Após mais de um século, cerca de 16,6% da produção mundial de eletricidade dependem da energia hidrelétrica. Em 2014 mais de 73% da eletricidade mundial produzida por fontes renováveis era advinda da energia hidrelétrica (REN21, 2015).

A Agência internacional de Energia-IEA (2021), estipula que a geração de energia hidrelétrica atingiu 4,418.04 TWh de Potência em 2020, permanecendo assim a maior fonte renovável de geração de energia elétrica. Conforme BP (2020), os maiores produtores de energia hidrelétrica no mundo são a China (1,355.20 TWh), Brasil (391.20 TWh), Canadá (382.35TWh), EUA (285.79TWh), Rússia (209.74TWh), Índia(163.51TWh). Estes seis países constituem pouco mais de 63% da capacidade instalada mundial. Como a Figura 1 apresenta:

Figura 1- Produção de energia hidrelétrica no mundo em 2020



Fonte: Elaboração do autor, com base nos dados de BP (2020).

De acordo com Pereira (2015), o Quadro 1 apresenta a localização das 23 maiores usinas hidrelétricas. A usina localizada na china, denominada por usina três gargantas, entrou em operação em 2012, gerando uma potência de 22400 MW. Em seguida, tem-se a usina de Itaipu que entrou em operação em 2004 gerando uma potência de 14.000 MW. Das usinas citadas a última é a hidrelétrica de Cahora Bassa localizada em Moçambique, e está em operação desde 1975 gerando cerca de 2.424 MW.

Quadro 1– Maiores usinas hidrelétricas em potência instalada ao redor do mundo.

Ordem	Nome	País	Altura (m)	Potência (MW)	Data (Da última atualização)
1	Three Gorges	China	181	22.400	2012
2	Itaipu	Brasil/Paraguai	196	14.000	2004
3	Xiluodu	China	285	13.860	2014
4	Belo Monte	Brasil	88	11.233	2019
5	Guri	Venezuela	162	10.600	1968
6	Wudongde	China	240	10.200	2021
7	Tucuruí	Brasil	93	8.400	2003
8	Grand Coulee	EUA	168	7.460	1942
9	Sayano-Shushensk	Rússia	245	6.400	1980
10	Krasnoyarsk	Rússia	124	6.000	1968
11	La Grande 2	Canadá	168	5.328	1979
12	Churchill Falls	Canadá	32	5.225	1971
13	Bratsk	Rússia	125	4.500	1961
14	Ust-Ilim	Rússia	102	3.840	1977
15	Ilha Solteira	Brasil	74	3.200	1973
16	Brumley Gap	USA	78	3.200	1973
17	Xingó	Brasil	140	3.012	1987
18	Bennett, W.A.C.	Canadá	183	2.730	1968
19	Mica	Canadá	242	2.660	1976
20	São Simão	Brasil	120	2.680	1979
21	Volvograd	Rússia	47	2.563	1958
22	Paulo Afonso IV	Brasil	33	2.460	1979
23	Cahora Bassa	Moçambique	171	2.425	1975

Fonte: Atualizado de Pereira (2015).

3 USINAS HIDRELÉTRICAS NO BRASIL

De acordo com a ANEEL (2015) a hidroeletricidade é a principal fonte de geração de energia elétrica no país. O percurso do Brasil como uma potência na área hidrelétrica teve início em 1883, com a instalação de uma usina com queda de 5 metros, e com dois dínamos Gramme de 8 cv cada, esta usina gerava a energia que movimentava bombas d'água, e posteriormente passou a gerar energia elétrica para abastecimento da cidade de Diamantina (MG), onde está localizada no afluente do rio Jequitinhonha, denominado de Ribeirão do Inferno (PEREIRA, 2015).

Pereira (2015) também elucidou que, em 1887, uma usina de 507 cv começou a operar no rio Macacos, Nova Lima, Minas Gerais, em uma queda de 40 m, com propósitos de resolver os problemas de uma mineração de ouro como também para iluminação.

Em 1889, entrou em operação a usina considerada como a primeira usina de grande porte, Usina Marmelos Zero no rio Piabanha, Minas Gerais. Nesta usina instalaram-se 2 grupos de geradores com potência de 126 kW cada um, da empresa americana Max Nothman & Co, com âmbito de fornecer energia para Juiz de Fora. Em 1891, instalou-se um terceiro gerador, de 125 kW, com propósitos de abastecer indústrias (PEREIRA, 2015). A Figura 2 apresenta a Primeira usina hidrelétrica no Brasil.

Figura 2– Usina Marmelos Zero em 1889



Fonte:CEMIG (2021).

Com o passar dos anos, a comercialização de energia já era firmada, e o surgimento de empresas prestadoras de serviço cresceu, a empresa de destaque foi a *Light Serviços de Eletricidade S.A.*, fundada em 30 de maio de 1905 no Rio de Janeiro (CBDB, 2011).

Segundo o Comitê Brasileiro das Barragens - CBDB (2011) foi inaugurada em 1908, a UHE Fontes Velha, com 12 MW de potência, sendo a maior da América Latina e a segunda maior do mundo naquela época, e em 1909 foi ampliada para 24 MW.

Pouco tempo depois, Pereira (2015) afirma que, construiu-se em 1914 no rio Piraí a barragem de Tócos, com 25 m de altura e com um túnel de aproximadamente 8,4 km de extensão, este foi conhecido por ser o mais longo túnel hidráulico do mundo (1914), o intuito era de desviar a água ($25 \text{ m}^3 / \text{s}$) em direção ao reservatório de Lajes, e conseqüentemente, aumentando a capacidade da UHE Fontes para 54 MW. A Figura 3 apresenta a barragem de Tócos.

Figura 3– Barragem de Tócos



Fonte: Pereira (2015).

A UHE Ilha dos Pombos foi inaugurada em 1924, com um canal de adução com aproximadamente 2,5 km de comprimento composto por diques de terra compactada e segmentos em concreto. Nesta usina, o maior vertedouro contém 3 comportas tipo setor, com vão de 45 m por 7,40 m de altura, área de 333 m², e são atualmente as maiores do mundo que estão em operação. A usina foi reabilitada nos anos 90, isto depois de ter sido ampliada em 1937 e aumentado a sua potência para 167 MW (CBDB, 2011). A Figura 4 apresenta a UHE ilha dos Pombos.

Figura 4– UHE Ilha dos Pombos



Fonte: CBDB (2011).

Nesse contexto a CBDB (2011) evidencia que o crescimento econômico e demográfico visto nos meados do século XX até a década de 1990, causou um aumento no número de grandes centrais geradoras no Brasil. Em 1954 entrou em operação uma das maiores hidrelétricas do país, a Usina Hidrelétrica Paulo Afonso I, no rio São Francisco e pertence à Chesf que opera com 180.001 kW.

Em 1957, criou-se a Central Elétrica de Furnas S.A, anos depois, em 1962, vem a usina hidrelétrica de Três Marias no estado de Minas Gerais. Em 1984, foi construída a Usina Hidrelétrica Tucuruí, da Eletronorte, a primeira hidrelétrica de grande porte na região norte do Brasil, no mesmo período, a maior Usina Hidrelétrica do mundo entrou em operação, a Usina Hidrelétrica de Itaipu, com 12.600 MW de capacidade instalada.

Em 2018, o Brasil se destacou como o terceiro país com maior potencial hidrelétrico do mundo, com um valor total de 255.000 MW ($10^6 watt$) de potencial desfrutável, dos quais somente 30 % são utilizados (SIPOT, 2012). Quanto a produção de energia hidrelétrica o Brasil está no pódio como o segundo maior no mundo (CARVALHO, 2018).

Para Pereira (2015) a evolução do sistema hidrelétrico brasileiro de 1889 à 2022 apresentada no Quadro 2, mostra a criação dos principais agentes reguladores e órgãos responsáveis pelo aumento consciente da geração, fiscalização e venda de energia elétrica como também empreendimentos de destaque na matriz elétrica nacional.

Quadro 2 – Eventos de Energia Elétrica no Brasil 1889 e 2022

(Continua)

Ano	Evento
1889	1ª UHE de grande porte, Marmelos Zero, Cia. Mineira de Metais (JF-MG)
1909	Concluída a Ampliação de Fontes Velha para 24 MW
1912	Unificação da LIGHT RJ-SP. Companhia Paulista de Força e Luz
1913	UHE Delmiro Gouveia – 1ª hidrelétrica da cachoeira de Paulo Afonso no rio S. Francisco (BA)
1920	Capacidade instalada atinge 360 MW
1924	Inauguração da UHE Ilha dos Pombos
1930	Capacidade instalada atinge 780 MW
1934	Edição do Código de Águas
1942	CVRD – Companhia Vale do Rio Doce
1943	Ano de Início da Criação das Companhias Estaduais e Federais de Energia
1945	CHESF – Companhia Hidro Elétrica do São Francisco. Início do projeto de Paulo Afonso I
1950	Capacidade instalada atinge 1.900 MW
1952	BNDES – Banco Nacional de desenvolvimento Econômico e Social; CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais
1953	USELPA – Usinas Hidrelétricas do Rio Paranapanema
1954	UHE Paulo Afonso I em operação. CELESC – Centrais Elétricas de Santa Catarina
1955	CHERP e CELUSA. CELG – Centrais Elétricas de Goiás
1956	ESCELSA – Centrais Elétricas do Espírito Santo
1957	FURNAS (iniciam-se os projetos de Porto Colômbia, Marimbondo, Estreito e Volta Grande)
1960	Capacidade instalada atinge 4.800 MW. Ministério das Minas e Energia
1961	ELETOBRAS – Centrais Elétricas Brasileiras S. A.
1962	CANAMBRA – Canambra <i>Engineering Company</i> executou estudos no Brasil
1963	UHE Furnas ligando MG-RJ-SP
1965	DNAEE – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
1966	CESP – Cia Energética de São Paulo. Iniciam-se os projetos dos rios Paranapanema, Tietê, Grande e Paraná. Jupia, I. Solteira, Á. Vermelha. Continuam os projetos do rio Paranaíba (S. Simão, Emborcação)
1968	ELETROSUL, UTE Santa Cruz, ENERAM (Comitê Coordenador dos Estudos Amazônia)
1969	GCOI – Grupo Coordenador da Operação Interligada
1970	Capacidade instalada atinge 11.460 MW
1973	ITAIPU, ELETRONORTE, NUCLEBRÁS, CEPTEL
1979	LIGHT nacionalizada. UHE Sobradinho
1980	Capacidade instalada atinge 31.300 MW
1982	GCPS – Grupo Coordenador do Planejamento do Sistema
1984	UHE Itaipu, UHE Tucuruí

(Conclusão)

Ano	Evento
1990	Capacidade instalada atinge 53.000 MW
1995	Iniciam-se os leilões de privatização
1996	ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
1997	ELETRONUCLEAR – Centrais Elétricas Nucleares
1998	MAE–Mercado Atacadista de Energia; ONS – Operador Nacional do Sistema
2000	Capacidade instalada atinge 72.200 MW. UHE Itá. Programa Prioritário de UTEs
2001	Crise, racionamento. UHE Lajeado
2002	UHE Canabrava. UHE Machadinho
2003	Capacidade Instalada atinge 77.300 MW
2004	EPE – Empresa de Pesquisa Energética (MME)
2005	CERAN – Complexo Energético do Rio das Antas
2007	UHE Campos Novos e UHE Barra Grande
2010	Capacidade Instalada atinge 78.658 MW.
2016	Capacidade instalada atinge 96.925 MW
2021	Capacidade Instalada atinge 108.650 MW (Dado do site O.N.S- Operador Nacional do Sistema Elétrico)
2022	Capacidade Instalada atinge 109.357 MW (Dado do site da ANEEL)

Fonte: Atualizado Pereira (2015).

4 CLASSIFICAÇÃO DAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

De acordo com Eletrobrás (2013), as Centrais hidrelétricas (CH) classificam-se segundo a queda e potência destes recursos, como se apresenta no Quadro 3:

Quadro 3– Estratificação de Centrais Hidrelétricas pela sua Potência e Queda.

CLASSIFICAÇÃO DAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS	POTÊNCIA P(kW)	QUEDA DE PROJETO - H_d (m)		
		BAIXA	MEDIA	ALTA
MICRO	$P < 100$	$H_d < 15$	$15 < H_d < 50$	$H_d > 50$
MINI	$100 < P < 1000$	$H_d < 20$	$20 < H_d < 100$	$H_d > 100$
PEQUENAS	$1000 < P < 30.000$	$H_d < 25$	$25 < H_d < 130$	$H_d > 130$

Fonte: Eletrobrás (2013).

A Eletrobrás (2013) define microcentrais hidrelétricas (μ CHs) como centrais geradoras com potência instalada menor ou igual a 100 quilowatts (kW), minicentrais (mCH) como centrais geradoras com potência instalada menor ou igual a 1000 e maior que 100 quilowatts (kW), Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) como as centrais com potência instalada maior que 1000 quilowatts (kW) e menor que 30000 quilowatts (kW), e Usina Hidrelétrica (UHE) também conhecida como Grande Central Hidrelétrica como as centrais com potência superior a 30 MW.

No entanto, a ANEEL (2020) aborda outra definição para os empreendimentos hidrelétricos, a saber:

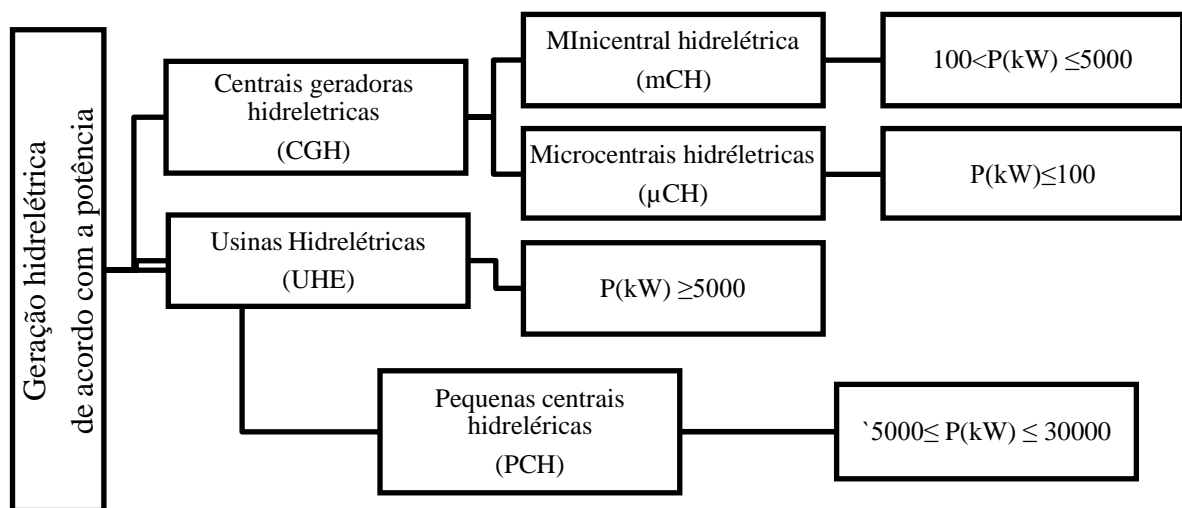
- Central Geradora Hidrelétrica (CGH) que é o termo usado para classificar os aproveitamentos hidrelétricos que possuam potência igual ou inferior a 5.000 kW.
- Pequena Central Hidrelétrica (PCH) que é o termo usado para classificar os aproveitamentos hidrelétricos que possuam potência instalada superior a 5.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW e área de reservatório de até 13 km² (treze quilômetros quadrados), excluindo a calha do leito regular do rio.
- Usina Hidrelétrica (UHE) que é o termo usado para classificar os aproveitamentos hidrelétricos que possuam, pelo menos, uma das três características:
 - a) Potência instalada superior a 5.000 kW e igual ou inferior a 50.000 kW, desde que não sejam enquadrados como PCH e estejam sujeitos à outorga de autorização;

- b) Potência instalada superior a 50.000 kW, sujeitos à outorga de concessão;
- c) Independente da potência instalada, tenham sido objeto de outorga de concessão ou de autorização.

Para Santos (2011), a classificação base é a da ANEEL, pois este órgão é o principal regulador e fiscalizador das atividades relacionadas a geração, transmissão, distribuição e comércio de eletricidade e é responsável pelo estabelecimento de tarifas para consumidores finais, assegurando um equilíbrio econômico e financeiro da concessão.

A Figura 5 apresenta a classificação das usinas hidrelétricas, em que as centrais geradoras são compostas por mini e micro centrais hidrelétricas.

Figura 5– Classificação dos empreendimentos de geração hidrelétrica pela Potência



Fonte: Elaboração do autor, com base nos dados da ANEEL (2020).

De acordo com a ANEEL (2022), existem, atualmente, aproximadamente 223 UHEs com potência de 103.449 MW, representado cerca de 94,19% da matriz hidrelétrica, 540 PCHs com potência de 7.213 MW, representado cerca de 5,04% e 741 CGHs, em todo território brasileiro, com uma potência de 841 MW. As CGHs, compostas por microcentrais e minicentrais, possuem potência de até 5 MW, atualmente, representam 0,77 % da matriz energética, valor superior do que há 10 anos (2012), que era de apenas 0,11% da matriz energética. Estes valores podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1– Situação atual da matriz hidrelétrica brasileira em 2022

Tipo	Quantidade	Potência outorgada	Potência fiscalizada	Percentual da Potência fiscalizada)
UHE	223	103.449.006,00	103.003.362,00	94,19%
PCH	540	7.213.898,32	5.513.046,57	5,04%
CGH	741	864.420,67	841.461,67	0,77%
Total	1504	111.527.324,99	109.357.870,24	100%

Fonte: ANEEL (2022).

As centrais hidrelétricas ainda podem ser classificadas de acordo com a capacidade de regularização do reservatório, a fio d'água e. de acumulação com regularização

Conforme a Eletrobrás e DNAEE – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (1985), central hidrelétrica a fio d'água, geralmente, é implementada quando a vazão mínima do rio é igual ou maior que a descarga necessária à potência a ser instalada para suprir à demanda. A captação da água se faz em uma pequena barragem, construída apenas para abrigar as turbinas) onde o volume do reservatório criado é desprezado e projeta-se todo um sistema de adução para conduzir a descarga necessária à potência que atenda a demanda máxima.

Para a Eletrobrás e DNAEE (1985), a central de acumulação com regularização é implementada quando a vazão mínima do rio é insuficiente para atender à descarga necessária para suprir a demanda máxima do mercado consumidor, assim, constrói-se um reservatório que, através do seu volume d'água utilizável diária, mensal ou anual, adiciona à descarga mínima do rio uma descarga regularizada correspondente.

4.1 Componentes De Uma Central Hidrelétrica

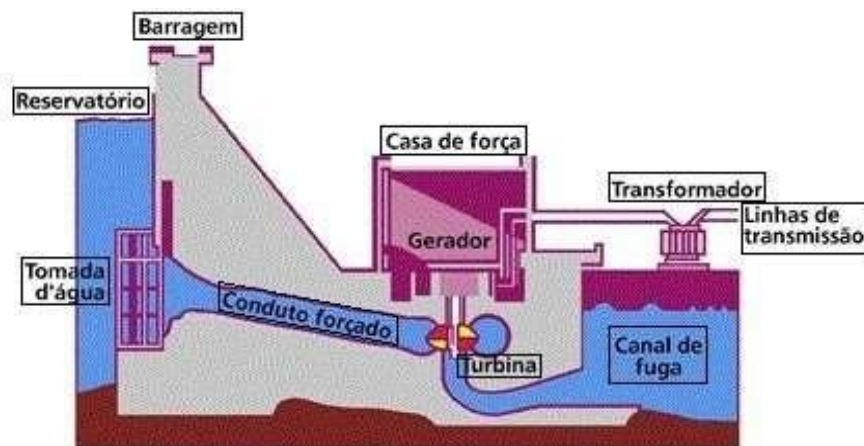
Para Lopes (2011), a geração de energia hidrelétrica é dada pela transformação de energia potencial hídrica em energia elétrica, esta transformação advém de um conjunto de equipamentos presentes na estrutura de uma usina hidrelétrica, cuja composição básica é dada por:

- **Barragem:** cuja finalidade é de acumular água, recebendo a energia natural afluyente, armazenando energia potencial;
- **Vertedouro:** controla o nível d'água no reservatório;

- **Tomada d'água:** capta o fluido de trabalho;
- **Conduto forçado:** recebe e direciona a água para turbinamento;
- **Casa de força:** responsável pelo sistema produtivo da central hidrelétrica, local onde se encontram a turbina e o gerador, nesse ponto se gera energia elétrica que é transportada para os consumidores através de um sistema de transmissão e distribuição de energia elétrica;
- **Canal de fuga:** é o último ponto do processo de geração, onde o fluido de trabalho retorna ao curso d'água.

A Figura 6 apresenta a composição básica de uma central hidrelétrica.

Figura 6–Componentes de um central hidrelétrica



Fonte: ABRAPCH (2014)

6 A MICROGERAÇÃO E A MINIGERAÇÃO HIDRELÉTRICA NO BRASIL

As microcentrais hidrelétricas (μ CHs), são Centrais de geração hidrelétricas (CGHs) caracterizadas por terem uma potência menor ou igual a 100 kW são empreendimentos fundamentais para o desenvolvimento da sociedade, com grande impacto nas regiões rurais, contribuindo para o desenvolvimento agrícola e econômico nessas regiões onde o custo de implantação de linhas de transmissão e distribuição são elevados, tornando métodos convencionais urbanos de uso de energia elétrica ineficientes diante dos altos índices de perdas e manutenção (GOLDEMBERG *et al.*, 2000). A Figura 7 mostra um empreendimento de microgeração hidrelétrica.

Figura 7–Microcentral hidrelétrica-Gerador



Fonte: Hidreo (2021)

De acordo com a ANEEL (2020), as minicentrais hidrelétricas (mCHs), são Centrais de geração hidrelétricas (CGHs), caracterizadas por ter uma potência maior que 100 kW e menor ou igual à 5000 kW. A rede elétrica interligada não abrange a maior parte das regiões rurais pois estas são desprovidas ou possuem baixa oferta de energia elétrica, nesse cenário, o aproveitamento do potencial energético dos pequenos cursos de água usando tecnologias como as mCHs tornam-se um ótimo investimento e uma alternativa tecnológica importante para a produção de energia elétrica de forma sustentável. A Figura 8 apresenta uma microcentral hidrelétrica:

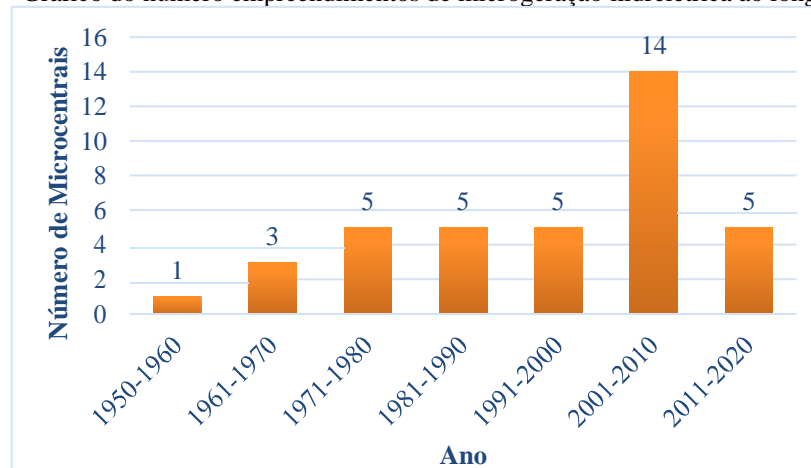
Figura 8–Parte da estrutura de uma Minicentral hidrelétrica

Fonte: Kieling (2018)

6.1 As Microcentrais Hidrelétricas (μ CHs)

As microncentrais hidrelétricas (μ CHs) assumem uma grande importância social, com destaque as pequenas cidades e comunidades rurais pois contribuem para o aumento da produtividade no campo e proporcionam a melhor qualidade de vida aos residentes. Portanto, para melhor entendimento desse aproveitamento hidrelétrico, é importante se analisar cronologicamente a sua evolução.

Na Figura 9, se apresenta o número de microcentrais geradoras ao longo dos anos desde a criação da primeira microcentral de geração hidrelétrica registrada pela ANEEL.

Figura 9– Gráfico do número empreendimentos de microgeração hidrelétrica ao longo dos anos.

Fonte: Elaboração do autor, com base nos dados de ANEEL (2022).

As microcentrais hidrelétricas instaladas no país ao longo dos últimos 70 anos, teve um tímido crescimento, tendo em vista que no início, entre os anos de 1950-1960, foi instalada apenas uma microcentral. A literatura pode justificar esse fato mostrando que havia insuficiência e ineficácia de órgãos responsáveis por fiscalizar, dar concessões e controlar os aproveitamentos para gerar energia elétrica de pequeno porte, como afirma a EPE (2020).

O número aumentou para 3 microcentrais na década seguinte (1961-1970). Esse aumento pode ter derivado da criação da Eletrobrás, órgão responsável por promover estudos, projetos de construção e operação de usinas geradoras (FUSP,2006). Nos 30 anos posteriores de 1971-2000 aumentaram 5 μ CHs por década totalizando 15 μ CHs ao final desse período. Esse crescimento pode ter sido impactado pela grave crise do petróleo existente nessa época, o preço do petróleo aumentou e como resultado as fontes alternativas de energia começaram a receber atenção e investimentos aponta a EPE (2020). No mesmo contexto, Pereira (2015) evidencia a falta de órgãos de regulação e legislação para a implantação de centrais hidrelétricas, este foi um fator limitante para o desenvolvimento de empreendimentos hidrelétricos, porém em 1997 surge a ANEEL que sanou tal barreira.

No período de 2001-2010 com a presença da ANEEL, foram construídas 14 microcentrais, número que na época foi revolucionário. A ANEEL (2015) mostra que esse crescimento pode ter derivado da Lei nº 10.438/2002 responsável pelo nascimento do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) órgão cujo objetivo é aumentar a participação de fontes alternativas renováveis na produção de energia elétrica, evidenciando empreendedores independentes sem vínculos societários com concessionárias de geração, transmissão ou distribuição, deste modo resolvendo a premissa de falta de incentivo na criação de empreendimentos de aproveitamento hidrelétricos.

Contudo de 2011 à 2020 entraram em operação apenas 5 microcentrais, esse fato pode ter sido influenciado pela crise hídrica que o país tem vivenciando nos últimos anos, com chuvas irregulares e seca frequente. Segundo o Serviço Geológico do Brasil- CPRM (2021) essa crise hídrica da última década é uma das piores vistas no país, como consequência disso, o nível dos reservatórios foi reduzido a níveis críticos. Além dessa crise hídrica outro fato que pode justificar esse declive, é a crise econômica que o país também vem presenciando nos últimos 10 anos.

Segundo Ferrari (2019) o período de 2011 à 2020 foi a pior década da história da economia brasileira em 120 anos, culminando com altas taxas de desemprego, endividamento de famílias impossibilitando investimentos na economia, assim inviabilizando a implantação de novos empreendimentos, Kramer (2022) reforça que o impacto econômico também pode ter sido agravado pela pandemia do COVID-19.

O número de microcentrais de geração hidrelétrica, passou de 1 μ CHs na década de 1950 para 56 μ CHs em 2020, Pereira (2015) justifica esse crescimento nos últimos 70 anos com a criação de órgãos relacionados à geração, gestão manutenção e regularização de projetos hidrelétricos, dentre eles pode-se destacar:

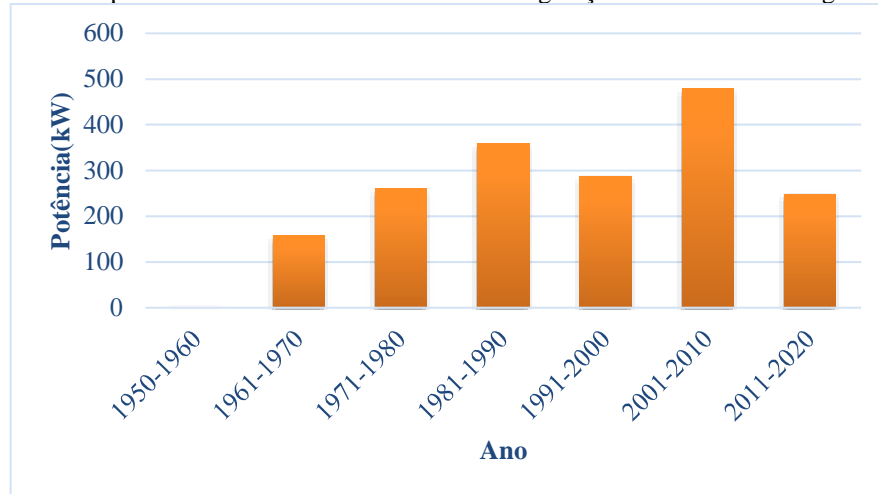
- CHESF – Companhia Hidro Elétrica do São Francisco. Início do projeto de Paulo Afonso I criada em 1945;
- BNDES – Banco Nacional de desenvolvimento Econômico e Social criada em 1952
- CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais 1952
- ELETROBRÁS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A. criada em 1961
- DNAEE – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica criada em 1965
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica criada em 1996
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética (MME) criada em 2004

Cabe ressaltar que das 56 μ CHs, apenas 38 μ CHs estão devidamente catalogadas na base de dados da ANEEL, o que demonstra que falta mais empenho no gerenciamento de empreendimentos desse porte, tendo em vista que eles precisam de outorga preventiva para utilização dos recursos hídricos para fins de geração de energia, conforme a resolução ANA nº 1.938/2017.

A μ CH catalogada como a mais antiga em operação na base de dados da ANEEL é a central Engenheiro Bernardo Figueiredo, localizada no município de Pedreira - SP, entrou em operação em 1950 com capacidade instalada de 1,69kW, porém a resolução autorizativa nº 6.340, de 16 de maio de 2017 apontou que o empreendimento recebeu a autorização pra comercializar energia elétrica e que no mesmo período passou a gerar 1,25 MW, passando da categoria de microcentral para minicentral hidrelétrica, evidenciando que as bases de dados da ANEEL carecem de atualização .

A mais recente μ CH catalogada pela ANEEL é a central Chiquinho Barbosa, localizada em Coqueiral-MG, começou a operar em 2019 com a capacidade instalada de 60,35 kW, porém a resolução da ANEEL n 205, de 6 de junho de 2001 revela que a Central Chiquinho Barbosa teve autorização para operar a partir de dezembro de 2004, gerando 61 kW, a energia gerada é destinada ao uso exclusivo dos interessados.

Na mesma amplitude temporal da Figura 9, a Figura 10 apresenta a potência instalada ao longo dos anos no Brasil.

Figura 10 -Capacidade instalada das centrais de microgeração hidrelétrica ao longo dos anos

Fonte: Elaboração do autor, com base nos dados de ANEEL (2022)

A capacidade instalada no período de 1950 à 1960 era de 1,69 kW, número baixo para um período de 10 anos, como abordado antes a EPE (2020) justifica esse fato pela insuficiência e ineficácia de órgãos responsáveis por fiscalizar, dar concessões e controlar os aproveitamentos para gerar energia elétrica. Bortoleto (2001) também complementa mencionando que na década de 1950, o Brasil passou por um processo político delicado em direção à industrialização. Criando a necessidade de grandes investimentos em infraestrutura para garantir o crescimento econômico, porém ainda não havia estrutura preparada para alcançar efetivamente tais feitos.

Nota-se que na década de 1961 à 1970 a capacidade instalada também aumenta para 158,4 kW, aproximadamente 100 vezes mais do que a potência da década anterior. Como já mencionado o aumento nesse período pode ter derivado da criação da Eletrobrás, que segundo o Diário Oficial da União regida pela Lei n.º 3.890-A, de 25 de abril de 1961, é o órgão responsável por promover estudos, projetos de construção e operação de usinas geradoras, linhas de transmissão e subestações destinadas ao suprimento de energia elétrica do país.

Nos 30 anos seguintes entre 1971 à 2000, se implantou 5 μ CHs por década, com potências relativamente distintas, de 260 kW entre 1971 à 1980, 360kW entre 1981 à 1990 e 288 kW entre 1991 à 2000 respectivamente. Apesar de se ter o mesmo número de μ CHs a potência variou sem crescimento constante, a dificuldade de acesso a estudos feitos e divulgados sobre esse tipo de empreendimento pode ter influenciado, tendo em vista que as microcentrais são empreendimentos de pequeno porte destinados a suprir a demanda energética de pequenos povoados ou de empreendimentos em locais não urbanos, pouca informação é exposta as grandes massas. Na amplitude dos 30 anos, deve-se ressaltar o aumento significativo da potência tida no período de 1981 à 1990 em relação aos outros períodos, esse crescimento. pode

ser justificado pela criação das grandes usinas hidrelétricas (Itaipu e Tucuruí) tal como é abordada na literatura por Pereira (2015), este fato pode ter conscientizado as grandes massas sobre o potencial energético que empreendimentos de aproveitamento hidrelétrico podem ter, assim incentivando o investimento de geração de energia hidrelétrica.

No período de 2001 à 2010 a potência disparou para 479,07kW, a literatura justifica esse disparo quando menciona que o Brasil vivenciou a sua maior crise de energia elétrica, marcada pelas condições hidrológicas extremamente desfavoráveis nas regiões Sudeste e Nordeste.

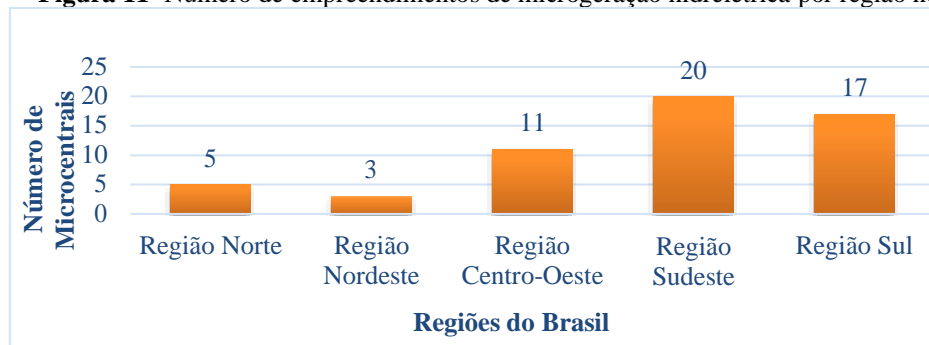
O governo federal criou, a Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica (GCE), com o objetivo de propor e implementar medidas de natureza emergencial para compatibilizar a demanda e a oferta de energia elétrica, de forma a evitar interrupções intempestivas ou imprevistas do suprimento de energia elétrica (ANEEL,2015).

Nos anos seguintes com a criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) e da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) regras para geração, transmissão e comercialização se tornaram acessíveis, deste modo impulsionando a quantidade de investimentos na área de geração hidrelétrica, culminando com mais centrais e conseqüentemente mais potência.

No período de 2011 à 2020 a potência decaiu para 248,45kW por motivos citados no mesmo período visto na Figura 7, a crise hidrológica e econômica vivenciada no país.

A potência total de empreendimentos de microgeração ao final do período em estudo foi de 1795 kW, desconsiderando as microcentrais não catalogadas.

No âmbito do desenvolvimento de empreendimentos de aproveitamento hidrelétrico no Brasil, a Figura 11 apresenta o número de microcentrais nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul.

Figura 11 -Número de empreendimentos de microgeração hidrelétrica por região no Brasil

Fonte: Elaboração do autor, com base nos dados de ANEEL (2022)

Verificou-se na Figura 11 que a região Nordeste apresentou o menor número de empreendimentos de microgeração hidrelétrica, 3 microcentrais hidrelétricas, número que de acordo com a Silva (2021) pode ser justificado pela condição hidrológica crítica da região, já a região sudeste e a região sul, apresentam valores mais altos que as demais regiões, com 20 e 17 microcentrais hidrelétricas respectivamente. Este fato pode ser justificado pela densidade populacional dessas regiões, segundo o IBGE (2013) é no sul e sudeste onde aproximadamente 60% da população brasileira reside, como consequência, há maior consumo de energia, há maior índice de industrialização e há mais abundância de empreendimentos de geração de energia hidrelétrica.

No mesmo contexto, pode-se observar a correlação do número de microcentrais por estados com o número de microcentrais em diferentes regiões do Brasil, conforme a Figura 12 mostra.

Figura 12 - Número de microcentrais por unidade federativa

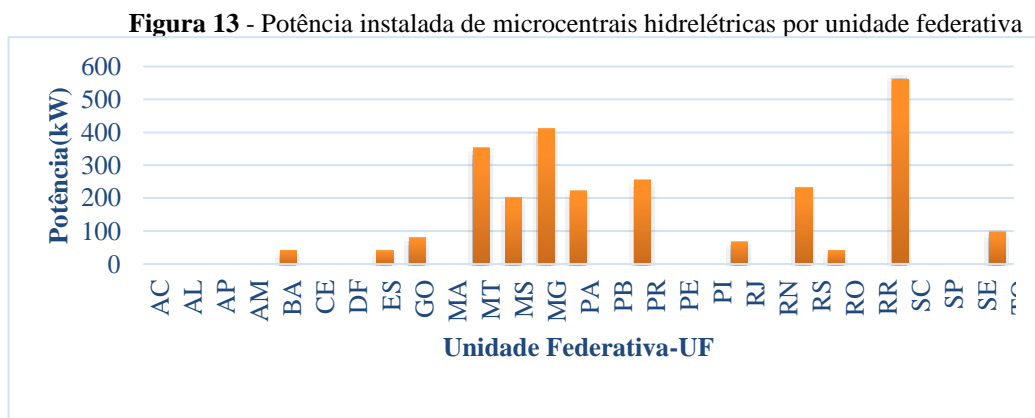
Fonte: Elaboração do autor, com base nos dados de ANEEL (2022)

Nota-se pela Figura 12 que os líderes em número de centrais de microgeração hidrelétrica são os estados de Minas Gerais (MG) e Santa Catarina (SC), representando ambos, a região sudeste e sul respectivamente, com 15 microcentrais para Minas Gerais e 10 microcentrais para Santa Catarina.

O alto número de empreendimentos de microgeração em MG pode ser justificado pela presença incessante de atividades industriais e de agropecuária cujo estado é um dos líderes no Brasil, tal como reforça a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER), já no estado de SC pode se justificar o número através de seu relevo acentuado e propício para geração hidrelétrica também como a alta abundância industrial presente naquela região (BNDES,2014).

Algumas unidades federativas não tem empreendimentos de microgeração hidrelétrica, no caso de: Acre, Alagoas, Amapá, Amazonas, Ceará, Distrito federal, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do norte, Roraima e Sergipe. Com exceção de Amazonas que detém cerca de 40% do potencial hidrelétrico do país se o critério for volume, os outros estados tem um potencial relativamente baixo para produção hidrelétrica outro fator é a geografia inadequada apresentando declividade baixa (Eletrobras,2018).

Em contraste com o que se viu após se analisar o número das usinas ao longo dos anos e sua correlação com o aumento da potência ao longo dos anos, o caso do número de microcentrais nos estados não é necessariamente proporcional a potência produzida neles, pode-se observar isso na Figura 13.



Fonte: Elaboração do autor, com base nos dados de ANEEL (2022)

Após análise viu-se que o estado de MG tem mais microcentrais hidrelétricas, 15 μ CHs e uma potência de 411 kW enquanto que o estado de SC com 10 μ CHs e uma capacidade instalada de 561,49 kW, sendo assim o maior produtor de energia hidrelétrica advinda de microgeração.

Este fato contradiz a literatura que elucida que o estado de Minas Gerais é a primeira região do Brasil a ter o seu potencial hidrelétrico explorado (PEREIRA,2015), segundo o IBGE (2013) é o segundo estado mais populoso com cerca de 21 milhões de habitantes, quase o triplo de habitantes se comparado ao estado de Santa Catarina, não só, mas Minas Gerais também é um dos estados mais industrializados do país, com ênfase na indústria siderúrgica e metalúrgica, e

para Inácio (2021) o estado de Minas Gerais é maior produtor agrícola e pecuário do que Santa Catarina, no mesmo contexto BNDES (2014) menciona que a demanda de energia é maior em MG, e como consequência requer mais potência, por outro lado BNDES (2014) também menciona que Santa Catarina tem melhor geografia e tem maior parte de todo seu potencial explorado, fator que pode justificar a potência que este estado tem instalada.

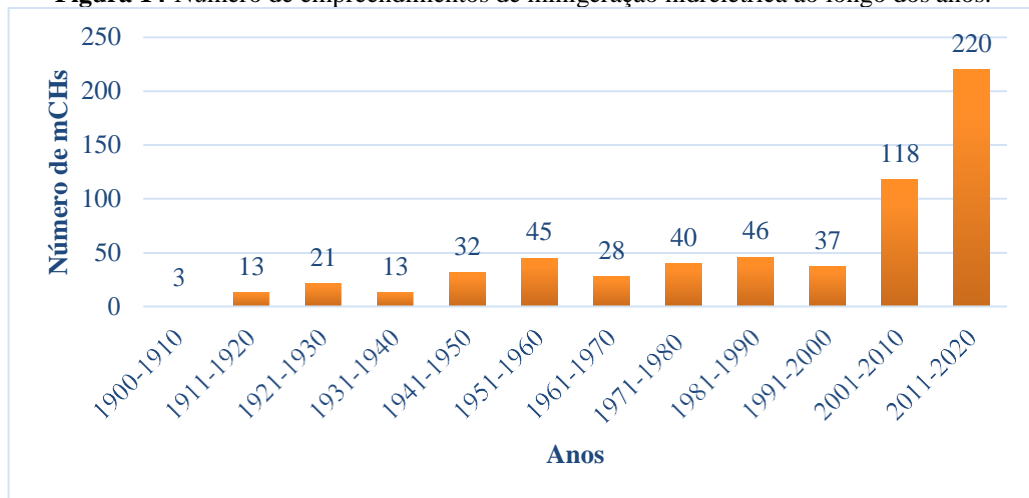
É importante salientar que Mato grosso detém 352 kW de potência com um total de 5 microcentrais hidrelétricas, é o terceiro estado com maior potência na microgeração hidrelétrica do Brasil fato que pra o Governo De Mato Grosso (2018) se deve a sua hidrografia forte, o estado reparte as águas das três bacias hidrográficas mais importantes do Brasil: Bacia Amazônica, Bacia Platina e Bacia do Tocantins.

6.2 As Minicentraís Hidrelétricas (mCHs)

A utilização de energia hidrelétrica no meio rural representa um dos processos mais importantes a serem incentivados no Brasil, pois é fato que a eletrificação rural é fundamental para levar adiante programas de desenvolvimento de uma região. Dessa forma cabe também analisar as minicentraís cuja capacidade de geração vai um pouco além de alimentar apenas um pequeno grupo de residências e passa a alimentar povoados um pouco maiores, pequenas indústrias e dá luz a comercialização de energia.

Nesse contexto, a análise cronológica se torna crucial para entender o processo de desenvolvimento das minicentraís hidrelétricas, como também os fatores que favorecem ou desfavorecem empreendimentos desse tipo. É importante se analisar o número de empreendimentos e a capacidade instalada no contexto geográfico e ao longo do tempo.

Na Figura 14 se apresenta o gráfico do número de minicentraís de geração hidrelétrica (mCH) ao longo dos anos.

Figura 14–Número de empreendimentos de minigeração hidrelétrica ao longo dos anos.

Fonte: Elaboração do autor, com base nos dados de ANEEL (2022)

Considerando uma amplitude de 50 anos a partir de 1900, mais de 82 mCHs foram instaladas. A literatura menciona eventos que podem ter influenciado o número de mCHs instaladas, partindo do começo dos anos 1900 quando pequenos produtores e distribuidores de energia elétrica criaram um movimento conciso para chefiar empresas situadas em municípios economicamente mais fortes, formando grupos que passaram a controlar áreas mais extensas nos territórios estaduais. Exemplos desses movimentos forma a criação da Companhia Brasileira de Energia Elétrica (CBEE), em 1909 e a criação da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) em 1912. Nesse período surgiram as primeiras 3 minicentrals hidrelétricas (FUSP, 2006).

Como consequência se viu naquela época um aumento no número de usinas instaladas, num processo de crescimento constante. Conforme FUSP (2006), na década de 1920, o primeiro órgão oficial relacionado à política setorial foi criado- a Comissão Federal de Forças Hidráulicas, do Ministério da Agricultura, um processo que culminaria com a promulgação do Código de Águas, em 1934.

Outros eventos de destaque foram:

- 1939: Criação do Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica (CNAEE), com o escopo de atuar em todos os assuntos pertinentes ao setor elétrico, desde questões tributárias até planos de interligação de usinas geradoras (ELETROBRÁS, 2006);
- 1945: Criação da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF), com o objetivo de realizar o aproveitamento do potencial hidráulico da cachoeira de Paulo Afonso, e que viria a ser constituída efetivamente apenas em março de 1948(ELETROBRÁS,

2006);

- 1950: Elaboração do Plano de Eletrificação de Minas Gerais, pela Companhia Brasileira de Engenharia (CBE), que derivou na criação da Centrais Elétricas de Minas Gerais S.A. (CEMIG), depois denominada Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), criada em 1952 (FUSP, 2006);

Nos 50 anos posteriores (1951-2000), a quantidade de minicentrais disparou, contanto no final desse período com 196 minicentrais hidrelétricas. A literatura indica que esse aumento de minicentrais pode ter derivado dos seguintes eventos:

- 1960: Criação do Ministério de Minas e Energia (MME) pela Lei n° 3.782, de 22 de julho de 1960. (ELETROBRÁS, 2006);
- 1961: Criação da Centrais Elétricas Brasileiras S. A. (ELETROBRÁS), a qual somente foi organizada de modo efetivo em 1964 (ELETROBRÁS, 2006);
- 1965: Criação do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) com a missão de realizar estudos hidrológicos, fiscalizar, dar concessões e controlar os aproveitamentos das águas e dos serviços de eletricidade (ELETROBRÁS, 2006);
- 1984 a 1985: Início de operação de grandes hidrelétricas em função do crescimento vertiginoso do consumo anual de energia elétrica, destacando-se a Usina Hidrelétrica de Tucuruí (6.495 MW), sob a responsabilidade da ELETRONORTE (1973) e a Usina Hidrelétrica Itaipu (14.000 MW), por intermédio da Itaipu Binacional (1973) (ELETROBRÁS, 2006)
- 1996: Criação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), por meio da Lei n° 9.427, de 26 de dezembro de 1996 (FUSP, 2006),

No período de 2001- 2010 a quantidade de minicentrais foi de 118 mCHs, na época foi a década com maior número de minicentrais instaladas na história do Brasil. Em sincronia com o resultado das microcentrais que também teve um aumento significativo na mesma época, e por se tratar de empreendimentos de aproveitamento hidrelétrico da mesma classe a literatura apresenta fatos similares que podem justificar esse crescimento, no caso ,como visto anteriormente a ANEEL (2015) mostra que esse crescimento pode ter derivado da Lei n° 10.438/2002 responsável pelo nascimento do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) .

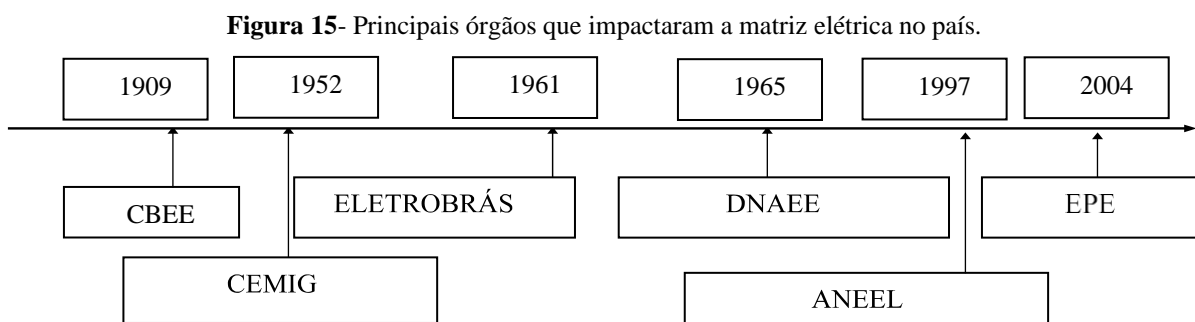
No período de 2011-2020 o número de minicentrais aumentou ainda mais em comparação a década anterior, passou a ter 220 minicentrais hidrelétricas, comportamento oposto ao visto

nas microcentrais no mesmo período, tendo seu valor reduzido devido à crise hidrológica, econômica e sanitária que aconteceu nessa época.

Entretanto, no caso das minicentrals hidrelétricas o número pode ter sido influenciado pela sua eficiência operacional, menor burocracia, menor impactos e baixo custo de implantação, em comparação com as usinas maiores (PCH, UHE), abrangendo assim este mercado que as microcentrais não abrangem por causa da sua baixa potência, tornando-se uma ótima alternativa para usuários que precisam de capacidade de geração maior.

Outro motivo que pode ter influenciado o aumento no número de microcentrais, é a crise sanitária do COVID-19. Algumas medidas extremas foram tomadas para acabar com a pandemia, o país entrou em um *lockdown*, que é um protocolo de emergência usado para controlar a disseminação do vírus, por meio de confinamento de pessoas em casa, considerando este fato e o fato que a principal característica das minicentrals hidrelétricas é abastecer pequenas cidades e regiões rurais, houve um alto consumo de energia elétrica no setor residencial, a EPE (2020) afirmou que o setor residencial foi o único cujo consumo de energia cresceu durante a pandemia.

A Figura 15 representa a linha do tempo que permite visualizar os principais órgãos que impactaram a matriz elétrica no país.



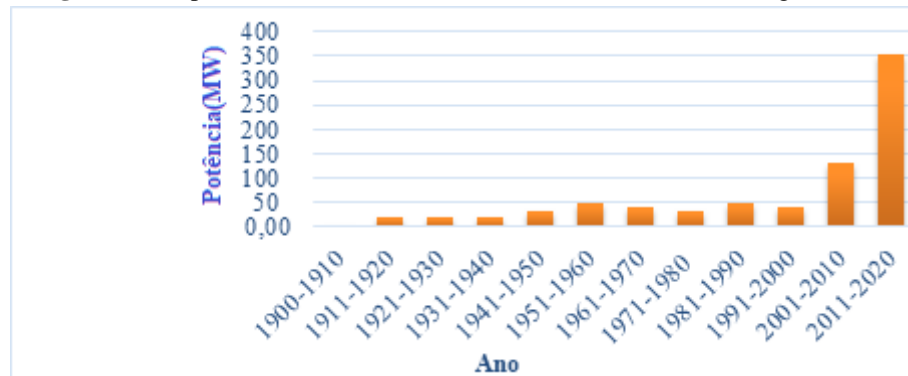
Fonte: Elaboração do autor com base em Pereira (2015).

O número de minicentrals de geração hidrelétrica, passou de 3 mCHs na primeira década (1900-1910) para 685 mCHs no período de 2011-2020, destas apenas 616 mCHs estão devidamente catalogadas na base de dados da ANEEL, em 2020.

Quanto a potência, a minigeração mostraram um aumento significativo da potência. Desde o seu estágio embrionário (1900-1910) ao seu estágio atual (2011-2020) a potência cresceu de 2718,43 kW para 784.108,37 kW ao final do período em estudo., vale salientar que até 2020 a potencial total era aproximadamente 833 000 kW, porém nem todas centrais estão devidamente catalogadas, na base de dados da ANEEL o que dificulta apresentar um valor exato.

A Figura 16 apresenta a capacidade instalada das centrais de microgeração hidrelétrica ao longo dos anos.

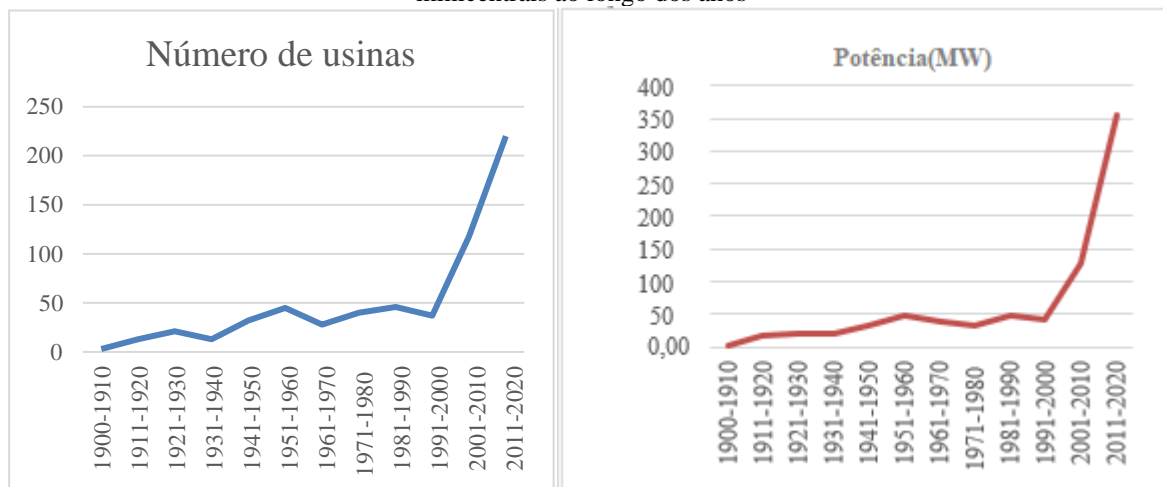
Figura 16- Capacidade instalada das minicentrals hidrelétricas ao longo dos anos



Fonte: Elaboração do autor, com base nos dados de ANEEL (2022)

Devido à alta correlação do gráfico da potência ao longo dos anos e do gráfico de número de usinas ao longo dos anos, a curva dos gráficos é similar, conforme a Figura 17 apresenta.

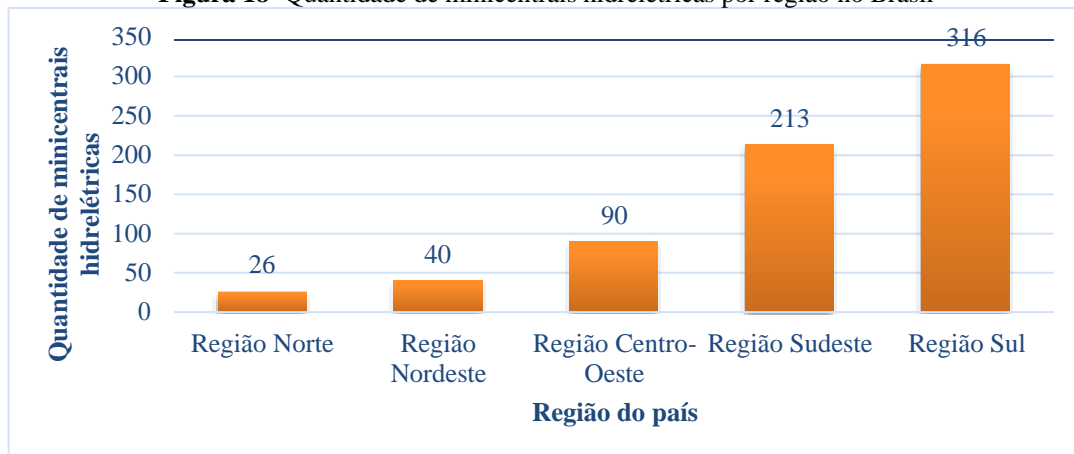
Figura 17- Correlação dos gráficos da potência das minicentrals ao longo dos anos e do gráfico da quantidade de minicentrals ao longo dos anos



Fonte: Elaboração do autor, com base nos dados de ANEEL (2022)

Ao se analisar a similaridade de ambos, viu-se que ao longo dos anos os fatores que influenciaram o aumento do número de mCHs podem também ter influenciado o aumento da potência instalada, é importante anotar que nem sempre quando o número de usinas aumenta a potência aumenta na mesma proporção. Dos fatores que influenciaram cabe destacar a criação das entidades presentes na Figura 15.

A Figura 18 apresenta a quantidade de minicentrals hidrelétricas por região no Brasil, este gráfico apresenta informações concernentes aos fatores que influenciaram o aumento ou diminuição de centrais no Brasil.

Figura 18 -Quantidade de minicentraís hidrelétricas por região no Brasil

Fonte: Elaboração do autor, com base nos dados de ANEEL (2022)

Na análise do gráfico presente na Figura 18, a região Norte apresentou o menor número de minicentraís hidrelétricas, com 26 mCHs, este fato deve ser influenciado pela declividade baixa dos rios, mesmo sendo a região com o maior volume de água do país tem um potencial hidrelétrico muito baixo.

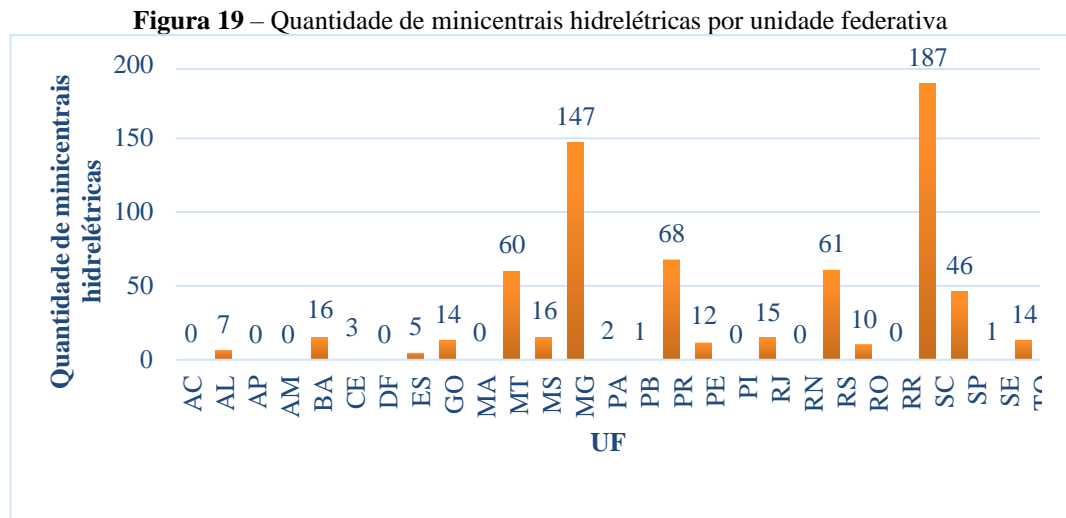
De acordo com Silva (2021) a região Nordeste apresenta 40 minicentraís por causa da sua condição hidrológica crítica. Nesta região chove pouco, tem poucos rios e isso resulta em seca irregular.

A região Centro-Oeste apresenta 90 minicentraís hidrelétricas, diferente do norte e nordeste essa região apresenta uma boa hidrologia quanto uma boa geografia sendo uma das melhores regiões para geração de energia hidrelétrica.

A região Sudeste apresenta 213 minicentraís, um número que não só reflete a presença de condições adequadas para se gerar energia através da força da água, mas também a economia e os constantes investimentos feitos na área. O Sudeste responde por cerca de 50% da carga do Sistema Integrado Nacional (SIN), sendo a principal região consumidora de energia do país. Para atender a sua demanda, a região desenvolveu alternativas como o uso de fontes com menor impacto ambiental e alta eficiência como termoeletricas e CGHs (BNDES,2014).

A região Sul, apresenta o maior número de minicentraís, 316 mCHs, esta região é conhecida por ser historicamente e geograficamente avantajada graças as suas características hidrográficas, sendo a região com mais empreendimentos de aproveitamento hidrelétrico de todas as dimensões no país (BNDES,2014).

O número de minicentrals hidrelétricas por região, pode ser vista com mais detalhes se analisando a quantidade de minicentrals por região, conforme a Figura 19 apresenta.



Fonte: Elaboração do autor, com base nos dados de ANEEL (2022)

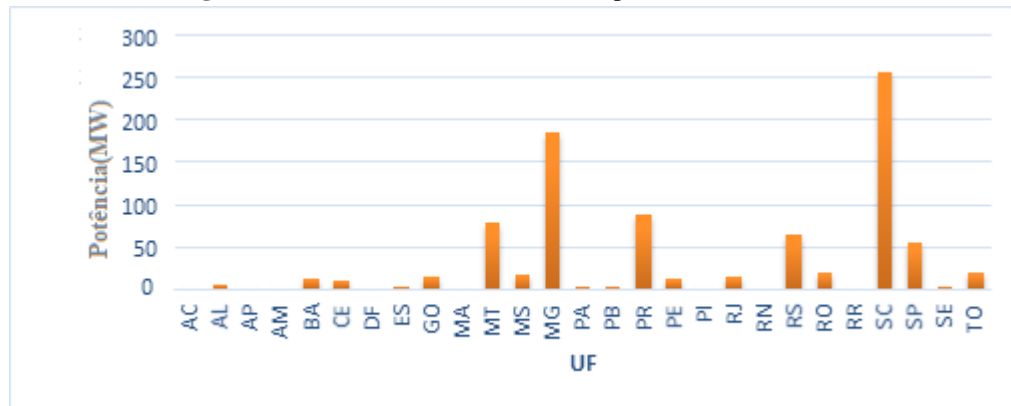
Após análise, viu-se que os estados com maior número de centrais de minigeração hidrelétrica, são os estados de Santa Catarina (SC) e Minas Gerais (MG), representando cerca de 187 CHs e 147 mCHs respectivamente. Em seguida, viu-se que o estado de Paraná e Rio Grande Do Sul, comungam da mesma lógica dos dados mostrando que a região Sul é a região com maior número de minicentrals hidrelétricas.

Outros estados que devem ser mencionados são o estado de São Paulo que é o quinto estado com mais minicentrals e o estado de Mato Grosso que é o sexto estado com mais minicentrals no país, a lógica da Figura 18 é embasada de forma coerente e ordenada pelos números de usinas por estados presentes na Figura 19.

As unidades federativas de: Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Distrito federal, Piauí, Rio Grande do norte e Roraima não possuem nenhum empreendimento de minigeração hidrelétrica, esses dados também complementam o que se viu na Figura 18.

No mesmo contexto, a potência de empreendimentos de minicentraís nos estados, refletem diretamente a quantidade desses empreendimentos no país, tal como a Figura 20 apresenta.

Figura 20 - Potência instalada de mCHs por unidade federativa



Fonte: Elaboração do autor, com base nos dados de ANEEL (2022)

Após se analisar a quantidade de mCHs ao longo dos anos e sua correlação com o aumento da potência ao longo dos anos, o caso da quantidade de mCHs nos estados também é proporcional a potência produzida neles conforme a Figura 20 mostra. Essa análise é ligeiramente diferente da análise feita na Figura 13, cuja configuração era a mesma, porém direcionada a microcentrais, onde viu-se que o estado de Santa Catarina teve menor quantidade de minicentraís que o estado de Minas gerais e ainda assim teve a maior potência. No caso das minicentraís a quantidade de minicentraís é proporcional a potência instalada, quanto maior a quantidade de minicentraís o estado tiver, maior a potência instalada no estado.

6.3 Centrais de geração hidrelétrica (CGH)

As Centrais geradoras hidrelétricas (CGH), caracterizadas por terem uma potência menor ou igual a 5000 kW, é a designação que ANEEL usa para classificar o conjunto de empreendimentos de pequena dimensão como as microcentrais de geração ($P \leq 100$ kW) e as minicentraís de geração hidrelétrica ($100 \text{ kW} < P \leq 5000$ kW).

De acordo com a ANEEL (2022) existem cerca de 741 CGHs no país com uma potência outorgada de cerca de 864.420,67 kW, pode-se observar no mapa que a maior quantidade de microcentrais e minicentraís hidrelétricas está concentrada na região Sul e Sudeste do país, fato que segundo BNDES (2014) pode ter derivado da vantagem hidrográfica e geográfica da região. conforme é apresentada na Figura 21.

Figura 21-Mapa com localização das CGHs no Brasil,2022



Fonte: ANEEL,2022

6.3.1 Vantagem na Implementação de uma CGH

As CGH contêm uma gama de vantagens se comparados aos investimentos de maior potência como as PCHs e as UHEs. Segundo Bender (2008) algumas dessas vantagens são:

- Econômicas: baixos custos de operação e manutenção (O&M);
- Confiável: larga vida útil;
- Eficiência entre 70%-90%;
- Alto nível de predição, dado que seu funcionamento é contínuo;
- Baixa taxa de variabilidade instantânea com mudanças no tempo;
- Impacto ambiental reduzido em comparação aos empreendimentos de médio porte e grande escala;
- Garantia na implementação dada a experiência no país;
- Cenário legal e ambiental favorável.

As características das CGHs representam, uma forma rápida e eficiente de se promover a expansão da oferta de energia na matriz elétrica, com o intuito de suprir a crescente demanda vista no mercado nacional. Esse tipo de central possibilita um melhor atendimento às necessidades de carga de pequenos centros urbanos e regiões rurais, promovendo o desenvolvimento daquela região (ANEEL, 2003).

6.4 Conexão da Microgeração e minigeração Hidrelétrica à Rede Elétrica

Segundo a legislação nacional o consumidor cativo pode gerar a própria energia por meio de sistemas de micro ou minigeração. No entanto, para fornecer o excedente para a rede de distribuição elétrica local, o consumidor deve seguir os procedimentos para viabilização de acesso conforme a resolução normativa nº 482/2012 da ANEEL, essa resolução trata da micro e da minigeração distribuídas de energia elétrica, e das inovações que podem aliar economia financeira, consciência socioambiental e autossustentabilidade ao empreendimento.

Os estímulos à geração distribuída se justificam pelos potenciais benefícios que tal modalidade pode proporcionar ao sistema elétrico. Entre eles, estão o adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, o baixo impacto ambiental, a redução no carregamento das redes, a minimização das perdas e a diversificação da matriz energética.

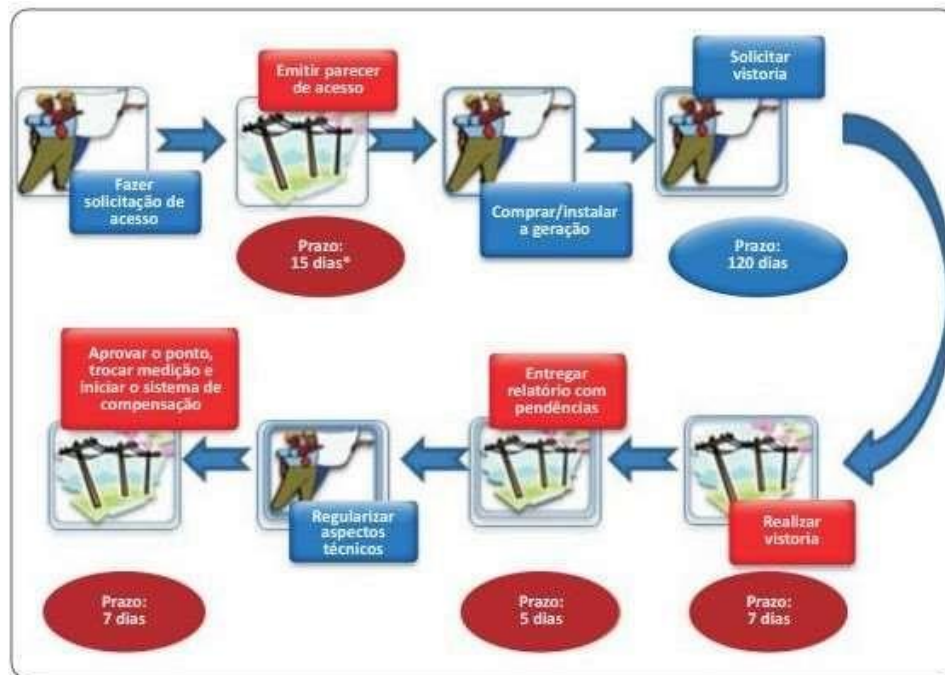
As etapas para a viabilização de acesso são: consulta de acesso, informações de acesso, solicitação de acesso e parecer de acesso (ANEEL, 2016).

O procedimento de consulta e solicitação de acesso deve ser solicitado com antecedência na distribuidora titular de concessão da região onde pretende-se realizar a instalação do sistema de geração distribuída.

Em caso de inconsistência na documentação, a distribuidora pode indeferir a solicitação. No entanto, caso não haja irregularidades a distribuidora emitirá uma ata aprovando o processo juntamente com todos os requisitos técnicos para a conexão (ANEEL, 2016).

Por meio da aprovação da vistoria técnica o gerador está apto para ser conectado à distribuidora local. Na Figura 22 são apresentadas as etapas e prazos do procedimento de acesso que devem ser seguidos pelo consumidor e pela distribuidora (ANEEL, 2016).

Figura 22-Procedimentos e etapas de acesso



Fonte: ANEEL (2016).

6.5 Licenciamento Ambiental

O processo de licenciamento e viabilização de empreendimentos hidrelétricos para sistemas de pequeno porte com potência instalada inferior a 5 MW e uma área inundada inferior a 100 hectares, dependem do Estudo Ambiental Simplificado (EAS), previsto na Lei nº 14.675/2009 e Resolução CONSEMA nº 98/2017.

O empreendimento será avaliado podendo ser aprovado e liberado para execução das atividades em um prazo de até 4 anos, bem como sua implantação e operação, de acordo com os controles ambientais aplicáveis a serem definidos pelo órgão ambiental licenciador (IMA, 2019). Segundo IMA (2019 o procedimento para liberação ambiental consiste em três etapas:

- Licenças Ambientais Prévias (LAP), que fazem parte da primeira etapa do processo de liberação ambiental e dão a viabilidade do local do empreendimento;
- Licenças Ambientais de Instalação (LAI), que permitem o início das obras, cumprindo diversas ações de meio ambiente;
- Licenças Ambientais de Operação (LAO), que permitem a entrada em operação dos empreendimentos

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A geração de energia elétrica por meio de microcentrais e minicentrais hidrelétricas é visto como uma ótima alternativa para o suprimento da demanda energética em pequenas cidades ou no meio rural. Este modelo proporciona uma série de benefícios operacionais, econômicos e socioambientais. Por se tratarem de usinas de pequeno porte, exigem que a área alagada em torno dos rios seja menor do que em grandes hidrelétricas convencionais, reduzindo a interferência na bacia hidrográfica e todo o potencial impacto que possa ser causado.

Diante da importância do tema, esse trabalho buscou a realização de um estudo, com o objetivo de analisar o desenvolvimento de microcentrais e minicentrais hidrelétrica no panorama nacional de modo a avaliar os fatores que possibilitaram a expansão e a limitação desses empreendimentos ao longo dos anos e as. Desse modo, verificou-se a necessidade de aplicação de metodologias para analisar cronologicamente os eventos, órgãos ou entidades responsáveis pelo desenvolvimento do setor hidrelétrico no Brasil.

Os resultados obtidos ressaltaram o impacto de decisões políticas no desenvolvimento do setor elétrico nacional, a criação de entidades reguladoras com o papel de autorizar e fiscalizar empreendimentos de aproveitamento hidrelétrico, foi determinante para o surgimento de mais centrais de geração hidrelétrica ao longo da história.

REFERÊNCIAS

ABRAPCH disponível em: <https://abrapch.org.br/2014/03/o-que-sao-pchs-e-cghs/> Acesso em 27 jan 2022

ANEEL **SIGA**. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNjc4OGYyYjQtYWYyM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQOLWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOiR9>. Acesso em 01 jan. 2022

ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil** 2002. p. 153, 2002

ANEEL. **Cadernos Temático**. 2015.

ANEEL. **Mini e Microgeração Distribuída** – Sistema de Compensação de Energia Elétrica. Brasília, 2014.

ANEEL. Energia Hidráulica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**, p. 49–61, 2008.

ANEEL **Resolução Normativa Nº 875, De 10 De Março De 2020** disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-normativa-n-875-de-10-de-marco-de-2020-248070610> acesso em 15 dez. 2021

ANEEL. **Produtor independente de energia elétrica - PIE**. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/busca?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=%2Fweb%2Fguest%2Fbusca&_101_assetEntryId=15053843&_101_type=content&_101_groupId=6568. Acesso em: 4 dez. 2021.

ANEEL. **Relatório Evolução das Tarifas Residenciais**, 2020. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/relatorio-evolucao-tarifas-residenciais>. Acesso em: 6 dez. 2021

ANEEL. Resolução normativa. v. 66,n.482, p. 37–39, 2012.

BENDER, V.C.; *et al.*. Estudo sobre microcentrais hidrelétricas como uma alternativa eficiente. **Salão do Conhecimento**, 2009.

BOCCHINI, B. Milagre para uns, crescimento da economia foi retrocesso para maioria Disponível em: [https://agenciabrasil.ebc.com.br/politica/noticia/2014-03/milagre-para-uns-crescimento-da-economia-foi-retrocesso-para-maioria#:~:text=O%20forte%20crescimento%20da%20economia,Produto%20Interno%20Bruto%20\(PIB\).jh](https://agenciabrasil.ebc.com.br/politica/noticia/2014-03/milagre-para-uns-crescimento-da-economia-foi-retrocesso-para-maioria#:~:text=O%20forte%20crescimento%20da%20economia,Produto%20Interno%20Bruto%20(PIB).jh). Acesso em 01 fev. 2022

BORTOLETO, E. M. A implantação de grandes hidrelétricas: desenvolvimento, discursos impactos. **Geografares**. 2001.

BP-British Petroleum. **Statistical Review of World Energy**. disponível em :2020) <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf> Acesso em 20 de jan. 2022

CARVALHO, P; BORGES NETO, M. R. **Geração de energia elétrica**. São Paulo: Abdr, 2018.

CEMIG.; **História da eletricidade no Brasil**. Disponível em: http://www.cemig.com.br/pt-br/a_cemig/Nossa_Historia/Paginas/historia_da_eletricidade_no_brasil.aspx. Acesso em 01 de dez 2021.

CPRM, D. O. Guia de procedimentos técnicos do Departamento de Gestão Territorial 1: cartas geotécnicas de aptidão para urbanização, v.2, versão 2021.

DE BARRAGENS-CBDB, COMITÊ BRASILEIRO. **A História das Barragens no Brasil: Séculos XIX, XX e XXI**. Ed. Corrado Piasentin. Rio de Janeiro, 2011.

DÍAZ, A. *et al.* Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado». **Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica**. 2016.

ELETROBRAS, C. **Diretrizes para projetos de pch da viabilidade da usina no local**. 2020.

ELETROBRÁS. **Diretrizes para estudos e projetos**. Disponível em: <https://eletrobras.com/pt/Paginas/Manuais-e-Diretrizes-para-Estudos-e-Projetos.aspx>. Acesso em 02 jan. 2022.

ELETROBRAS. **Manual de microcentrais hidrelétricas**, 1985

ELETROBRAS. **Manual de pequenas centrais hidrelétricas**. São Paulo. 2006

ENGIOPRA Engenharia Civil e **Construção. Micro Usina Hidrelétrica**. Disponível em: www.engiobra.com/. Acesso em 15 de jan. 2022

EPE. 2016. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2016: Ano base 2015 / EPE: Rio de Janeiro**.

EPE. 2017. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia**. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PNE/Forms/Empreendimento.aspx> Acesso em 09 de jan de 2022

EPE. **Matrize Nergética**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 4 ago. 2021.

EPE.. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2026 / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília.,2021**

FERRARI, H. **2011 a 2020 a pior década da história da economia brasileira em 120 anos**. disponível em: [//www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/economia/2019/06/23/internas_economia,764945/2011-a-2020-a-pior-decada-da-historia-da-economia-brasileira-em-120-a.shtml](http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/economia/2019/06/23/internas_economia,764945/2011-a-2020-a-pior-decada-da-historia-da-economia-brasileira-em-120-a.shtml). Acesso em 17 de jan 2022.

Fundação Universidade de São Paulo-FUSP “**A história da eletricidade no Brasil**.” 2006. Disponível em <<http://www.sel.eesc.sc.usp.br/protecao/conteudodehistoricobrasil.htm>>. Acesso em: 01 de fevereiro de 2022

GOLDEMBERG, J. *et al.* Chapter 10: Rural energy in developing countries. World energy assessment: **Energy and the challenge of sustainability**, n. 10, p. 367– 389, 2000.

HIDREO, disponível em : hidreo.com.br acesso 22 jan 2022.

IBGE –**Projeções da População do Brasil -2013**

ICOLD, 2007 - **An educational book that explains how dams help to manage the world's water. International Commission on Large Dams**, Paris, 2007.

IEA,**world energy outlook 2021** disponível em :<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>Acesso em 2 de fev. 2022.

IMA. **Produção de energia hidrelétrica** - Instrução normativa N°44. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., p. 1–23, 2019.

INACIO Alexandre,**estados mais agro do brasil** disponível em :<https://www.bloomberglinea.com.br/2021/11/17/quais-sao-os-5-estados-mais-agro-do-brasil/> Acesso em 24 de jan 2022

JANSEN, Robert B. **Dams and public safety**. US Department of the Interior, Bureau of Reclamation, 1983.

KRAMER J, P. **legados pandemia covid-19 economia brasileira** disponível em:<https://www.gazetadopovo.com.br/economia/legados-pandemia-covid-19-economia-brasileira/> Acesso 24 jan 2022.

LOPES, Germanna da Costa. **as opções dos atingidos por hidrelétricas**. 2011.

PEREIRA, Geraldo Magela. **Projeto de Usinas Hidrelétricas: passo a passo**. Oficina de Textos, 2015.

PINTO, Priscila Dias; DOS REIS PEREIRA, Airton. **Possíveis Impactos Da Hidrelétrica De Marabá Na Vida Dos Moradores Da Vila Espírito Santo**.2018

REN21, ADIB, Rana *et al.* **Renewables global status report**. REN21 Secretariat, Paris, France, v. 162, 2015.

SANTOS R.L., GÓMEZ, J. R. M. **A Usina Hidrelétrica De Tijuco Alto (Vale Do Ribeira) No Contexto Dos Conflitos Gerados Pela Construção De Barragens**. *A Revista da Geografia do Trabalho*, v. 12, n. 2, 2011.

SILVA, E. M.*et al.* **Registros de Queimadas em Vegetação (Incêndios) e a Climatologia da Chuvas no Estado do Ceará: Estudo de Caso no Período de 2015 a 2019**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 36, p. 571-577,