



UNILAB

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

DIMAS TEIXEIRA LIMA

**USINA HIDRELÉTRICA (UHE) NO BRASIL: GERAÇÃO DE ENERGIA E
IMPACTOS AMBIENTAIS**

REDENÇÃO - CE

2022

DIMAS TEIXEIRA LIMA

**USINA HIDRELÉTRICA (UHE) NO BRASIL: GERAÇÃO DE ENERGIA E
IMPACTOS AMBIENTAIS**

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

2022

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

Lima, Dimas Teixeira.

L732u

Usina hidrelétrica UHE no Brasil: geração de energia e impactos ambientais / Dimas Teixeira Lima. - Redenção, 2022.
71f: il.

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

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

1. Usinas Hidrelétricas. 2. Impactos Ambientais. 3. Licenciamento Ambiental. I. Título

CE/UF/BSCA

CDD 621.37

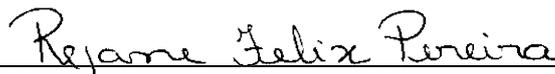
DIMAS TEIXEIRA LIMA

**USINA HIDRELÉTRICA (UHE) NO BRASIL: GERAÇÃO DE ENERGIA E
IMPACTOS AMBIENTAIS**

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.

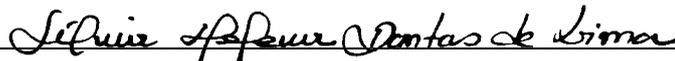
Aprovado em: 28/01/2022

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)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a Deus por ter me fortalecido em cada momento para que eu pudesse superar os desafios e as dificuldades.

Aos meus pais, Judite Lima e Anastácio Lima pela vida, pela dedicação, pelo amor incondicional, pelo esforço, pois, esse é o maior presente que eu posso lhes dar. Por me darem forças e me apoiarem em todos os momentos da minha vida, por se abdicarem de várias coisas da vida e não medir esforços para que os meus sonhos se realizem e para que eu alcance os meus objetivos almejados.

A minha irmã Julileya Marinho, pelo cuidado, carinho e pela contribuição no meu amadurecimento.

A Geysa e Fábio, por me terem dado um segundo lar longe do meu país, por estarem sempre disponíveis todas as vezes que eu precisei. Pela amizade consolidada, pelo ombro amigo, pelos conselhos, puxões de orelha e por sempre estarem ao meu lado dando apoio, incentivo e por acreditarem sempre em mim que poderia sempre ser e dar o meu melhor.

A Aline (Lualininha), por ter sido quase uma psicóloga para mim, por ter me aconselhado de todas formas e que, se hoje esse trabalho está sendo concluído, parte é graças ao apoio dela. Agradecer em especial, Maise pelo apoio, carinho, paciência que teve comigo durante e por toda ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

Aos “Otaros da Xiringada”, Geysa, Thaís, Maise, Carla, Márcia e Léo pelos anos de amizade, convivência e carinho.

Agradecer a minha querida orientadora Rejane Félix por todo carinho e empenho a mim dedicado. Agradecer por acreditar em mim e na proposta do trabalho, pelas orientações e os incentivos para que eu pudesse concluir.

Ao Emerson que foi irmão, amigo e conselheiro. Só eu sei o quão especial é a tua sua amizade para mim, fica aqui o meu muito obrigado.

Aos meus amigos de longas datas, Aguzildo, Djosel, Egas, Raydel, Milco, Brian, Mauro Santos, Afanasio, Sergio Ebo, Sandro Moniz, Sandro Constantino, Fonseca Da Luz, Alana, Clara, Silvana. Agradeço também aos amigos feitos durante o curso por compartilharmos juntos dessa vida árdua de universitários

A todas as outras pessoas que por motivo de esquecimento momentâneo não foram citadas anteriormente neste trabalho, vou deixando neste espaço as minhas sinceras desculpas.

“Tenha fé, porque até no lixão nasce flor.”

Racionais MC's

RESUMO

A matriz energética de um país reflete os desafios ambientais e econômicos que foram e que serão travados ao longo do tempo. A matriz energética mundial apresenta uma característica de uso de fontes não renováveis, em que apresentou uma taxa de 86% baseada em combustíveis poluentes no ano de 2018. Em oposição a esta tendência mundial, no mesmo ano, o Brasil apresentou um percentual de não renováveis de 55%. Quando se trata de geração de eletricidade a discrepância é ainda mais acentuada. Em 2018 enquanto 75% da energia elétrica gerada no mundo foi proveniente de fontes não renováveis, no Brasil, esse percentual foi de apenas 17%. Desta forma, o Brasil segue se destacando quanto a geração de energia elétrica renovável, principalmente oriunda de fonte hídrica, que compõem a base da geração de energia elétrica brasileira. As construções hidrelétricas são classificadas de acordo com sua capacidade de geração e tamanho do reservatório, quando este for necessário, em: usinas hidrelétricas (UHE), pequenas centrais hidrelétricas (PCH) e centrais de geração hidrelétrica (CGH). O grande entrave destes empreendimentos refere-se à morosidade no processo de licenciamento ambiental, principalmente, quando se utiliza uma grande área de inundação, e as incertezas relativas as exigências socioambientais que reduzem sua competitividade. Com relação a capacidade de geração desta fonte no Brasil, observou-se um aumento de 60,3% entre 2012 e 2016. Já nos quatro anos seguintes, houve uma redução para 59%, em consequência da crise hídrica de 2020 e de investimentos em outras fontes alternativas de energia elétrica. Apesar dos desafios deste tipo de fonte de geração, deve-se frisar que as usinas hidrelétricas têm uma grande contribuição para o desenvolvimento social e econômico do país. Assim, o futuro da matriz elétrica brasileira parece ser em direção a diversificação de investimentos, seja em alternativas renováveis não convencionais para geração elétrica, como, em reativação e construção de pequenos empreendimentos hidrelétricos distribuídos.

Palavras-Chave: Usinas Hidrelétricas. Impactos Ambientais. Licenciamento Ambiental.

ABSTRACT

The energy matrix of a country reflects the environmental and economic challenges that have been and will be faced over time. The world energy matrix has a characteristic of using non-renewable sources, in which it presented a rate of 86% based on polluting fuels in the year 2018. In opposition to this global trend, in the same year, Brazil presented a percentage of non-renewable of 55%. When it comes to electricity generation, the discrepancy is even more pronounced. In 2018, while 75% of the electricity generated in the world came from non-renewable sources, in Brazil, this percentage was only 17%. In this way, Brazil continues to stand out in terms of renewable electricity generation, mainly from water sources, which form the basis of Brazilian electricity generation. The hydroelectric constructions are classified according to their generation capacity and size of the reservoir, when necessary, in: hydroelectric plants (HPP), small hydroelectric plants (SHP), and hydroelectric generation plants (HGP). The major obstacle for these projects refers to the slowness in the environmental licensing process, especially when using a large flood area, and the uncertainties related to socio-environmental requirements that reduce their competitiveness. Regarding the generation capacity of this source in Brazil, there was an increase of 60.3% between 2012 and 2016. In the following four years, there was a reduction to 59%, as a result of the 2020 water crisis and investments in other alternative sources of electricity. Despite the challenges of this type of generation source, it should be noted that hydroelectric plants make a great contribution to the country's social and economic development. Thus, the future of the Brazilian electricity matrix seems to be towards the diversification of investments, whether in non-conventional renewable alternatives for electricity generation, such as in reactivation and construction of small distributed hydroelectric projects.

Keywords: Hydroelectric Power Plants. Environmental Impacts. Environmental Licensing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Matriz Energética Mundial 2018	13
Figura 2 - Matriz Energética Brasileira 2018	14
Figura 3 - Matriz Elétrica Mundial 2018.....	15
Figura 4 - Matriz Elétrica Brasileira 2021	16
Figura 5 - Niágara Falls	19
Figura 6 - Usina de Marmelos	20
Figura 7 - Usina Hidrelétrica	22
Figura 8 - Reservatório de Regularização	23
Figura 9 - Reservatório de Usina a Fio d'água.....	23
Figura 10 - Canal de Adução.....	24
Figura 11 - Conduto Forçado.....	25
Figura 12 - Esquema de um Gerador e uma Turbina de uma Usina Hidrelétrica	26
Figura 13 - Ilustração das turbinas Pelton, Francis e Kaplan	27
Figura 14 - Central de Represamento	28
Figura 15 - Central de Desvio.....	28
Figura 16 - Central de Derivação	28
Figura 17 - Capacidade instalada de geração no Brasil (MW).....	42
Figura 18 - Empreendimentos em construção no Brasil em 2021.....	43
Figura 19 - Quantidade de Usinas Hidrelétricas no Brasil	44
Figura 20 - Usinas Hidrelétricas com Construção não Iniciada	45
Figura 21 - Quantidade de UHEs por Estado Brasileiro	46
Figura 22 - Capacidade Instalada por Estado	46
Figura 23 - Geração elétrica por região no Brasil (GWh)	48
Figura 24 - Potência Outorgada por ano no Brasil (MW)	49
Figura 25 - Quantidade das principais UHEs por ano no Brasil	50
Figura 26 - Potência Outorgada das principais UHEs que entraram em operação por ano no Brasil (MW).....	50
Figura 27 - Matriz Elétrica Brasileira em 2020.....	52
Figura 28 - Balanço de produção de energia em 15 de julho de 2021	53
Figura 29 - Volume equivalente do SIN (%).....	55
Figura 30 - Volume equivalente do SIN (%).....	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
ANA	Agência Nacional de Águas
ANCE	Agência Nacional dos Consumidores de Energia
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ABRAPCH	Associação Brasileira de PCHs e CGHs
BEN	Balanco Energético Nacional
BIG	Banco de Dados de Geração
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CMSE	Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CREG	Câmara de Regras Excepcionais para Gestão Hidroenergética
DRDH	Declaração de Reserva de Disponibilidade de Recursos Hídricos
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GEE	Gases de Efeito Estufa
GW	gigawatts
IAB	Instituto Acende Brasil
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	<i>International Energy Agency</i>
IEPHA	Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
kW	Quilowatts

km ²	Quilômetros quadrados
LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação
LP	Licença Prévia
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energias
MW	megawatts
PEC	Proposta de Emenda Constitucional
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PNRH	Plano Nacional de Recursos Hídricos
RDV	Programa de Redução Voluntária
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SEMA	Secretaria de Estado do Meio Ambiente
SIN	Sistema Interligado Nacional
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
TWh	Terawatt-hora
UHE	Usina Hidrelétrica
UTE	Usina Termelétrica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 FONTES DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	13
2.1 Fontes Hídricas para Geração Elétrica	18
2.2 Componentes de uma Usina Hidrelétrica	21
2.2.1 Reservatório	22
2.2.2 Circuito Hidráulico	23
2.2.3 Casa de Força (Casa de Máquinas)	26
2.2.4 Arranjos	27
3 LICENÇA AMBIENTAL PARA PROJETOS HIDRELÉTRICOS	30
3.1 Impactos Ambientais	35
3.2 Análise Socioeconômico e Ambiental das Barragens das Usinas Hidrelétricas.....	37
3.3 Itaipu à exemplo dos Impactos Socioambientais	39
4 ANÁLISE DA GERAÇÃO DA ENERGIA HIDRELÉTRICA NO BRASIL	41
4.1 Comparativo da Geração Hídrica com Outras Fontes de Geração	41
4.2 Análise da Geração das UHEs no Brasil	43
4.2.1 Análise da Geração das UHEs por região brasileira	48
4.2.2 Análise das Potências Outorgadas	49
4.3 Crise Hídrica e o Impacto na Geração Elétrica	50
4.4 Crise Hídrica e o Impacto na Economia	53
5 PERSPECTIVAS DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO PARA 2022	57
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXO A	67

1 INTRODUÇÃO

O setor energético mundial tem levantado preocupação com o aumento dos custos de geração de energia e com as questões climáticas que estão atreladas ao aumento de sua demanda, buscando-se assim meios ambientalmente mais eficientes de geração em suas mais variadas formas. Os problemas causados pelo uso de fontes poluentes têm gerado debates no mundo todo, fazendo com que os países busquem a diversificação da matriz energética, substituindo fontes convencionais poluentes por fontes alternativas renováveis, sobretudo para geração da energia elétrica.

Uma vez que, para atender a demanda do crescimento populacional e impulsionar o desenvolvimento das nações, os governos investiram no uso das fontes não renováveis para produção de energia elétrica como carvão mineral, petróleo e seus derivados. De acordo com Abreu, (2008), o uso dessas fontes não renováveis acelerou o aquecimento do planeta, sendo o carvão mineral o combustível mais utilizado na matriz elétrica mundial, mesmo sendo considerado uma fonte de energia não renovável e que apresenta impactos adversos ao meio ambiente desde a sua geração e utilização.

O desafio atual é, portanto, buscar fontes mais sustentáveis de geração de energia elétrica que possam atender a demanda e ao mesmo tempo provocar o menor impacto negativo possível ao meio ambiente. Assim, com relação à geração de energia elétrica por fontes renováveis, o Brasil apresenta-se como pioneiro no cenário mundial. No país a fonte hídrica compõe a base da geração de energia elétrica, sendo classificadas de acordo com seu potencial de geração e tamanho do reservatório, quando necessário, em usinas hidrelétricas (UHE), pequenas centrais hidrelétricas (PCH) e centrais de geração hidrelétrica (CGH).

Os benefícios socioambientais da implementação dos empreendimentos hidrelétricos no Brasil se dão por aspectos da sua geração, como geração de energia renovável não intermitente, ou seja, as hidrelétricas são capazes de sustentar a sazonalidade da própria demanda (GONÇALVES, 2020).

Caracterizando-se por como uma fonte renovável e sustentáveis, as fontes hídricas ainda assim provocam impactos ambientais adversos e esses impactos podem ser ainda mais significativos quando esses empreendimentos possuem grandes reservatórios, como é o caso das UHEs. Apesar disso, no Brasil, a geração de energia por meio das UHEs sempre esteve na liderança frente às de menor porte.

Em face a importância e dependência do país em relação a geração hidrelétrica, é importante analisar a demanda das UHEs no Brasil, bem como sua distribuição territorial, a situação dos empreendimentos nos estados brasileiros, em que elas tiveram maior desenvolvimento, e as perspectivas deste tipo de geração quando observadas as demais fontes de geração de energia que formam a matriz elétrica nacional. Além disso, deve-se avaliar quais os caminhos ou processos ambientais anteriores a sua construção e operação, bem como as questões sociais, culturais e territoriais envolvidas na sua implementação.

Desta forma, o presente trabalho analisa, através de levantamento de referencial bibliográfico, a situação da matriz elétrica Brasileira, dando ênfase a geração hidrelétrica do país. Foram consultados textos acadêmicos, livros, dissertações, websites, artigos científicos e jornalísticos e a legislação vigente, que descrevem a situação da geração das usinas hidrelétricas no Brasil e seus desafios. Sendo avaliados ainda questões relacionadas à concessão ambiental para a construção de usinas hidrelétricas no Brasil. Apresentando-se por fim sugestões de como lidar com a nova realidade energética mundial, em direção a uma matriz energética mais limpa, sustentável e diversificada.

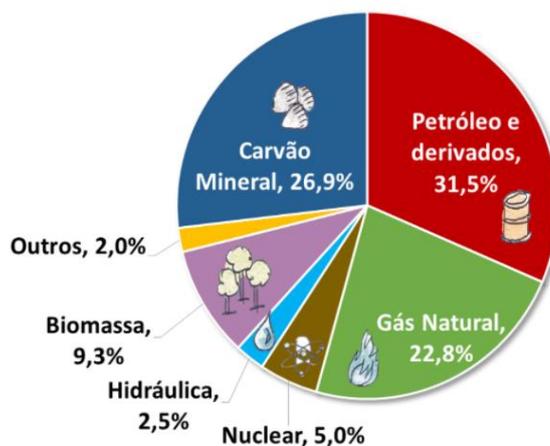
2 FONTES DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Sem a energia o mundo entraria em colapso, isto porque tudo no universo funciona à base da energia, desde a fauna, a flora, os oceanos, os planetas do sistema solar, absolutamente tudo funciona à base da energia. A palavra “energia” vem do grego “en” que significa “em” e “ergos” que significa “trabalho, ação”, ou seja, é a capacidade de produzir um trabalho ou realizar uma ação (OLIVEIRA, 2018).

A energia pode ser obtida ou gerada a partir de várias fontes. E essas fontes estão classificadas em fontes renováveis, como a biomassa, a energia hídrica, energia geotérmica, energia solar e energia eólica e as fontes não renováveis, como petróleo, energia nuclear gás natural e carvão mineral (ANEEL, 2021).

As fontes renováveis são aquelas consideradas inesgotáveis ou infinitas, pois a sua quantidade se renova à medida que é utilizada. Elas estão presentes na matriz energética mundial e brasileira por serem consideradas “energia limpa”, por emitirem quantidade reduzida de gases responsáveis por causar o efeito estufa (GEE). Tais fontes são utilizadas para geração de energia para diversos fins, tais como, transporte, processos industriais (aquecimento), agropecuária e eletricidade. A Figura 1 apresenta a matriz energética mundial, na qual as fontes renováveis juntas correspondem a aproximadamente 14% da matriz mundial, e destes 2% correspondem à energia eólica, solar e geotérmica legendadas como “Outros”.

Figura 1 - Matriz Energética Mundial 2018

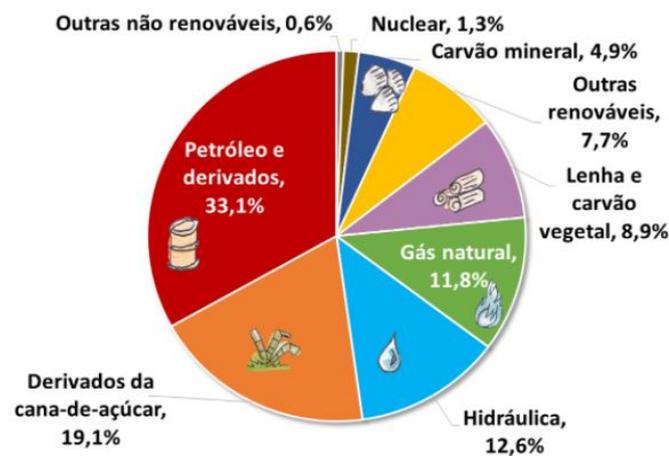


Fonte: IEA, 2021.

Assim, observa-se que no ano de 2018 grande parte da energia foi produzida a partir de fontes não renováveis. Isso ocorre, pois, essas fontes, além de possuírem preços mais atrativos, tem rendimento elevado e por apresentarem tecnologias já consolidadas. Desta forma as fontes não renováveis corresponderam, naquele ano, a aproximadamente 86% de toda matriz energética mundial (EIA, 2021).

Segundo o Balanço Energético Nacional - BEN (2021), a matriz energética brasileira, ao contrário da mundial, utiliza mais fontes renováveis quando comparada ao resto do mundo, apesar do consumo de energia proveniente do petróleo e seus derivados ser superior, o que se verifica ao se comparar as Figuras 1 e 2.

Figura 2 - Matriz Energética Brasileira 2018



Fonte: BEN, 2021.

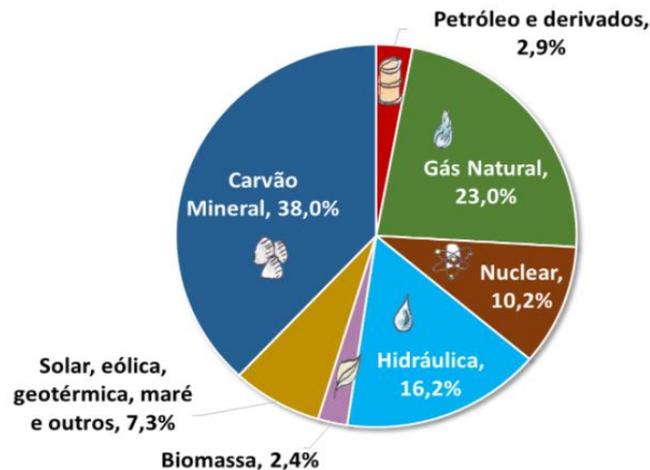
De acordo com a Figura 2, ao somar os derivados da cana-de-açúcar, lenha e carvão vegetal, outras renováveis e hidráulica, o percentual das fontes renováveis na matriz energética brasileira é de 48,3%, sendo superior ao percentual de fontes renováveis da matriz energética mundial.

Desta forma, comparando-se as duas matrizes energéticas, é possível verificar que no ano de 2018 o consumo de energia proveniente das fontes não renováveis no mundo foi de 86% enquanto no Brasil o percentual foi de 55%. Logo, em relação as fontes renováveis a matriz energética brasileira é mais renovável do que a mundial (45% no Brasil e 14% no mundo).

Quando se trata de energia para geração de eletricidade a matriz mundial e a matriz brasileira também divergem. Conforme *International Energy Agency - IEA* (2021), em 2018 a Matriz Elétrica Mundial apresentou a geração de energia elétrica baseada, principalmente, nos

combustíveis fósseis como óleo e gás natural, carvão e termelétricas, como ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Matriz Elétrica Mundial 2018



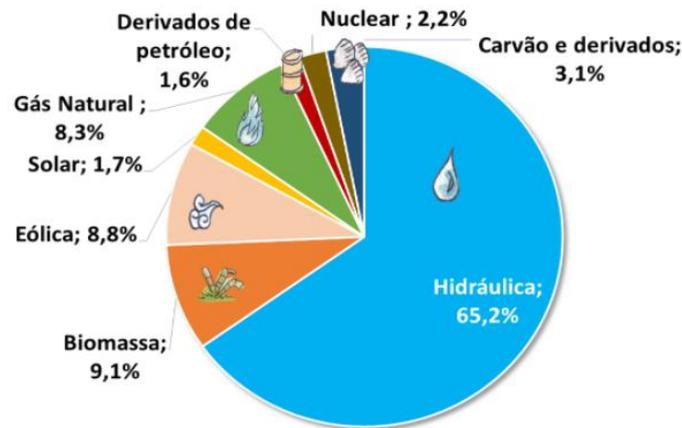
Fonte: IEA, 2021.

A geração de energia elétrica a partir de carvão mineral é o que predomina na matriz elétrica mundial, igual a 38%, enquanto a soma das fontes hidráulica, biomassa, solar, eólica, geotérmica, maré e outros, representa cerca de 25,9% da matriz. Assim, a matriz elétrica mundial se caracteriza por ser uma matriz elétrica não renovável e que emite altos níveis de GEE, que podem causar sérios impactos ambientais.

Já no Brasil tem uma matriz elétrica predominantemente renovável, com destaque para a fonte hídrica que corresponde a cerca de 65,2% da oferta interna, como mostra a Figura 4. Outro aspecto importante refere-se a presença de biomassa e de energia eólica na matriz brasileira, o que torna a ainda mais renovável que a matriz elétrica mundial (BEN, 2021).

Diferente da matriz energética, a matriz elétrica brasileira e mundial são totalmente opostas quando o assunto são as fontes renováveis e não renováveis. Considerando as fontes não renováveis, o Brasil utiliza 17% dessas fontes para a geração da energia elétrica enquanto, o mundo utiliza 75%. Já em relação as fontes renováveis, a matriz elétrica o Brasil apresentou 83% de fontes renováveis contra 25% da matriz mundial.

Figura 4 - Matriz Elétrica Brasileira 2021



Fonte: BEN, 2021.

Dentre as diversas fontes para geração de energia elétrica existentes, as principais fontes renováveis de geração deste tipo de energia são: hídrica, solar, eólica, biomassa e a maremotriz, cujas descrições seguem:

- **Hídrica**

A geração hídrica é obtida por meio de centrais hidrelétricas que se utilizam da força do movimento das águas pra fazer girar os rotores dentro de turbinas que são acoplados à geradores, e assim, produzir a energia elétrica (HELERBROCK, 2021).

Segundo IEA (2021) essas fontes foram responsáveis, no ano de 2018, por 16,2% de toda produção de energia elétrica mundial. Já no Brasil, no mesmo ano elas representaram 65,2%.

- **Solar**

A energia produzida por essa fonte é adquirida através dos painéis solares, que aproveitam a luz do sol para a produção da energia elétrica e/ou aquecimento de água. As placas solares, captam os raios solares que ao passarem por um inversor transforma em eletricidade. De acordo com a IEA (2021), a energia solar tem tido um grande crescimento na produção da energia elétrica no Brasil no ano de 2018, correspondendo a 1,7% de toda matriz elétrica do país.

- **Eólica**

Assim como a água, o vento é um recurso renovável. A força dos ventos é utilizada para ativar as turbinas dos aerogeradores, fazendo com que os geradores convertam a energia mecânica produzida em eletricidade. A grande vantagem dessa fonte são os baixos impactos ambientais e a não emissão de poluentes.

- **Biomassa**

A biomassa é toda a energia produzida a partir da queima, de forma controlada, da matéria orgânica de origem animal ou vegetal como restos florestais, esterco dos animais e bagaço de cana. É considerada uma energia limpa por não causar poluição à atmosfera terrestre. A biomassa correspondendo a 9,1% da matriz elétrica brasileira, ocupa um lugar de destaque na contribuição de uma matriz mais renovável segundo o Relatório do BEN (2020).

- **Energia dos Oceanos**

A energia maremotriz é toda a energia obtida através do aproveitamento da subida e descida das marés. A movimentação da água causada pelas cheias e baixas das marés, faz as turbinas se movimentarem acionando os geradores e assim produzir a eletricidade.

As fontes renováveis de energia se fazem presentes cada vez mais na matriz elétrica global, embora grande parte dessa matriz seja composta por geração elétrica a partir das fontes não renováveis tais como os combustíveis fósseis e energia nuclear. Essas fontes se esgotadas, poderão ser reconstituídas, porém, levam anos para tal. Como por exemplo o petróleo, que possui seu esgotamento para algumas poucas décadas, elevando o caráter estratégico do seu uso. Abaixo, tem-se a descrição das principais fontes consideradas não renováveis.

- **Combustíveis fósseis**

A humanidade tem em combustíveis fósseis como fonte de energia mais importante, o que tem acarretado uma disputa entre grandes economias durante anos, na geração de energia. A sua queima pode ser usada tanto na produção de eletricidade em centrais de geração como por exemplo as termelétricas, quanto no deslocamento de veículos.

Os principais tipos de combustíveis fósseis mais utilizados são petróleo, carvão mineral e gás natural.

De acordo com a *International Energy Agency* (IEA, 2021), cerca de 81,2% de toda matriz energética mundial advém desses três tipos de combustíveis fósseis. Em paralelo, cerca de 55% dessas fontes representam a matriz energética brasileira.

Devido à sua queima que colabora com altos índices de poluição, o uso dessas fontes tem agravado em grande escala os problemas de aquecimento global, assim como elevadas produções de GEE.

- **Energia nuclear**

Apesar de não gerar emissão de gases de efeito estufa e nem depender de mudanças climáticas, o uso dessa fonte de energia tem gerado debates polêmicos já que a produção dos rejeitos nucleares, podem provocar graves acidentes e muitas mortes. Contudo, alguns países ainda consideram o seu uso como uma alternativa face a questões referentes ao aquecimento global.

A geração de energia das mais variadas fontes, apresentam os seus prós e contras. O melhor a se fazer em relação a isso é diversificar a matriz energética para reduzir os problemas advindos do uso dessas fontes.

2.1 Fontes Hídricas para a Geração Elétrica

Segundo Oliveira (2018, p. 317), “após a Segunda Guerra Mundial, o desenvolvimento econômico se tornou uma ideia-chave na cena internacional e o estado de ‘subdesenvolvimento’ de parte dos países era algo a ser superado”. Este mesmo autor afirma ainda que, iniciar pesquisas e exploração dos recursos naturais existentes na natureza para o desenvolvimento dos países era o foco principal. E assim, em meados dos anos de 1930 se deu início a exploração de projetos hidrelétricos ao redor do mundo. Contudo, a usina hidrelétrica do Niágara Falls, ilustrada na Figura 5, foi a primeira a gerar corrente alternada. O que abriu caminho para transmissão de eletricidade por grandes distâncias, isso ainda em 1895.

Figura 5 - Niágara Falls



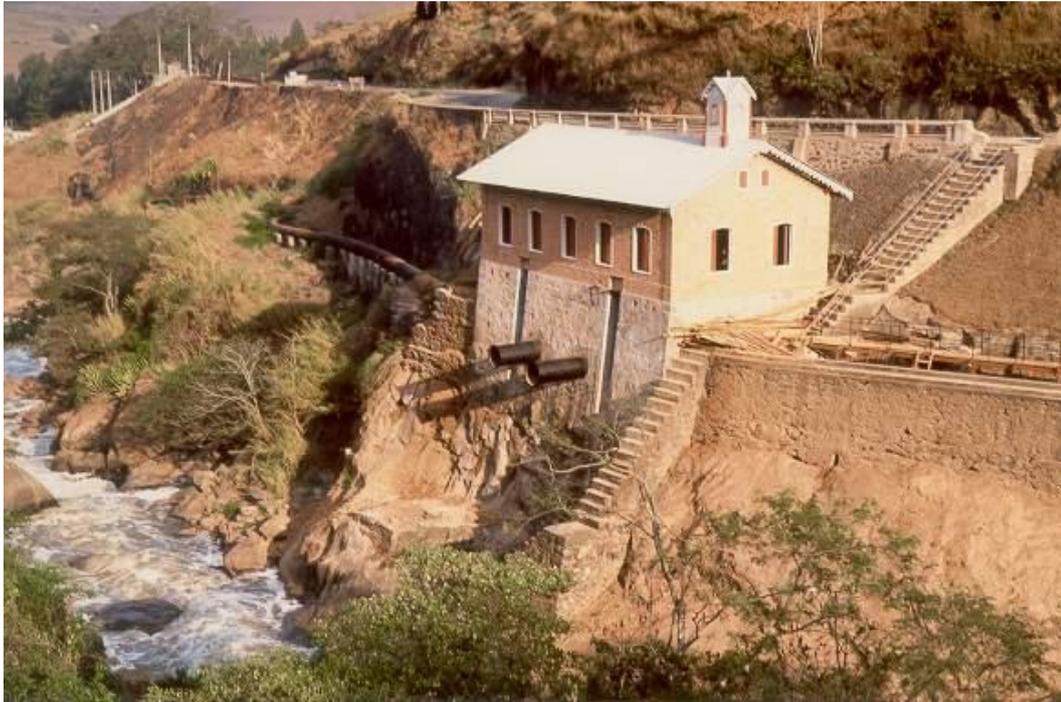
Fonte: Fotos e Destinos, 2009.

Diante do exposto, foram construídas até a década de 1970, mais de 5 mil barragens no mundo com o objetivo de produzir energia elétrica (WORLD COMMISSION ON DAMS, 2000).

No contexto global, o Brasil foi um dos países pioneiros na implementação da energia elétrica por meio das fontes hídricas. Por volta da década de 1950 e principalmente com o fim do Regime Militar, o Brasil começou a expandir as construções das hidrelétricas. E como analisa Oliveira (2018), o país já vinha se beneficiando dos rios para geração da energia elétrica desde as primeiras instalações elétricas no final do século XIX e início do século XX. A primeira usina hidrelétrica no Brasil, a usina de Marmelos, ilustrada na Figura 6, localizada em Juiz de Fora (Minas Gerais) foi inaugurada em 1889.

O Estado brasileiro através de quadros legislativo e institucionais vem incentivando, ao longo dos anos, a exploração das fontes hídricas para geração elétrica. O que fez do Brasil, um dos maiores geradores de eletricidade proveniente de centrais hidrelétricas no mundo, atrás somente da China, que atualmente é o maior produtor mundial desse tipo de energia. Na atualidade, cerca de 65,2% da energia consumida no país advém das hidrelétricas segundo BEN (2021). Mesmo assim, o Brasil possui a matriz elétrica que é considerada como uma das mais limpas do mundo, levando em conta a baixa emissão de dióxido de carbono (CO_2).

Figura 6 - Usina de Marmelos



Fonte: Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico (IEPHA), 2018.

Conforme a Resolução Normativa ANEEL nº 875/2020, as centrais de geração elétrica que utilizam fontes hídricas, são classificadas de acordo com seu aspecto construtivo, como por exemplo:

- Central Geradora Hidrelétrica (CGH), fontes geradoras que possuem capacidade instalada reduzida, ou seja, potência instalada inferior a 5.000kW;
- Pequena Central Hidrelétrica (PCH), corresponde a centrais de geração com potência instalada entre 5.000kW e 30.000kW, considerando o tamanho do reservatório de até 3 quilômetros quadrados;
- Usina Hidrelétrica (UHE): potência instalada acima de 50.000kW ou entre 5.000kW e 30.000kW, se pelo tamanho do reservatório a planta não se enquadra como PCH.

As usinas hidrelétricas, quanto ao tipo de reservatório, também se classificam em usinas a fio d'água (*run of river*), por não utilizarem águas do reservatório e as de reservatórios de regularização.

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (2021), Usina a Fio D'água é uma usina hidrelétrica ou pequena central hidrelétrica sem reservatório de regularização, cujo nível de água operativo não varia (ou varia muito pouco). Utilizando, assim,

reservatório com acumulação suficiente apenas para prover regularização diária ou semanal, que permite o fornecimento da potência máxima em períodos de ponta. Já na Usina Hidrelétrica de Regularização, os reservatórios de regularização permitem grande variação de cota entre seus níveis operacionais do projeto, máximo e mínimo, o que os torna capazes de armazenar energia (ou água, literalmente) ao longo do tempo, por intermédio dos chamados volume de espera, com sazonalidade de regularização que pode variar desde mensal até anual, de acordo com o empreendimento.

Assim, deve-se avaliar se o curso da água possui vazão e queda suficiente para produzir energia elétrica no local desejado, pois para a construção de uma usina hidrelétrica, considera-se dois pontos a serem aproveitados que são os desníveis naturais dos cursos dos rios e a vazão desse rio.

No Brasil é considerado pequena, as áreas alagadas pelas CGHs e PCHs, onde a maior parte desses aproveitamentos hidrelétricos estão inseridos no conceito “a fio d’água”. Na regulação, cada classificação determina os procedimentos que cada empreendimento deve cumprir junto a ANEEL e demais órgãos ligados ao setor elétrico, para que possa ser construída e entrar em operação.

2.2 Componentes de uma Usina Hidrelétrica

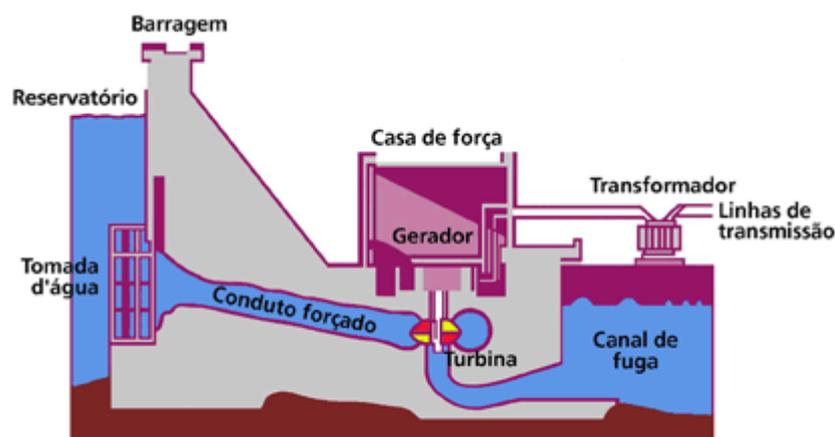
Usinas hidrelétricas transformam a energia contida nos rios em energia cinética que faz girar a turbina que está acoplada em um gerador, produzindo assim a energia elétrica que é transportada através das linhas de transmissão até ao consumidor final. Essas usinas são construídas em locais que apresentam desníveis naturais dos rios, com uma vazão mínima que possa ser aproveitado para gerar a produtividade.

O princípio de funcionamento é o mesmo para as CGHs, PCHs e UHEs onde a água é armazenada em um reservatório ou represa e transportado até as turbinas. Este percurso é construído de um nível mais alto para um nível mais baixo, para que a água ganhe velocidade na queda, por gravidade. A água passa e gira as pás da turbina que, presa em um eixo, aciona o gerador da usina transformando a energia mecânica em energia elétrica. O transformador aumenta a tensão da energia, permitindo que ela viaje através dos fios da linha de transmissão e chegue até aos consumidores finais. Contudo, tem-se também as usinas a fio d’água em que se utiliza não mais a energia gravitacional da água para fazer girar o rotor das turbinas e sim a

velocidade da água em uma seção transversal do rio. Os componentes tanto para CGH, PCH e UHE são semelhantes, alterando apenas sua escala.

Segundo o que apresenta Pereira (2015), essas usinas são compostas por: barragens, que fecha o rio para criar a carga hidráulica; vertedores, para extravasar as vazões que excedem as que são turbinadas; comportas, para controlar a vazão dos vertedores; estruturas de tomada de água, sistema de adução e casa de força (que abriga o conjunto turbina-gerador); canal de fuga, pelo qual se restitui a água da turbina ao leito natural do rio, constituído um circuito hidráulico de adução e geração. Também fazem parte das hidrelétricas, os equipamentos como: os barramentos blindados, conjunto turbina-gerador, os transformadores, as subestações e as linhas de transmissão que distribuem a energia gerada. A Figura 7 exemplifica a composição de uma Usina Hidrelétrica, mostrando a dinâmica dos seus componentes.

Figura 7 - Usina Hidrelétrica



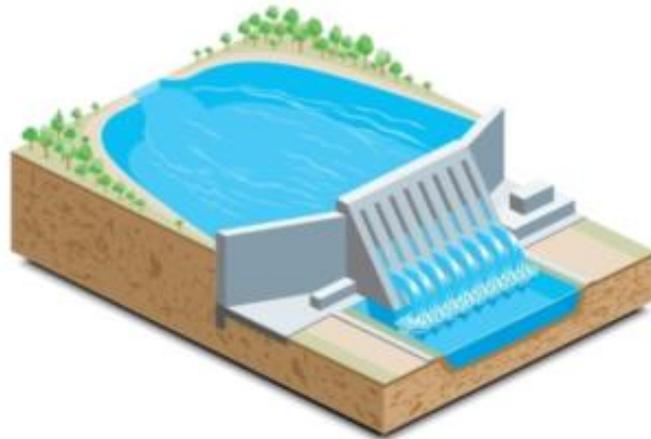
Fonte: Associação Brasileira de PCHs e CGHs (ABRAPCH), 2014.

2.2.1 Reservatório

O reservatório da Usina Hidrelétrica é formado por barragem, que acumula uma certa quantidade de água à montante, antes da captação. Esse estoque de água é usado por dois tipos de usina: de regularização e a fio d'água (ENERGÊS, 2020).

Nos reservatórios de regularização de vazões, a barragem criará um desnível necessário para gerar a vazão que seja suficiente para a produção de eletricidade. A otimização da vazão tem como obtivo não só a acumulação da água para ajudar na vazão favorável para a usina, como também para que em períodos de seca, ou com menor incidência de chuvas, ter reserva de água para o funcionamento da usina, conforme é apresentado na Figura 8.

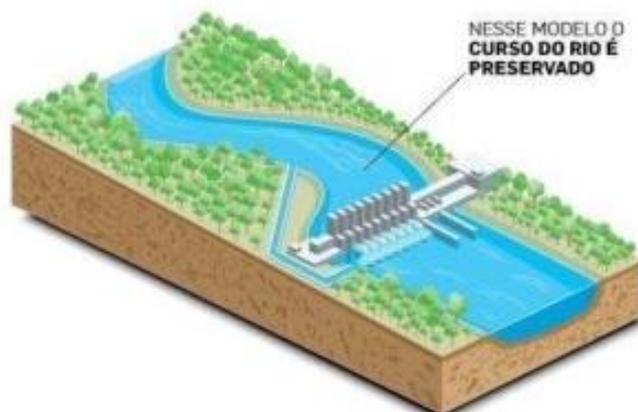
Figura 8 - Reservatório de Regularização



Fonte: ENERGÊS, 2020.

Ao contrário das Usinas Hidrelétricas com regularização das vazões, as usinas de fio d'água não usam reservatório de regularização de vazão, ou seja, não há um controle da quantidade de água que pode ficar no reservatório, mantendo-se o curso natural do rio, como apresentado na Figura 9.

Figura 9 - Reservatório de Usina a Fio d'água



Fonte: ENERGÊS, 2020.

2.2.2 Circuito Hidráulico

O circuito hidráulico da Usina Hidrelétrica é responsável por fazer a água ir do reservatório até à casa de máquinas e é constituído por: tomada de água, canal de adução, câmara de carga e conduto forçado (ENERGÊS, 2020).

Dependendo do tipo de sistema de adução a ser adotado, pode-se incorporar câmara de desarenação (também conhecido como desarenador), uma câmara de carga, chaminés de equilíbrio e válvulas.

- **Tomada de água**

Tomada água, numa Usina Hidrelétrica, é a estrutura hidráulica projetada para retirar água de cursos d'água (rios, canais), lagos ou reservatórios e conduzir aos órgãos adutores, para regular a vazão e impedir a entrada de corpos flutuantes indesejáveis que podem danificar os equipamentos da usina.

- **Canal de adução**

O objetivo do canal de adução é escoar o fluxo de água com o mínimo de perda possível, levando a água em direção à casa de máquinas. Isso quer dizer que o canal de adução não tem uma inclinação acentuada, fazendo com que devido à gravidade, a água flua sem perturbações. No final do canal de adução está localizada a câmara de carga, que é a interface entre o canal de adução e o conduto forçado. A Figura 10 ilustra um canal de adução trapezoidal com revestimento em concreto.

Figura 10 - Canal de Adução



Fonte: ENERGÊS, 2020.

- **Câmara de Carga**

A câmara de carga é a estrutura responsável pela ligação entre o trecho do circuito hídrico de baixa pressão e o trecho de alta pressão. Ela permite a passagem da água vindo do canal de adução, para o conduto forçado, de alta pressão. Já a chaminé de equilíbrio é responsável pela ligação entre dois condutos, a montante, um de baixa pressão e a jusante, o

conduto de alta pressão. Por outras palavras, a câmara de carga tem como objetivo aliviar o chamado Golpe de Aríete, que acontece por causa das variações de vazão advindas do fluxo de água e fornecer água com pressão adequada para o conduto forçado, evitando a entrada de ar no conduto forçado.

- **Conduto forçado (*Penstocks*)**

Condutos forçados são tubulações onde o líquido escoar sob uma pressão diferente da atmosférica. É a estrutura responsável por conduzir o fluxo de água que vem do canal de adução para a casa de força, transportando a água sob alta pressão fazendo com que ela ganhe força para movimentar as turbinas. O tamanho do conduto forçado varia de acordo com o projeto, mas sempre atentando as pressões que ele suportará durante a operação da usina. A Figura 11 ilustra um *penstock*.

Figura 11 - Conduto Forçado



Fonte: ENERGÊS, 2020.

- **Canal de Fuga**

Canal de fuga é estrutura responsável por devolver ao leito do rio o fluxo de água que circulou pela usina. É o canal de fuga quem encerra o circuito hidráulico da usina.

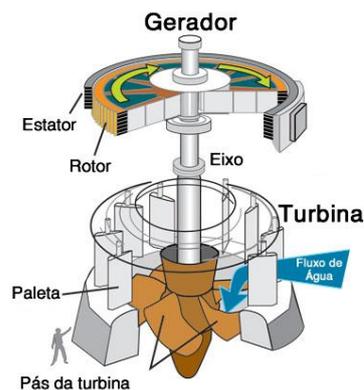
2.2.3 Casa de Força (Casa de Máquinas)

A casa de força é o local onde se comporta todos os equipamentos responsáveis pela geração da energia elétrica da Usina Hidrelétrica, como: turbinas, geradores e equipamentos auxiliares como regulador de velocidade.

- **Turbinas**

As turbinas hidráulicas são as peças fundamentais dentro da casa de força de uma Usina Hidrelétrica. São unidades motrizes que transformam a energia hidráulica em potência mecânica no seu eixo, sendo essa potência entregue ao eixo do gerador por acoplamento direto. A Figura 12 ilustra um esquema de como ocorre a conexão entre a turbina e o gerador em uma Usina Hidrelétrica.

Figura 12 - Esquema de um Gerador e uma Turbina de uma Usina Hidrelétrica

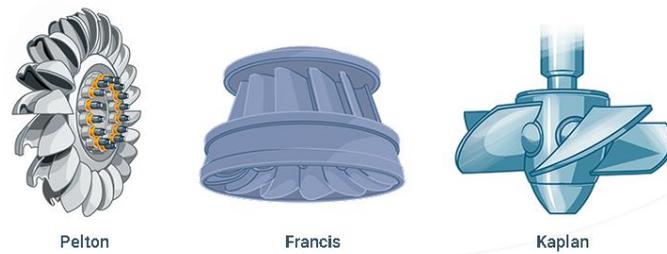


Fonte: Ilustração: *U.S Army Corps of Engineers*, 2005.

A potência mecânica no eixo da turbina é o produto de quatro fatores, que são queda e vazão nominal, aceleração da gravidade e massa específica do fluido do trabalho, que nesse caso é água.

Elas são classificadas em turbinas de ação ou impulso, quando o escoamento da água pelo rotor da turbina ocorre à pressão constante, e de reação ou sobrepressão, quando o escoamento da água pelo rotor se dá com variação de pressão (positiva na entrada e negativa ou próxima de zero na saída). As turbinas mais comumente utilizadas no Brasil e no mundo são as de reação tipo Kaplan e Francis e as de ação tipo Pelton, conforme se verifica na Figura 13 (ANEEL, 2019).

Figura 13 - Ilustração das turbinas Pelton, Francis e Kaplan



Fonte: ANEEL, 2019.

As turbinas quanto à direção do fluxo do fluido de trabalho em relação a sua entrada no rotor, se classificam em Axiais, Tangenciais e Radiais, cujas mais usuais são, seguindo a ordem da classificação, Kaplan, Pelton e Francis.

- **Gerador**

É o equipamento responsável pela conversão da energia mecânica em energia elétrica. No Brasil e no mundo, segundo a ANEEL, a maior parte da energia elétrica produzida é gerada por meio de geradores síncronos. Estes geradores possuem uma relação direta entre a sua rotação nominal e a frequência da tensão gerada, relação que é função de números de polos do rotor do gerador.

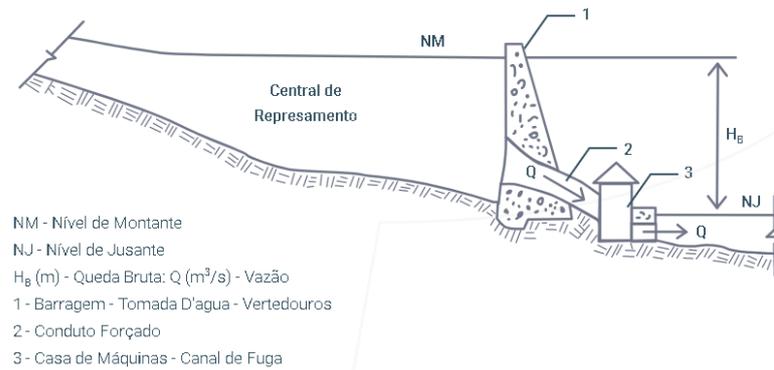
2.2.4 Arranjos

Com relação à aproveitamentos hidrelétricos, os arranjos para os componentes de uma Central Hidrelétrica podem ser de três tipos (PEREIRA, 2015):

- Centrais Hidrelétricas de Represamento;
- Centrais Hidrelétricas de Desvio;
- Centrais Hidrelétricas de Derivação.

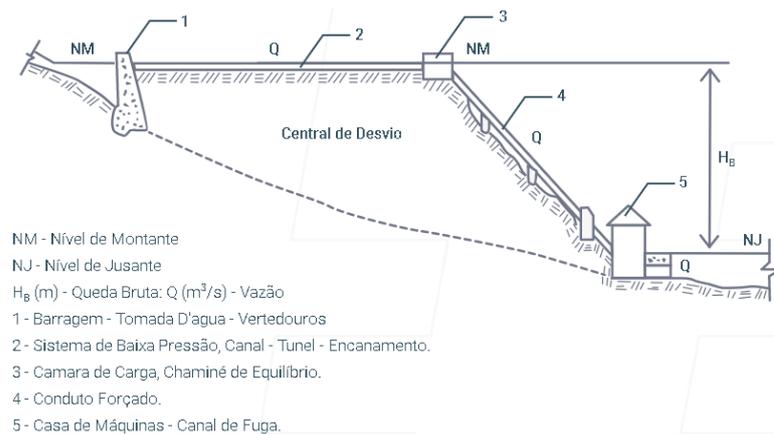
Os três tipos de arranjo geral das obras de empreendimentos hidrelétricos, dependem das características topográficas e geológicas de cada região de implantação. As Figuras 14, 15 e 16 ilustram cada um desses arranjos.

Figura 14 - Central de Represamento



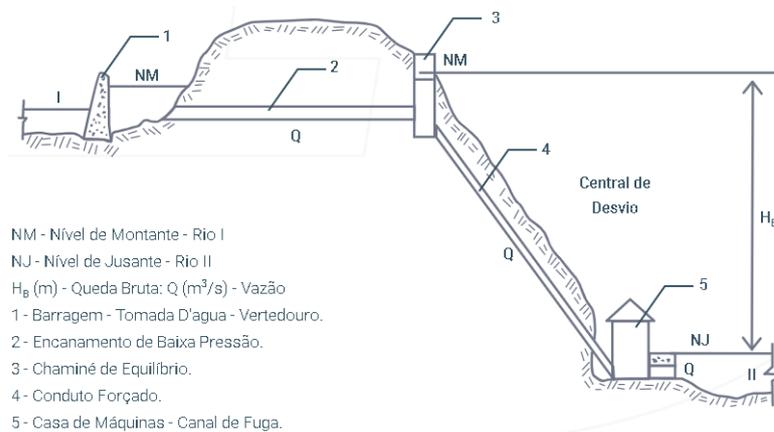
Fonte: ANEEL, 2019.

Figura 15 - Central de Desvio



Fonte: ANEEL, 2019.

Figura 16 - Central de Derivação



Fonte: ANEEL, 2019.

O arranjo geral dos componentes de um aproveitamento hidrelétrico é definido segundo critérios técnicos, econômicos e ambientais. Os critérios ambientais são abordados desde o estudo de inventário hidrelétrico da bacia em que o empreendimento hidrelétrico será instalado, além disso, para implementação desse tipo de empreendimento, são exigidas todas as licenças ambientais previstas por normas e leis.

3 LICENÇA AMBIENTAL PARA PROJETOS HIDRELÉTRICOS NO BRASIL

No Brasil, a primeira vez que o Licenciamento Ambiental foi abordado na legislação, foi através da Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 que fala sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e constitui o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). Essa Lei trata do licenciamento ambiental para atividades potencialmente poluidora, como um dos instrumentos da PNMA.

O Decreto nº 88.351, que regulamenta a Lei nº 6.938, foi editada em 1983 onde afirma que o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) deve estabelecer as suas próprias normas e padrões para implantação, acompanhamento e fiscalização do licenciamento, bem como os propostos pela Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), que é o atual Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

A PNMA utiliza dos seus instrumentos, como o Licenciamento Ambiental e Avaliação de Impactos Ambiental (AIA), para a preservação da natureza, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, com o intuito de garantir condições ao desenvolvimento e à proteção da dignidade da vida humana.

A Lei nº 6.938/83 fala que um empreendimento que utilize recursos naturais ou que seja capaz de degradar o meio ambiente deve ser licenciado e ter seus impactos ambientais previstos e avaliados. Assim ela define que impacto ambiental como toda e qualquer ação humana que causa alteração de qualidade do meio ambiente resultando em modificações de processos naturais e/ou sociais.

De acordo com as suas competências legais e de forma cooperativa, o licenciamento ambiental é realizado pelas unidades do governo (municipal, estadual, federal e distrital). Os órgãos ambientais responsáveis pelo licenciamento, fiscalizam e monitoram os empreendedores durante o licenciamento bem como exigem deles (empreendedores) o cumprimento da legislação, como por exemplo a realização do Estudo dos Impactos Ambientais (EIA) por parte do empreendedor. Esses órgãos integram o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA).

Para fazer o licenciamento de UHEs é indispensável a realização de estudos ambientais profundos, com o objetivo de identificar impactos diretos e indiretos sobre toda a região sob sua influência e inclusive na bacia hidrográfica pertencente ao rio em que a UHE será instalada. Quanto mais cedo os riscos forem previstos, eles serão mais facilmente controlados e com menores custos. Por essa razão é importante a adoção de procedimentos para a avaliação de impactos ambientais no planejamento da expansão do setor elétrico.

Com o objetivo de identificar esses impactos, as UHEs são submetidas ao EIA, que é realizada por uma equipe (de engenheiros, geógrafos, biólogos, economistas, dentre outros) gerando um Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). Esse relatório é apresentado em audiência pública e motiva a elaboração de parecer técnico do órgão licenciador. O RIMA além de conter as conclusões do EIA, deve conter também ilustrações de recursos de comunicação visual (mapas, tabelas, gráficos, vídeos, fotografias) e deve ser feito de forma objetiva e de fácil compreensão.

O EIA e o RIMA são instituídos pela Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986, que constitui a avaliação de impacto ambiental utilizada nos procedimentos de licenciamento ambiental e empreendimento e atividades consideradas causadoras de degradação ambiental significativa.

O Decreto nº 88.351 estabelece, no artigo 20, que o órgão licenciador do Poder Público concederá três tipos de licenças, a saber, Licença Prévia, Licença de Instalação e Licença de Operação.

- **Licença Prévia (LP):**

Avalia a viabilidade da hidrelétrica, sendo emitida na fase preliminar do planejamento da atividade e deve conter os requisitos básicos a serem atendidos nas fases de localização, instalação e operação, observados os planos municipais, estaduais ou federais do uso do solo (CONAMA, 1997)

Fica a cargo do órgão ambiental, de acordo com as informações do aproveitamento hidrelétrico, definir os documentos e estudos ambientais necessários ao início do processo de licenciamento ambiental. A LP não concede nenhum direito de intervenção no meio ambiente, por se tratar ainda de uma fase conceitual.

O prazo de validade da LP não pode ser superior a 5 (cinco) anos, estabelecido pelo cronograma de elaboração dos planos, projetos e programas relativos ao empreendimento (CONAMA, 1997);

- **Licença de Instalação (LI):**

Nessa fase, são avaliados os projetos executivos de controle ambiental e analisada a sua eficiência, de acordo com o que é previsto na fase LP. A LI autoriza o início das obras, de acordo com as especificações constantes no Projeto Executivo aprovado, incluindo medidas

de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante (CONAMA, 1997)

A LI designa os parâmetros do projeto e as condições da realização das obras, a fim de garantir que a implementação da atividade não cause impactos negativos ao meio ambiente, além dos limites aceitáveis e estabelecidos pela legislação, tais condições devem ser garantidas.

Obras que não tenham aprovação ou expedição da LI, não podem ser iniciadas, pois seriam passíveis de autuação ou embargo. Essa licença tem o prazo de validade estabelecido pelo cronograma de instalação do empreendimento ou atividade, não podendo ser superior a seis anos;

- **Licença de Operação (LO):**

Autoriza, após análises necessárias, o início da operação da usina (a atividade licenciada e o funcionamento de seus equipamentos de controle de poluição, de acordo com o previsto na LP\LI). A Resolução CONAMA nº 237/97 estabelece o prazo de validade de no mínimo 4 (anos) e no máximo 10 (dez) anos, com a possibilidade de renovação. Mesmo após o órgão licenciador emitir a LO, o licenciamento ambiental continua, pois é necessário o monitoramento do empreendimento e a fiscalização de cumprimento das condicionantes impostas pelo órgão licenciador para a renovação do LO.

Em média, todo o processo de licenciamento ambiental para uma hidrelétrica no Brasil, dura 9 (nove) anos para o início de funcionamento. Todo esse processo ambiental extrapola o prazo exigido pela ANEEL e segundo os dados obtidos através de estudos elaborados pelo Instituto Acende Brasil (IAB), entre 1992 e 2013 de um total de 81 hidrelétricas licenciadas, esses estudos trazem consigo recomendações para agilizar o processo de licenciamento.

Segundo o que relatou o presidente do IAB, Cláudio Sales (2018), o processo de licenciamento ambiental no Brasil ainda é precário, o que tem tirado a competitividade do país, não assegurando um melhor cuidado com o meio ambiente além de fazer o Brasil renunciar ao seu potencial hidráulico. Outro ponto levantado pelo estudo diz respeito às incertezas relativas as exigências socioambientais que fazem a competitividade da fonte hidrelétrica cair, devido ao alto custo do projeto e baixo retorno. Além de, é claro, a exigências de infraestruturas que não garantem relação nenhuma com o ambiente ou com a finalidade do projeto hidrelétrico.

O IAB propõe algumas medidas em que considera ser possível a redução de custos e duração do processo de licenciamento ambiental, sendo elas, o fim da possibilidade de criminalização do agente ambiental que concede licença a um empreendimento. Sugere ainda, que seja a ANEEL o órgão responsável por tomar as decisões deixando a licença com um caráter institucional.

Considerando o longo período para obtenção da licença, tem-se o caso da construção da hidrelétrica de Santo Antônio no estado de Rondônia. A sua construção só foi possível após o cumprimento de um processo demorado de licenciamento ambiental junto ao IBAMA. O IBAMA concedeu a Licença de Operação dez anos após a os primeiros estudos de inventário do rio Madeira, e 3 (três) anos depois do início das obras, o que possibilitou o enchimento do reservatório e a geração da eletricidade (SANTOANTÔNIO ENERGIA, 2017).

Levando em consideração a necessidade de integrar a gestão dos recursos hídricos e a gestão do meio ambiente como instrumento dos órgãos do poder público, deve-se estudar o licenciamento desses recursos hídricos para o uso do potencial hidrelétrico.

Para a concessão ou autorização do uso desse potencial, a ANEEL ou EPE deve providenciar uma Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica (DRDH), junto à ANA, obtendo ainda uma garantia de disponibilidade hídrica de um determinado corpo de água junto ao órgão. Isto funciona basicamente como - posteriormente ao processo licitatório e cumprimento de todas as regras do licenciamento ambiental perante o órgão responsável – a concessão em outorga de direito de uso desse recurso hídrico.

A ANA, que foi criada pela Lei 9.984/2000 para implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e coordenar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), tem por objetivo disciplinar a implementação, a operacionalização, o controle e avaliação dos instrumentos da PNRH. Além de controlar, supervisionar as atividades decorrentes do cumprimento da legislação federal em relação aos recursos hídricos.

Com o passar dos anos, foram criadas várias leis para os diferentes âmbitos relacionados ao processo de licenciamento. Em algumas dessas leis, ocorreram algumas mudanças em relação às competências das esferas do poder, alternando o critério entre a localização de a abrangência dos impactos do empreendimento, por exemplo (SARAIVA, 2017):

- Os empreendimentos teriam o licenciamento acompanhado pelo órgão ambiental determinado de acordo o critério de localização do projeto, e as UHEs eram

quase todas licenciadas pelos estados, segundo a Lei nº 6.938/81 (SARAIVA, 2017);

- Mas a Resolução CONAMA nº 237/97 alterou para a abrangência dos impactos do projeto, todo o critério para a definição da esfera do poder responsável pelo licenciamento. Fazendo com que as UHEs passassem a ser licenciadas pelo IBAMA, na sua grande maioria.

Há tempos, tem-se ocorrido vários debates relacionados a licenciamento ambiental, além de muitas leis já promulgadas sobre a questão. Em 2012 houve uma Proposta de Emenda à Constituição nº 65 de dezembro de 2012 (PEC 65), onde acrescentava um parágrafo ao artigo 225 da Constituição Federal (SARAIVA, 2017). O objetivo da PEC 65 é impedir que uma obra iniciada e com concessão do licenciamento ambiental e outros regramentos legais, seja suspensa ou cancelada.

Senador Acir Marcos Gurgacz, autor da PEC 65, considera que interromper os projetos, além de gerar prorrogação da obra e desperdícios de recursos financeiros, também gera prejuízos aos serviços públicos (SARAIVA, 2017).

A PEC 65/12 se refere:

§ 7º A apresentação do estudo prévio de impacto ambiental importa autorização para a execução da obra, que não poderá ser suspensa ou cancelada pelas mesmas razões a não ser em face de fato superveniente (BRASIL, 2012).

Para os críticos, a PEC 65, se propunha a eliminar a avaliação da viabilidade do projeto a partir de impactos socioambientais, o que acarretava na não necessidade da emissão das licenças. Em relação a isso, o Senador Randolfe Rodrigues que fora nomeado relator do processo, mostrou-se também contrário após o recebimento do documento. O senador alegou inconstitucionalidade da PEC 65/12, recomendando seu arquivamento (GORDILHO; SIQUEIRA, 2019).

Pelas palavras do senador (BRASIL. SENADO FEDERAL, 2016, p.3):

[...] é preciso esclarecer que há contradição entre a ementa da PEC nº 65, de 2012, que visa a acrescentar o § 7º ao art. 225 da Constituição, para assegurar a continuidade de obra pública após a concessão da licença ambiental, e a redação proposta para o parágrafo, que assegura a continuidade de obra mediante a simples apresentação de estudo de impacto ambiental (EIA), e não à concessão da licença. A PEC nº 65, de 2012, colide frontalmente com o disposto no caput e nos incisos IV e V do § 1º do art. 225 da Constituição, eis que a execução de toda e qualquer obra potencialmente poluidora prescindirá de apreciação e controle pelos órgãos ambientais competentes, prerrogativas estas do Poder Público. O inciso IV do § 1º art. 225, institui o EIA como o instrumento de avaliação ambiental exigido para obras ou atividades causadoras de significativa degradação do meio ambiente. Trata-se de um estudo apresentado durante o procedimento do licenciamento ambiental e ao qual será dada publicidade.

Dessa forma, a apresentação do EIA não dispensa o licenciamento, mas é a ele inerente. A PEC nº 65, de 2012, tampouco é compatível com o regime constitucional de proteção do meio ambiente, ao autorizar a execução da obra sem a devida publicidade e análise do EIA pelo órgão ambiental [...]

É notável que ele fala do EIA como um ponto de partida para o processo de licenciamento, seguindo todas as exigências do PNMA e das Resoluções do CONAMA. A PEC 65/12 por si só, fere uma série de princípios ambientais e constitucionais, à exemplo de princípio de equilíbrio, da vedação ao retrocesso, que na prática é proibido o legislador retroceder no tratamento de assuntos de impactos sociais e também, o princípio da precaução.

Em dezembro de 2018 a proposta foi arquivada, porém, ela poderá ser desarquivada a qualquer tempo, à requerimento dos proponentes. Pois, não houve apreciação ao mérito, uma vez que a PEC 65 foi arquivada nos termos do § 1º do art. 332 do Regimento Interno (GORDILHO; SIQUEIRA, 2019).

3.1 Impactos Ambientais

Produzir energia elétrica a partir de fontes hídricas resulta também em impactos ambientais que devem ser abordados em conjunto com a avaliação econômica. A energia hidrelétrica contempla grandes barragens e pequenas usinas a fio d'água. Em muitas partes do mundo, as barragens ainda continuam sendo construídas assim como na China e no Brasil, porém, nos últimos anos vem sendo construídas muitas PCHs, em que os reservatórios são menores com uma área máxima de até 13 km², excluindo a calha do leito regular do rio.

No futuro da energia hidrelétrica no Brasil, provavelmente, terá um aumento de projetos de usinas a fio d'água. Em ambas as construções hidrelétricas existem impactos ambientais, tanto nas PCHs como também nas UHEs. Como afirmam Terrin e Blanchet (2019, p. 48) “Hodiernamente, percebe-se no Brasil um avanço significativo na construção de empreendimentos, atividades e obras que causam impactos negativos na sociedade como um todo”.

Dependendo do tamanho dos geradores e da topografia do terreno, o tamanho do reservatório de um projeto hidrelétrico pode variar muito. As usinas hidrelétricas em áreas planas tendem a exigir muito mais terras do que aquelas em áreas montanhosas, onde reservatórios mais profundos podem conter mais volumes de água em espaços menores.

A inundação de um reservatório tem impactos ambientais negativos como: destruição de florestas, de habitat de vida selvagem, de terras agrícolas e de terrenos paisagísticos. Esses impactos são marcantes principalmente no meio aquático, em que pode alterar o ecossistema de todo um trecho do rio em que será construída a barragem, e no meio terrestre, mais precisamente na área que será inundada, podendo provocar desde a eutrofização do reservatório, afugentamento de animais, alteração na flora e fauna aquáticas devido à mudança do meio lótico para lêntico.

Diante da necessidade de se buscar meios efetivos de prevenção e reparação de danos causados pelas usinas hidrelétricas, se faz necessário a análise dos impactos negativos na produção desse tipo de energia, bem como, sua avaliação conjunta com os impactos ambientais positivos.

Terrin e Blanchet (2019) afirmam que o meio ambiente é um direito fundamental da terceira dimensão e está juridicamente protegido pelos Tratados Internacionais, os quais o Brasil é signatário. Ainda de acordo com os autores, a construção de usinas ao redor do mundo tem causado graves impactos ambientais como o caso de Sudeste Asiático, África e América do Sul. No caso de América do Sul, está sendo planejada a construção de 6 (seis) mil quilômetros quadrados de 147 barragens, sendo 65 só no Brasil, o que irá afetar diretamente as populações e cerca de 2,3 mil espécies de peixes da região.

No entanto, é importante afirmar que a construção dessas usinas também traz desenvolvimento, não somente para comunidades locais como também para o país como um todo. Por isso, o processo de licenciamento desses empreendimentos é regulamentado e fiscalizado por órgãos estatais competentes a fim de que os impactos adversos sejam mitigados, minimizados ou até mesmo evitados.

O impacto ambiental da geração hidrelétrica é complexo e exige o exame do ciclo de vida de uma usina hidrelétrica. À medida que que novas e aprimoradas tecnologias hidrelétricas continuam a ser desenvolvidas, a hidreletricidade tem a chance de se tornar uma fonte de energia ainda mais limpa.

A grande vantagem da energia hidráulica é a de não possuir gases tóxicos como os combustíveis fósseis, apesar de liberar indiretamente o metano e o dióxido de enxofre na água do reservatório, proveniente da decomposição de material orgânico que ficam presos nos reservatórios. É uma energia barata, com baixo risco de esgotamento, sendo atrelado a isto a ampla vida útil das usinas hidrelétricas.

A construção dessas usinas, trazem além da eletricidade, o desenvolvimento em relação às infraestruturas, melhorando a vida das comunidades através de estradas e comércios e gerando novos empregos, além é claro de beneficiar a economia. O fato de energia hidrelétrica ser renovável, faz com que ela se torne uma fonte de contínua fonte de geração, sendo, portanto, ambientalmente e economicamente segura.

3.2 Análise Socioeconômico e Ambiental das Barragens das Usinas Hidrelétricas

Nas últimas décadas, no Brasil, as hidrelétricas têm sido a principal fonte de produção do sistema elétrico tanto em termos de competitividade econômica quanto na sua abundância. O país conta com uma predominância de recursos hídricos por conta da sua extensa superfície, com muitos planaltos e rios. E com isso, estima-se o potencial hidrelétrico brasileiro em cerca de 172 GW, onde mais de 60% já foram aproveitados. Contudo, cerca de 70% do potencial que ainda se encontra sem aproveitamento, está nas bacias hidrográficas de Tocantins – Araguaia e Amazonas (EPE, 2021).

As usinas hidrelétricas são consideradas uma fonte de energia limpa, muito embora possua seus impactos sociais e ambientais, e as suas construções têm gerado muitos debates e protestos. Normalmente, os protestos não impedem a construção dessas usinas, porém, podem levar a modificação do projeto a fim de reduzir os impactos. O caso mais recente é o da barragem de Belo Monte (PA), que vem sendo recebida com uma série de protestos de ativistas, indígenas, artistas e comunidade em geral.

A principal diferença entre usinas hidrelétricas de grande porte e usinas a fio d'água é a sua autonomia ou dependência dos ciclos de chuvas ou secas da região. As usinas hidrelétricas do leito dos rios dependem da variação da água do rio para produzir eletricidade, o que já não acontece em barragens de hidrelétricas (SOUTO, 2018).

Até recentemente, as hidrelétricas eram consideradas uma fonte de energia limpa ou não poluente. Sabe-se agora que causam grandes impactos ambientais, como a decomposição da vegetação submersa, que dá origem a gases como metano, dióxido de carbono e óxidos de nitrogênio, que provocam as mudanças climáticas. No entanto, as usinas hidrelétricas são menos nocivas que as termelétricas, pois liberam outros gases tóxicos, como enxofre e dióxido de nitrogênio, além de partículas nocivas.

A principal vantagem é certamente dela ser uma fonte de energia renovável e mais barata em comparação com outras energias limpas (solar, eólica e das marés). No entanto, as hidrelétricas podem garantir o desenvolvimento da área no entorno da região alagada, por meio do estabelecimento de hidrovias para o transporte e do incentivo as atividades recreativas e turísticas, por exemplo (CARVALHO, 2002).

Ainda assim, o principal impacto negativo tanto social quanto ambiental das UHEs está relacionado às inundações de grandes áreas. Os impactos sociais envolvem tanto a população local, aqueles que precisam se mudar e aqueles que permanecem em áreas próximas não alagadas. Também o fato das mudanças no microclima, ao redor das barragens, serem relevantes, pois existem variações na umidade relativa do ar, com ciclo e a precipitação, o sistema de ventos etc. (SOUZA, 2017).

Esses diversos usos que as barragens das hidrelétricas permitem, tem se diversificado, expandido e criado complexidades no funcionamento das paisagens e dos ecossistemas que emergem de todas as relações hierárquica entre os ambientes físicos, biológicos e antrópico das diferentes regiões do país.

Por meios físicos, rochas, solos, águas superficiais e subterrâneas, geomorfologia e o clima podem ser descritos. No ambiente biológico, destacam-se elementos da flora e da fauna. No ambiente feito pelo homem, todas as atividades humanas a serem distinguidas como a agricultura, pecuária, indústria, stores terciários, serviços, infraestrutura e saneamento, entre outras. São essas relações complexas que vão definir a nova paisagem dentro das lagoas naturais, que são as bacias hidrográficas nas quais se encaixam as cidades e as características rurais (SOUZA, 2017).

O Brasil desenvolveu uma grande capacidade de utilização de recursos superficiais, mas isso foi feito sem qualquer análise de sustentabilidade. Predominam os interesses econômicos e sociais, e até os interesses ecológicos, mas faltam estudos hidrológicos. De acordo com Naime (2012), alguns desses reservatórios tinham planejamento inicial e estavam envolvidos no zoneamento, mas careciam de operação sistemática e formação de uma plataforma de dados que pudessem dar suporte a sistemas para futuros desenvolvimentos nessas bacias. O autor afirma ainda que, os padrões de drenagem são diversos porque, dependendo da natureza geológica, existem padrões de drenagem anular, radial, centrífuga, lagunar, pinada e dendrítica. Essa extrema variação morfológica dificulta a coleta de dados e o gerenciamento desses reservatórios.

No Brasil, com grandes construções, essa fase de drenagem não é muito interessante pois geraria PCHs, ou seja, pequenas obras e isso não parece interessar aos empreiteiros. Atualmente, inundações e realocações das comunidades ribeirinhas têm gerado indenizações monetárias que nem sempre refletem o valor social e cultural do local. Assim, não há uma reorientação do uso e ocupação do espaço e os estudos de impacto ambiental estão longe de resolver este problema.

3.3 Itaipu à exemplo dos Impactos Socioambientais

A época da construção da Usina Hidrelétrica de Itaipu, nome com origem tupi-guarani e tem como significado “pedra na qual a água faz barulho”, foi um momento de verdadeira tensão política, no período da Ditadura Militar.

Noschang (2015) afirma que mesmo perto do fim de seu envolvimento político, o governo militar defendeu vigorosamente suas convicções e assim acabou deixando sem espaço para o debate entre setores sociais que visavam proteger os interesses da sociedade e o que ela considerava importante para o desenvolvimento do país. Segundo o autor, durante os trabalhos de construção do empreendimento, um grupo de ambientalistas da Itaipu, mapeou a área que seria inundada. Socialmente falando, a hidrelétrica causou impactos irreversíveis tendo como consequência a morte de trabalhadores, a perda de terras que pertenciam às famílias há décadas além das memórias do local. A construção da Itaipu Binacional impactou consideravelmente o habitat, originando nas imediações algumas aldeias sem estruturas para acomodar o grande número de famílias de trabalhadores.

A importância de Itaipu hoje no cotidiano de nosso país e de outros, é inegável, mas cabe destacar como foi pago não só com mãos humanas e bens do homem, mas também pela natureza. Os engenheiros devem se preocupar não só com a dimensão do empreendimento, mas sempre e sobretudo, com o futuro e bem-estar das pessoas e do meio ambiente, perguntando o que significa perder demasiada riqueza nacional e se vale mesmo a pena a construção de empreendimentos energéticos de grande porte.

Cabe ressaltar que o foco do trabalho não é discutir sobre a importância do empreendimento usina atualmente, pois, de certo a hidroelétrica é responsável por uma parcela do crescimento dos níveis de desenvolvimento do país, sobretudo no início de sua operação. O objetivo é chamar atenção para o que se perdeu: a riqueza ambiental que foi substituída pelo

que foi construído pelo homem, como o único propósito de satisfazer os desejos de crescimento do \estado, desconsiderando questões locais. Uma consequência que se estende para as áreas circunvizinhas, nas quais com passar dos anos viu surgir mais cidades, ao custo da derrubada de mais mata nativa, urbanizando-se cada vez mais a área e restando poucas áreas rurais.

4 ANÁLISE DA GERAÇÃO DE ENERGIA HIDRELÉTRICA NO BRASIL

4.1 Comparativo da Geração Hídrica com Outras Fontes de Geração.

A capacidade de geração instalada no país depende do tipo do empreendimento usado, a destacar as UHEs, as PCHs, as CGHs, Usinas Nucleares, Usinas Termelétricas (UTE), Usinas Eólicas (EOL) e as Solares.

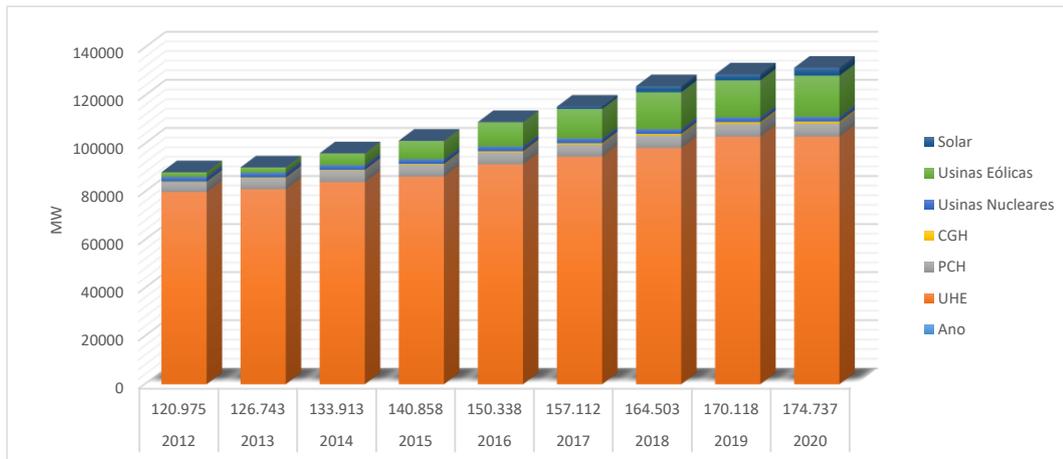
A participação das usinas hidrelétricas na geração de energia elétrica no Brasil sempre se destacou frente às outras fontes de geração. Dados do SIGA/ANEEL apresentam que a primeira UHE a entrar em operação foi a UHE Macaco Branco no ano de 1911, localizada em Campinas/SP, com uma potência outorgada de 2,4 MW teve encerrada sua operação em 2020, devido à construção da barragem Pedreiras que originará um reservatório para abastecimento da Região Metropolitana de Campinas.

Após a construção da UHE Macaco Branco foram construídas no Brasil diversos empreendimentos hidrelétricos, contudo, houve um maior destaque dessas construções na década de 2000. A partir 2010 com a entrada, de forma mais abrangente, de outras fontes renováveis de energia na matriz elétrica brasileira, as UHEs ainda se destacam. A Figura 17 se refere ao balanço energético nacional realizado em 2021, na qual é possível observar a evolução da capacidade de cada fonte de geração de energia elétrica no Brasil no período de 2012 a 2020.

A partir da Figura 17, percebe-se que a participação das UHEs na capacidade de geração instalada no Brasil ainda se mantém elevada, porém, vem diminuindo ao longo do período analisado. O pico da sua participação foi em 2012, com 66,1% da capacidade de instalação de geração e por conta da crise hídrica de 2020, chegando a aproximadamente 59%. Deve-se considerar ainda que a redução dessa capacidade está relacionada aos critérios ambientais, econômicos e energéticos. Entretanto, houve um aumento considerado da capacidade de geração instalada das outras fontes na matriz elétrica brasileira em 2020, como o caso da energia solar que atingiu 1,9% e a eólica 9,8%.

Dentre as fontes de geração renovável, as PCHs também tiveram um crescimento bastante considerável ao longo do período analisado, não tanto quanto à geração eólica. Contudo, as PCHs por serem também uma opção de geração hidrelétrica, não apresentaram tanto destaque quanto as UHEs, mesmo provocando menores impactos ambientais adversos.

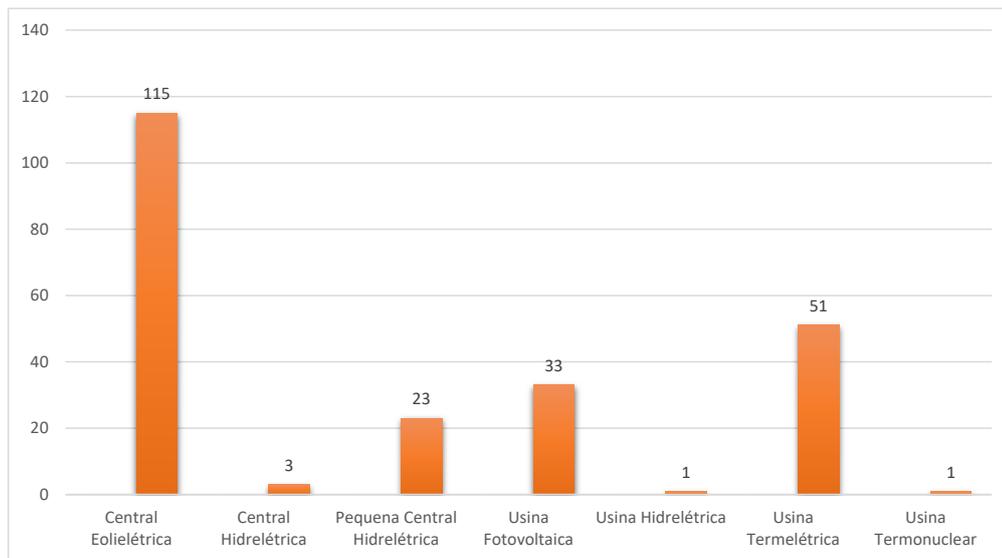
Figura 17 - Capacidade instalada de geração no Brasil (MW)



Fonte: Autor, adaptado da ANEEL; Balanço Energético Nacional, 2021.

Entretanto, dos empreendimentos energéticos em construção no Brasil em 2021, destaca-se somente uma usina hidrelétrica, a de São Roque em Santa Catarina, conforme mostra a Figura 18. De acordo com a Associação Nacional dos Consumidores de Energia (ANACE), a usina com cerca de 80% das obras já concluídas, ainda aguarda pela liberação da licença por parte do IBAMA. Foi outorgada em 2012 e as construções iniciaram em 2015, porém, a previsão do fornecimento energético está para o ano de 2025. Ainda na Figura 18, observa-se um elevando número de empreendimentos eólicos em construção, assim como as usinas fotovoltaicas e termelétricas. O Brasil nos últimos anos, tem vindo a privilegiar as construções das PCHs que funcionam a fio d'água, pois não possuem reservatórios para regularização do fluxo de água, o que justifica esse crescimento em 2021.

Figura 18 - Empreendimentos em construção no Brasil em 2021



Fonte: ANEEL – SIGA, 2021.

4.2 Análise da Geração das UHEs no Brasil

Muito embora o Brasil esteja entre os 3 países com maior potencial hidrelétrico, como a China e a Rússia, o país ainda lida com a questão de importação de energia para o consumo territorial. Isto deve-se ao fato da maior Usina Hidrelétrica da América Latina, a Usina de Itaipu, não ser inteiramente brasileira. Diante disso, o país produz a energia elétrica através de dois grandes sistemas integrados que são o sistema Sul-Sudeste-Centro-Oeste e o sistema Norte-Nordeste que se configuram em 70% e 25% respectivamente na produção de energia hidrelétrica brasileira, conforme dados da ONS (2017).

Atualmente, o Brasil já aproveita quase todo o seu potencial hidráulico para a geração de energia elétrica. Segundo os dados disponibilizados pela ANEEL (2021), além das regiões com as bacias hidrográficas favoráveis como Sul e Sudeste, as bacias hidrográficas da região nordeste também têm sido utilizadas para a produção da energia hídrica, assim como mais recentemente a região Norte.

Segundo ANEEL (2022), existem no Brasil um total de 222 Usinas Hidrelétricas com a Potência Outorgada total (kW) de 103,4GW correspondendo a 56,72% de toda geração elétrica no país, ilustrado na Figura 19.

Figura 19 - Quantidade de Usinas Hidrelétricas no Brasil



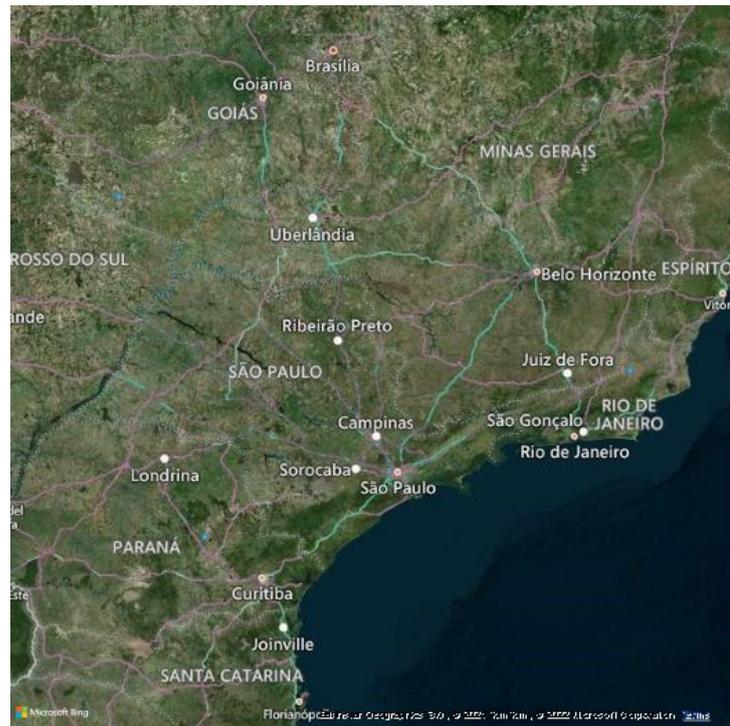
Fonte: ANEEL, 2022.

(Os pontos azuis correspondem às UHEs)

Entretanto, dessas 222 UHEs:

- 218 estão em operação com a potência outorgada de 103 GW.
- 3 estão no *status* de construção não iniciada, sendo uma no Estado de Goiás (GO), no município de Aporé, empreendimento de nome Itumirim e com a potência outorgada de 50 MW. Uma no estado de Paraná (PR), no município de Tibagi; empreendimento de nome Santa Branca com a potência outorgada de 62 MW. E por fim, a terceira com construção não iniciada está situada no estado de Rio de Janeiro (RJ), no município de Aperibé onde o empreendimento tem o nome de Itaocara I com potência outorgada de 150 MW. Totalizando as três, uma potência outorgada de 262 MW. Conforme se apresenta na Figura 20.
- 1 está em construção, situada no estado de Santa Catarina (SC), no município de Brunópolis, com nome de São Roque e a potência outorgada de 141,9 MW.

Figura 20 - Usinas Hidrelétricas com Construção não Iniciada



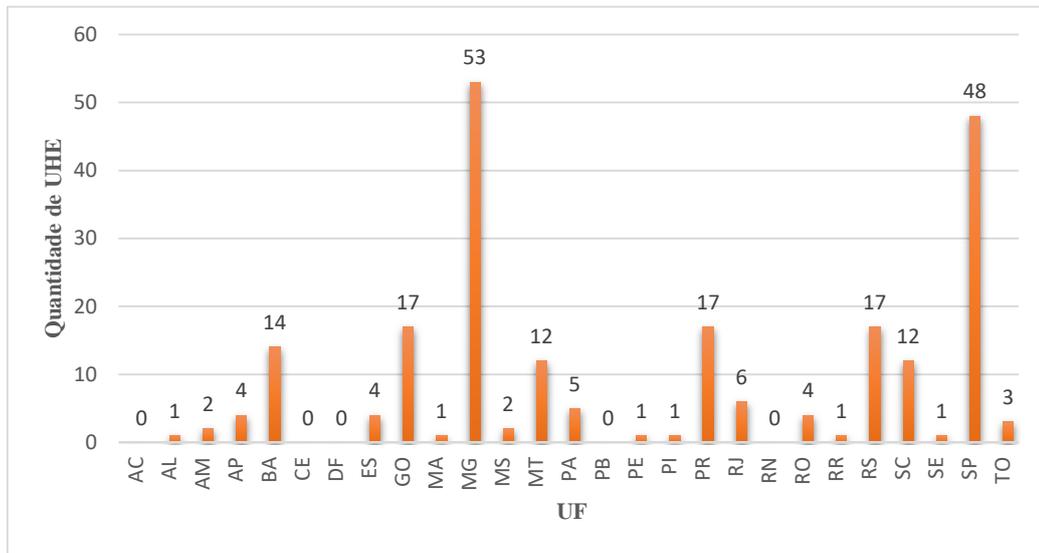
Fonte: ANEEL, 2022.

(Os pontos azuis correspondem às UHEs)

As 222 UHEs estão presentes em 22 Estados. Conforme Figuras 21 e 22, os Estados de Minas Gerais (MG) e São Paulo (SP) são os que detêm maior concentração de UHEs, sendo MG com 53 usinas no total de 12.581.541,00 kW de potência outorgada e o SP com 48 UHEs totalizando 14.521.109,0 kW.

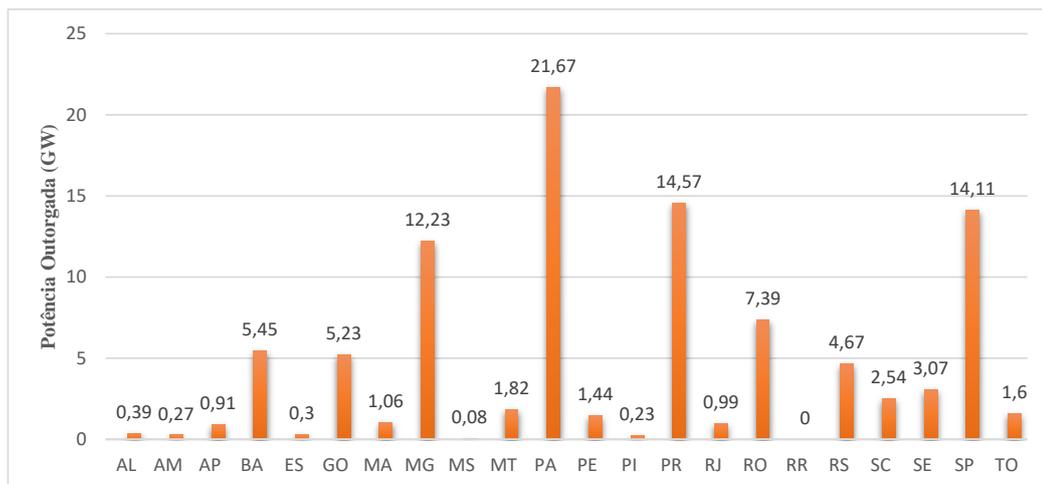
Mesmo tendo somente 5 UHEs, o Pará (PA), atualmente, é um dos Estados que mais produz e exporta energia elétrica no Brasil, com uma participação de 11%, sendo o segundo maior produtor de energia estando atrás somente do Estado de São Paulo que produz 12,24 % da energia do país. Contudo, a liderança do estado do Pará (PA) não é de longa data, pois, de acordo com o Anuário Estatístico de Energia Elétrica (2017), em 2016, o estado apresentou a quarta maior capacidade de geração de energia instalada no Brasil. Mesmo com a Usina de Belo monte (com capacidade de 11.233 MW) e a de Tucuruí (capacidade de 8.370 MW), ficou atrás da Itaipu (com capacidade de 14.000 MW). Com isso, o Paraná foi o Estado com maior produção naquela época, gerando 17.758 MW.

Figura 21 - Quantidade de UHEs por Estado Brasileiro



Fonte: Autor, adaptado da ANEEL, 2022.

Figura 22 - Capacidade Instalada por Estado



Fonte: Autor, adaptado da ANEEL, 2022.

Segundo o balanço de 2018, o PA contribuiu em 10,89% da geração nacional produzindo 27.442,8 MW. Isso deixou o estado como segundo colocado na produção nacional, ficando atrás do Estado de São Paulo que possui 23.302 MW, cerca de 14,55% do que o Brasil produz (ANEEL, 2018). Atualmente, o Estado do Pará possui duas das mais importantes usinas hidrelétricas do país, uma no município de Tucuruí e outra em Altamira/São Félix do Xingu, e consegue abastecer todo o território com 11% da sua geração, além disso, essas duas usinas somadas chegam a 97,65% do potencial energético de todo o Estado de PA (ANEEL, 2020).

Diante do exposto, ao analisar as Figuras 21 e 22 é possível identificar que um número maior de usinas em um estado não significa necessariamente maior potência instalada nesse mesmo estado, pois, o estado de MG possui maior números de UHEs instaladas, assim como, o estado de SP, contudo, a Figura 21 mostra que o Estado com maior potência instalada é o PA com 21,67% de potência instalada, seguido dos Estados do PR, SP e MG com 14,57%, 14,11% e 12,23% respectivamente.

Segundo a Companhia Paranaense de Energia (Copel) (2019), o Estado de Paraná tem um alto potencial hidrelétrico podendo gerar cerca de 26.000 MW nas principais bacias dos seus rios. O Estado conta a produção da energia das duas principais Usinas Hidrelétricas, Usina de Itaipu e as Usinas Hidrelétricas da Copel.

Quase 70% de energia disponível para o consumo no Brasil são produzidas pelas UHEs, sendo que cerca de 40,5% potencial hidrelétrico do país se localiza na Bacia Hidrográfica do rio Amazonas. Contudo, a maior geração de energia hidráulica do país se encontra na Bacia do rio Paraná por conta da Itaipu Binacional. A Bacia do rio Paraná, segundo a Itaipu Binacional (2021), é a bacia de maior demanda energética e também com a maior capacidade instalada de energia elétrica do país. Sendo a Itaipu a usina com a maior capacidade dentre os 57 grandes reservatórios existentes na bacia.

O outro ponto que faz do estado do PR ser um dos expoentes no aproveitamento das fontes hídricas é o fato do estado, de acordo com ABRAPCH e ANEEL (2021), ser o sexto com mais PCHs e ter cerca de 82 mil quilowatts de potência outorgada dos 68 empreendimentos de CGHs. Os estados Acre (AC), Ceará (CE), Paraíba (PB), Rio Grande do Norte (RN) e Distrito Federal (DF), não possuem UHEs, pois são estados com potencial hidráulico fraco para implementação desse tipo de empreendimento. E isto, pode ser atribuído à diversificação do clima brasileiro e a diferentes tipos de relevos predominantes no país.

Segundo GUITARRARA (2022), existem no Brasil ocorrência de 6 tipos de clima, sendo equatorial, semiárido, tropical, tropical de altitude e tropical atlântico, e em decorrência disso, alguns Estados estão localizados nas regiões onde apresentam pouca precipitação como é o caso do CE, PB e RN que fazem parte da região Nordeste onde o clima dessa região é de baixa umidade e longo período em que há baixo ou nenhum registro de chuvas.

Por essa razão, o Estado do CE e RN possuem baixos potenciais hidrelétricos, mas possuem alto potencial eólico e solar.

A região Norte, apresenta um clima equatorial do tipo úmido e com isso, possui as médias pluviométricas elevadas, abrangendo parte do AC. Contudo, mesmo que o estado do

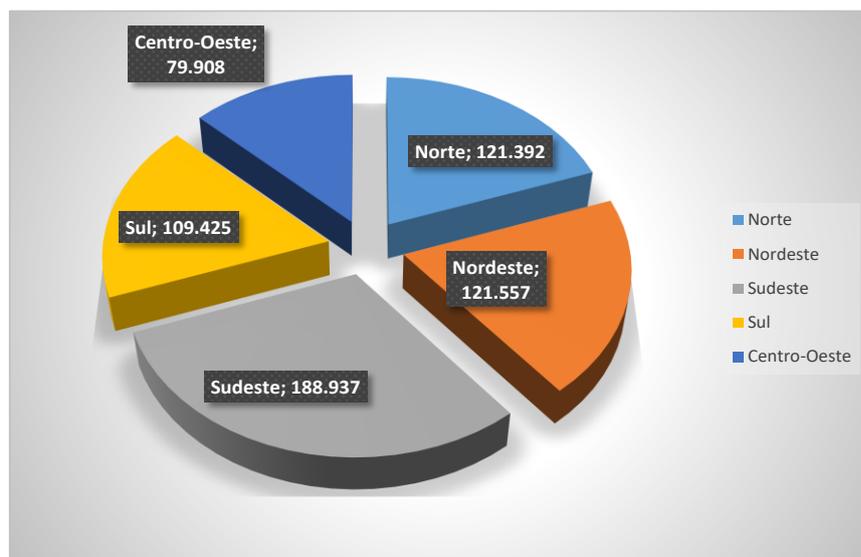
Acre tenha um clima propício a chuvas e seja abrangido pela bacia Amazônica, que é a maior bacia hidrográfica do Brasil, o estado possui um baixo potencial hídrico. Isto porque a bacia Amazônica tem pouca declividade dos rios, o que diminui o seu potencial, além das questões ambientais (REZAGHI, 2013).

4.2.1 Análise da Geração das UHEs por região brasileira

Segundo o Balanço Energético Nacional (2021), com os dados elaborados pela EPE, o estado com maior potência outorgada foi o estado de PA com 20.487 MW. Em segundo está SP com 20.272 MW e em terceiro o PR com 18.178 MW de potência, conforme mostra a Tabela 1 no Anexo A. Porém, com relação a geração da energia elétrica por região e Unidade de Federação no Brasil (UF) o estado de São Paulo teve uma geração de 68.607 GWh, Paraná – 66.728 GWh e o estado de Pará em terceiro lugar com uma geração de 60.793 GWh (EPE, 2021).

A região Sudeste continua sendo a região com maior geração da energia elétrica com 188.937 GWh e em segundo, a região Nordeste com 121.557 GWh como ilustra a Figura 23.

Figura 23 - Geração elétrica por região no Brasil (GWh)



Fonte: Autor, adaptado do EPE; Balanço Energético Nacional, 2021.

4.2.2 Análise das Potências Outorgadas

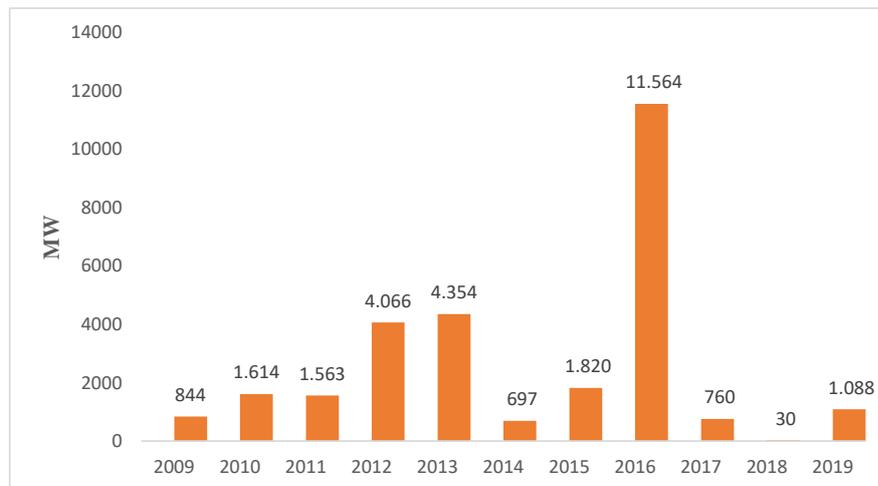
As Tabelas 2 e 3 contidas no Anexo A, apresentam as principais UHEs que entraram em operação no Brasil e as suas respectivas potências outorgadas, de 2009 a 2019.

Na Tabela 2, pode-se observar que o ano que teve mais empreendimento entrando em operação foi o ano de 2010 com 9 usinas hidrelétricas. Porém, 2016 foi o ano que teve maior potência outorgada total por geração hídrica, com um total de 11.564 MW. Conforme, também, pode-se na Figura 23.

O ano de 2016 foi o ano com maior potência outorgada por conta da, a destacar, usina de Belo Monte em PA com 11.233 MW e Cachoeira Caldeirão com 219 MW dentre as 5 UHEs que entraram em operação no ano citado.

Na Figura 24 são apresentadas as potências outorgadas por ano das usinas que entraram em operação com potência superior ou igual a 30 MW, com uma redução em 2018 por conta de uma única usina que entrou em operação com potência igual a 30 MW.

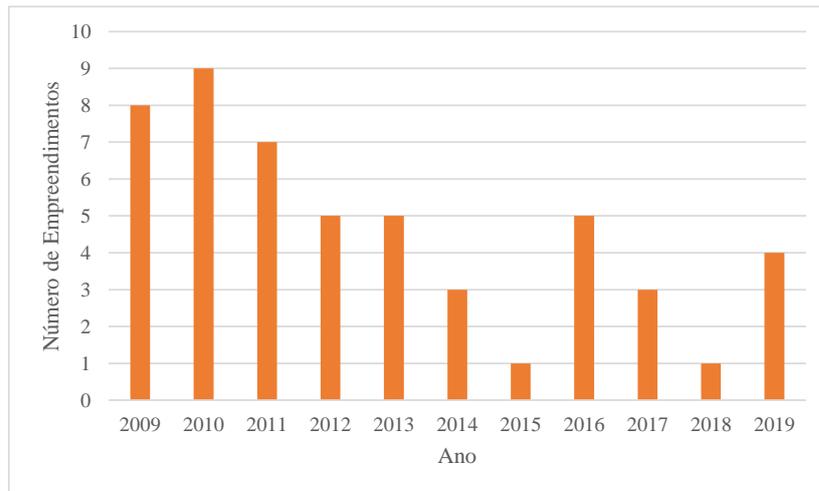
Figura 24 – Potência Outorgada por ano no Brasil (MW)



Fonte: Autor, adaptado do SIGA -ANEEL, 2021.

Entre os anos de 2011 e 2015, segundo Sistema de Informações de Geração da ANEEL (SIGA, 2021), o número das principais usinas hidrelétricas que entram em operação foi reduzindo. Percebe-se ainda que na Tabela 3, assim como na Figura 25, não houve usinas hidrelétricas que entraram em operação, atendendo a condição da potência da tabela (superior ou igual a 30 MW), em 2020. Por essa razão não há dados das hidrelétricas de 2020.

Figura 25 – Quantidade das principais UHEs por ano no Brasil

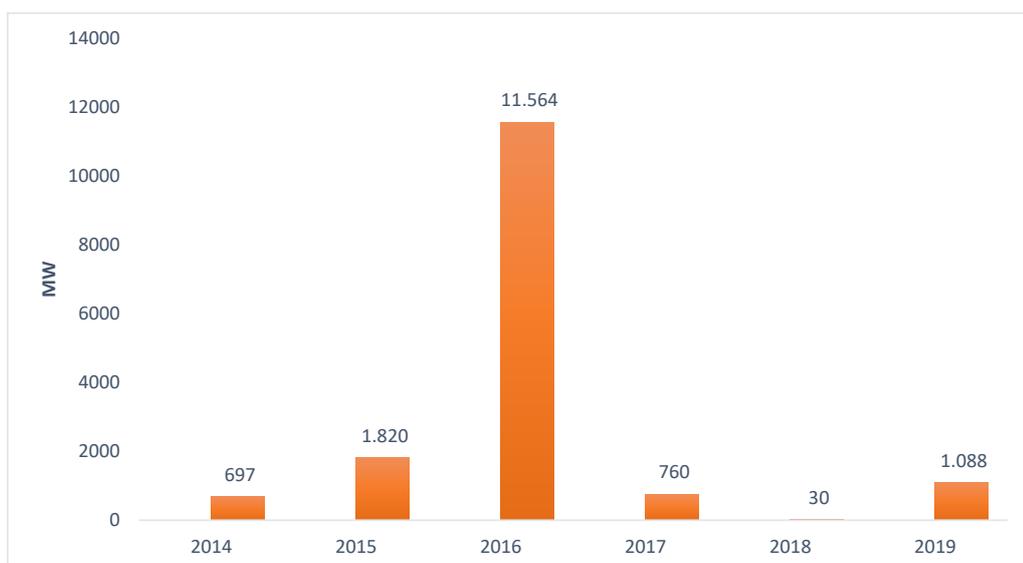


Fonte: Fonte: Autor, adaptado do SIGA -ANEEL, 2021.

4.3 Crise Hídrica e o Impacto na Geração Elétrica

Há uma discrepância quanto a quantidade de potência outorgada por ano entre 2014 e 2019, como ilustrado na Figura 26, sendo 2016 o ano com maior potência outorgada, considerando usinas com potências iguais ou superiores a 30 MW.

Figura 26 - Potência Outorgada das principais UHEs que entraram em operação por ano no Brasil (MW)



Fonte: Autor, adaptado da SIGA -ANEEL, 2021.

O ano de 2018 foi o pior ano para geração nacional em relação a produção hidrelétrica, pois, os reservatórios das principais hidrelétricas nacional enfrentaram uma temporada de chuvas abaixo da média. O baixo volume médio chuvas em 2018, significou a continuidade de produção negativa das hidrelétricas também em 2019. Segundo os dados meteorológicos da Climatempo (2018), a média das precipitações foi de 87% na época das chuvas de 2017/2018, porém a Climatempo não detalha previsões mensais específicas para este período.

Em 2021, o Brasil registrou sua pior crise hidrológica em 91 anos. As consequências da baixa pluviosidade atingiram diversos setores (da agricultura ao abastecimento de água das grandes cidades) e impactaram diretamente na produção de energia, segundo Agência Brasil (2021). A situação se agravava e os maiores desabastecimento do ano já se mostrava desde maio, quando a perspectiva de seca severa chegou com o período caracterizado por baixa umidade, principalmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do país, onde estão os principais reservatórios do Brasil.

Levantamento do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS, 2021) constatou que, nos últimos sete anos os reservatórios hidrelétricos, responsáveis pela maior parte da energia produzida no Brasil, receberam menos água do que a média dos últimos sete anos.

Diante disso, o fantasma de uma queda de energia, o apagão, que há exatos 20 anos obrigou os brasileiros a racionarem a energia elétrica, voltou a assombrar o país. Contudo, desta vez há uma diferença já que o Brasil depende um pouco menos da água para a produção da energia.

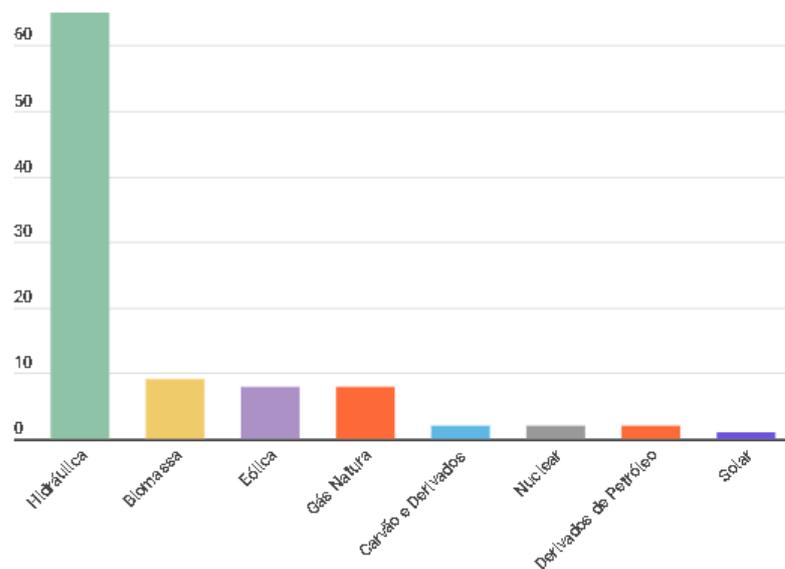
Em maio de 2021, o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) do Ministério de Minas e Energia (MME), por conta da estiagem, decidiu pela necessidade de ativar as usinas termelétricas para que abastecesse o país. Deve-se notar que as usinas termelétricas são mais poluentes e mais caras. A ANEEL, no final de junho, aumentou em 52% a parcela das contas pagas pela operação dessas usinas. Como resultado, os consumidores acabam pagando mais por suas contas de energia elétrica. No entanto, se em 2001 as usinas movidas a carvão, gás natural ou petróleo eram a única saída, em 2021 país contou com parques eólicos e até mesmo com a biomassa para produzir eletricidade.

Em 2001, cerca de 85,6% da energia total no Brasil era proveniente de UHEs (298,6 TWh do total 348,9 TWh). No ano em questão, o país enfrentou uma seca histórica e, com isso, os níveis de água dos reservatórios das hidrelétricas caíram, resultando em cortes de energia. Entretanto, em 2021 com a seca em alta, o Brasil estava mais uma vez preocupado com as

medidas de racionamento e o risco de outros apagões. Mas a matriz de geração elétrica brasileira já estava mais diversificada.

Relatório de MME em parceria com a EPE mostrou que, a dependência das hidrelétricas caiu para 65,2% em 2020. Isso porque houve um aumento da capacidade de produção de outras fontes como biomassa, eólica, solar, gás natural, carvão e derivados, nuclear e derivados de petróleo como mostra a Figura 27.

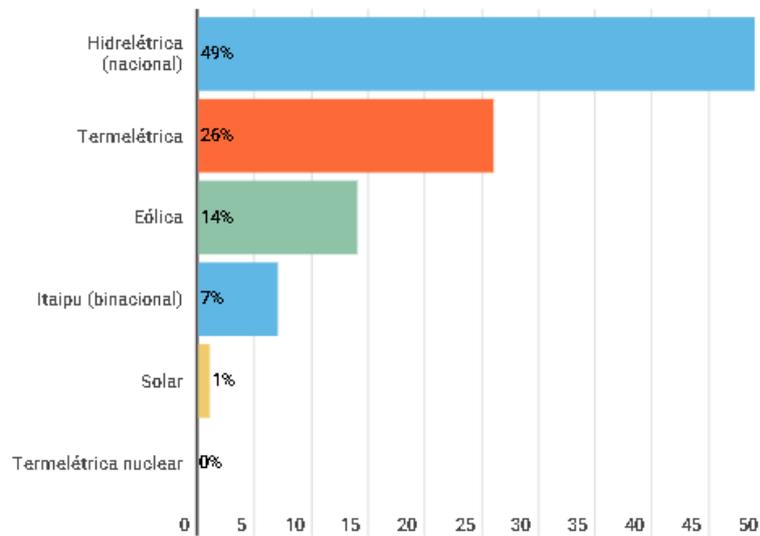
Figura 27 - Matriz Elétrica Brasileira em 2020



Fonte: Relatório Síntese, 2021; EPE e MME.

Embora a energia total produzida pelas hidrelétricas no país tenha diminuído de 85% em 2001 para 65% em 2020, a dependência das hidrelétricas na matriz elétrica ainda continua alta. Entretanto, em julho de 2021, segundo o boletim do ONS, 14,3% da energia gerada no Brasil foi produzida pelas usinas eólicas, como demonstra a Figura 28, uma alternativa também renovável.

Figura 28 - Balanço de produção de energia em 15 de julho de 2021



Fonte: ONS/ Balanço do Sistema Interligado Nacional (SIN), 2021.

4.4 Crise Hídrica e o Impacto na Economia

A crise hídrica que atingiu o Brasil está afetando a economia em várias frentes e tornando ainda mais frágeis as expectativas de uma forte recuperação da atividade econômica, após resultados parcos no segundo trimestre deste ano, segundo os dados divulgados pelo IBGE (2021).

Imediatamente, a seca fez subir os preços da energia elétrica e tornou-se mais uma pressão inflacionária para a população, que já sofria com o aumento dos alimentos e do combustível. A indústria também tem lidado com ajustes nos custos de produção em um cenário de menor margem de manobra para absorver novos choques.

De acordo com a G1, o governo brasileiro reconheceu a gravidade da situação, mas descartou um racionamento, muito embora tenha adotado algumas medidas para evitar o apagão como por exemplo:

- Premiação para consumidores que economizasse a energia;
- Decreto que obrigasse os órgãos públicos a reduzirem o consumo de 10% a 20%.

Com os reservatórios baixos, o Brasil não pôde contar com apenas UHEs para garantir o abastecimento de energia do país. A solução foi o acionamento das usinas

termelétricas, o que aumentou os custos de produção, encarecendo a conta mensal de energia. Nos 12 meses encerrados em julho, energia elétrica residencial cresceu 20,9% de acordo com o Índice Nacional de Preços ao Consumidor (IPCA) e além disso, em setembro a ANEEL anunciou a criação da “bandeira tarifária escassez hídrica”. Essa bandeira entrou em vigor adicionando R\$14,20 às faturas para cada 100 kW/h consumidos, o que fez com que as contas de luz subissem mais 7%.

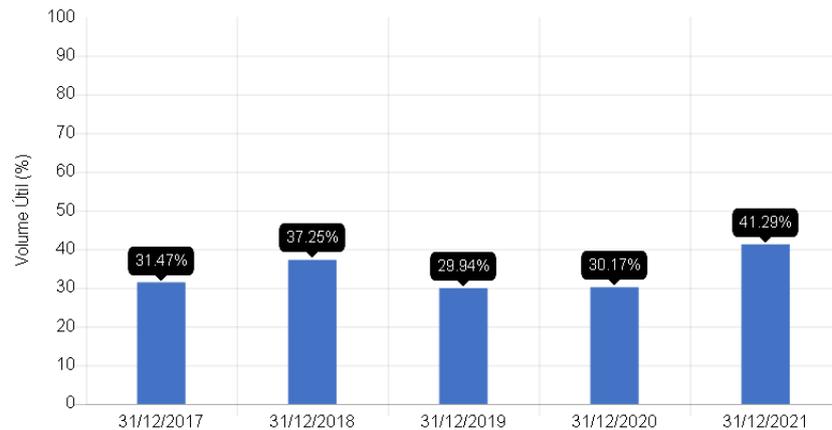
Em 2020, devido a pandemia de COVID-19, as bandeiras tarifárias não foram usadas mesmo com prejuízos na geração da energia por conta da seca. Porém, desde 2021 as taxas voltaram e com adicional mais lato ao que se pagava, R\$14,20 por 100 kW/h. Contudo, o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) divulgou uma previsão que aponta para chuvas médias para regiões onde ficam importantes reservatórios para o setor elétrico, como sul de MG e o norte de SP, para meses de março e abril de 2022 (IAB, 2021).

Mesmo que chova em 2022, a expectativa é que as contas de luz aumentem não só por conta da dívida de 2021, mas também por novas despesas já incorridas para o futuro. Isto por causa da instalação de usinas termelétricas, conforme prevê lei que levou a privatização de Eletrobras.

As chuvas do mês de novembro de 2021 minimizaram o risco de cortes de energia em 2022. A análise foi publicada no site da ONS. De acordo com a avaliação do órgão, em novembro choveu mais do que esperado, o que aumenta a capacidade do sistema de gerar energia elétrica nos próximos meses.

O volume dos reservatórios do SIN aumentou 26,3% no final de novembro, ou 0,9% acima da previsão das empresas de energia na reunião do CMSE. Segundo o armazenamento do SIN no final de dezembro, os reservatórios estavam em torno de 41,29% conforme mostra a Figura 29.

Figura 29 - Volume equivalente do SIN (%)



Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA); Elaboração: SIN, 2021.

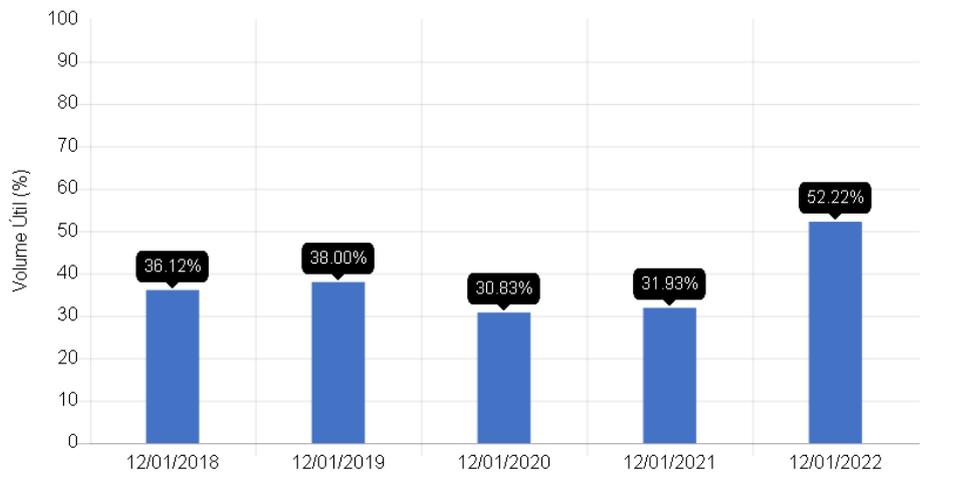
Ainda na Figura 29, pode-se observar que para a mesma data, em 2020, os reservatórios estavam com o volume dos reservatórios abaixo que o observado em 2021. Vale salientar ainda que os reservatórios equivalentes são reservatórios abstratos que representam a soma do volume de todos os aproveitamentos dos tipos de reservatórios e usinas com reservatórios do SIN.

Sendo que o módulo do SIN contempla 162 infraestruturas, a destacar:

- Reservatório: 10;
- Usina a fio d'água: 91;
- Usina com Reservatório: 60;
- Usina de Bombeamento: 1.

De acordo com as projeções do ONS, os reservatórios do subsistema Sudeste/Centro-Oeste, que são os mais sobrecarregados, atingirão 58% a capacidade até 31 de maio de 2022, 15,9% acima do mesmo período do ano passado. No entanto, os dados deste ano já mostram um aumento significativo nos reservatórios do SIN em janeiro de 2022, como mostra a Figura 30.

Figura 30 - Volume equivalente do SIN (%)



Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA); Elaboração: SIN, 2021.

Em comparação ao ano retrasado, para o mesmo período, os reservatórios já apresentam dados bem otimistas acima de 50%. E embora mais otimista, o ONS recomendou que o país continue com as usinas termelétricas ativas pois elas foram responsáveis por um adicional médio mensal em dezembro de 15.000 MW.

A Secretaria de Energia Elétrica do MME informou que o ano de 2021 terminou com uma expansão da geração centralizada de energia de 7.562 MW, o maior valor visto nos últimos cinco anos. Uma capacidade total de aproximadamente 2.500 MW superior ao planejado inicialmente para 2021, o que indica que os esforços planejados para a entrada em operação dos empreendimentos energéticos surtiram efeito desejado contribuindo assim para o atendimento do SIN.

Destacou-se também o forte crescimento da geração descentralizada, gerada a partir de instalações consumidoras, com um total de 8.551 MW instalados até o final de 2021, representando 5% da capacidade total de geração atual do país, que atingiu uma capacidade total instalada de 190 GW no ano em questão.

5 PERSPECTIVAS DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO PARA 2022

Infelizmente, o setor elétrico brasileiro foi marcado por escassez hídrica com alto risco de racionamento e para evitar possíveis cortes de energia, os órgãos reguladores do setor elétrico adotaram medidas como a criação de uma Câmara de Regras Excepcionais para Gestão Hidroenergética (CREG) e mecanismos de redução de carga. Essas medidas garantem, assim, a segurança do SIN e o atendimento à demanda. No entanto, hoje o Brasil está em melhor forma com o aumento das chuvas nas principais bacias do SIN. Isso é o que indica uma transição do típico período úmido, nos modelos convencionais (ADÃO, 2021).

Mesmo com o aumento das chuvas, é preciso ficar ainda em situação de alerta e atenção. Por exemplo, durante a última reunião da CREG, houve um alerta da parte do ONS de que ainda não está tudo na normalidade, considerando a condição atual do solo que é bastante seco. Apesar das expectativas de melhoria do serviço, medidas especiais devem ser tomadas para garantir a segurança do SIN, como para reduzir o risco do racionamento em 2022. A CREG diante disso, sugeriu algumas medidas:

- **Flexibilização Hidráulica**

Permanência da flexibilidade hidráulica nas hidrelétricas de Jupia e Porto Primavera durante o próximo período úmido, entre novembro de 2021 e fevereiro de 2022. Além disso, o conselho também propôs operar de forma flexível até o final de março de 2022.

- **Programa da Redução Voluntária da Demanda (RVD)**

Além de apostar em medidas de flexibilidade hídrica, o ONS apontou para a qualquer momento reabrir o seu programa de Redução Voluntária da Demanda (RVD). Isso pode acontecer caso seja identificada a necessidade de recursos adicionais para geração de energia elétrica, atendendo a demanda até abril de 2022.

- **Fontes de energias renováveis**

Os avanços nas fontes renováveis também ajudaram a enfrentar a crise hídrica, além disso, há uma grande expectativa na produção para 2022, especialmente para as fontes de energia solar e eólica.

As perspectivas para 2022 são, portanto, mais agradáveis do que se vivenciou em 2021 no setor elétrico. Além disso, o risco de ocorrer outro racionamento é relativamente baixo. Dada a situação atual, o excesso de capacidade instalada, o reforço da transmissão e as ações governamentais podem ser mantidas. Neste sentido, é crucial que o governo se mantenha vigilante.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho possibilitou a reunião de dados e informações a respeito do setor elétrico brasileiro, com ênfase na geração de energia elétrica através das Usinas Hidrelétricas (UHEs), seus componentes, análise do potencial hídrico que cada Estado possui para implementar ou não tais empreendimentos, além dos impactos positivos ou negativos.

Verificou-se que a matriz elétrica brasileira ainda é dependente da capacidade de geração elétrica das hidrelétricas, mesmo que nos últimos anos as outras fontes de geração renovável tenham tido crescimento. Diante disto, investimentos em outras fontes de geração como eólica e solar, como medida de reduzir essa dependência, além de construção de PCHs como alternativas à UHEs, são alternativas que vem sendo pensadas e executadas no setor elétrico brasileiro.

Observou-se ainda, que os estados com maior potência instalada na geração hídrica são os Estados de Pará, Paraná, São Paulo e Minas Gerais, sendo o Estado de Minas Gerais com maior número de UHEs de todo o Brasil. Contudo, constatou-se que o processo para obtenção do licenciamento ambiental para construção dessas usinas de grande porte é bastante burocrático, tendo sido motivo de operação não iniciada de muitos empreendimentos. Os impactos adversos causados pela construção dos reservatórios das usinas hidrelétricas, tem sido o aspecto negativo e o que tem dificultado a obtenção da licença ambiental.

E face a isso, os números de usinas que não dependem de grandes reservatórios têm vindo a crescer. Por um lado, a área ocupada é menor, o que já representa uma diminuição de problemas causados a fauna e flora. Por outro lado, essas PCHs têm perfil de geração distribuída, próxima aos pontos de carga, o que faz com que haja uma redução na perda de energia no SIN e permitem evitar ou postergar a utilização de linhas de transmissão e subestação.

Como tal, em razão da dependência em relação a geração elétrica das grandes usinas na matriz elétrica brasileira, o país enfrentou grande problema diante da crise hídrica, além da pandemia, que se fez sentir no período de 2020 a 2021, gerando prejuízos para economia com aumento da inflação e dos custos das faturas de energia elétrica.

Diante de todas as considerações apresentadas e dos problemas encontrados na implementação de hidrelétricas de grande porte, pode-se frisar que as usinas hidrelétricas têm sim um grande contributo para o desenvolvimento tanto social quanto econômico, porém, a grandiosidade da obra traz consigo inúmeros problemas para a o meio ambiente como um todo.

Uma sugestão para o futuro seria investir em mais fontes alternativas de geração elétrica, incluir a repotenciação e reativação de pequenos empreendimentos em relação a redução de perdas e custos na transmissão de energia elétrica, e em relação a melhoria na confiabilidade do sistema para atender a demanda na análise econômica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A distribuição da água no mundo. A água na superfície terrestre. **Mundo Educação**. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/a-distribuicao-agua-no-mundo.htm>>. Acesso em: 20 jan. 2022.

A distribuição da água no planeta. **Educador Brasil Escola**. Disponível em: <<https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/a-distribuicao-agua-no-planeta.htm>>. Acesso em: 20 jan. 2022.

ABRAMCZUK, Claudia; DILLY, Marcel; ENGELBERT, Ricardo; *et al.* **METODOLOGIA CIENTÍFICA: ANÁLISE E REFLEXÃO SOBRE A EFICÁCIA DOS RESUMOS DE ARTIGOS ACADÊMICOS**. v. 2, n. 1, p. 12, 2012.

ABREU, John Kennedy Gaspar de. **Pequenas Centrais Hidrelétricas – Alternativa para Produzir Energia**. CURITIBA – PARANÁ, 2008. 14 p.

ADÃO, Mariane. “Setor Elétrico Brasileiro em 2022”; **EcomEnergia**. Disponível em: <https://www.ecomenergia.com.br/blog/setor-eletrico-brasileiro-em-2022/> . Acesso em 12 de janeiro de 2022.

ÁGUAS, Agência Nacional de. **Sistema Interligado Nacional**. Sistema de Acompanhamento de Reservatórios. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/sar/sin/sistema-interligado-nacional>>. Acesso em: 13 jan. 2022

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil) (ANEEL). **Atlas de Energia Elétrica**. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/2005_AtlasEnergiaEletricaBrasil2ed/06b7ec52-e2de-48e7-f8be-1a39c785fc8b

Aneel sobe em 52% taxa extra na conta de luz, para R\$ 9,49 por 100 kWh. **Uol**. Disponível em: <<https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2021/06/29/conta-de-luz-aumento-bandeira-tarifaria-aneel.htm>>. Acesso em: 13 jan. 2022.

Aneel libera conclusão de única hidrelétrica com reservatório em construção no país. **Anace**. Disponível em: <<http://www.anacebrasil.org.br/noticias/aneel-libera-conclusao-de-unica-hidreletrica-com-reservatorio-em-construcao-no-pais/>>. Acesso em: 22 nov. 2021.

Anuário Estatístico de Energia 2021. **EPE**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Workbook_2021.xlsx>. Acesso em: 3 jan. 2022.

Anuário Estatístico de Energia. **EPE**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>>. Acesso em: 3 jan. 2022.

Atlas de energia elétrica do Brasil (2ª edição) - Livros – ANEEL ANEEL. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/livros/-/asset_publisher/eZ674TKh9oF0/content/atlas-de-energia-elétrica-do-brasil/656835>. Acesso em: 15 jan. 2022.

AZEVEDO, João Paulo Minardi De; NASCIMENTO, Raphael Santos Do; SCHRAM, Igor Bertolino. ENERGIA EÓLICA E OS IMPACTOS AMBIENTAIS: UM ESTUDO DE REVISÃO. **REVISTA UNINGÁ**, v. 51, n. 1, 2017. Disponível em: <<http://34.233.57.254/index.php/uninga/article/view/1340>>. Acesso em: 5 nov. 2021

Balanco Energético Nacional 2021. **EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE)**. 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2021>. Acesso em: 11 nov. 2021.

Brasil - **Energia em 2001**. Disponível em: <<https://ecen.com/eee33/brasilenerg2001.htm>>. Acesso em: 13 jan. 2022.

BRASIL. Ministério Público Federal. Procuradoria Federal dos Direitos do Cidadão. **Nota técnica à PEC 65/2012**. Brasília, 2016. Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/pgr/documentos/nota-tecnica-pec-65-2012/>

BRASIL. **Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências L6938. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acesso em: 30 dez. 2021.

BRASIL. Senado Federal. **PEC 65/2012 - Senado Federal**. Disponível em: <<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/109736>>. Acesso em: 30 dez. 2021.

CARVALHO, Joaquim Francisco de (2002) Construção e Desconstrução do Sistema Elétrico Brasileiro in "**Política Energética e Crise de Desenvolvimento: A antevisão de Catullo Branco**", Adriano Murgel Branco (org.), Editora Paz e Terra, São Paulo, pp. 97-116.

Ceará ocupa o 13º lugar no ranking energético nacional e tem como principais matrizes de energia a termelétrica e a eólica. **Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará**. Disponível em: <<https://www.ipece.ce.gov.br/2018/12/12/ceara-ocupa-o-13o-lugar-no-ranking-energetico-nacional-e-tem-como-principais-matrizes-de-energia-a-termeletrica-e-a-eolica/>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

Climas do Brasil: quais são, características, mapa. **Brasil Escola**. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/brasil/os-climas-brasil.htm>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

CMSE amplia possibilidade de adoção de medidas excepcionais diante da permanência de condições adversas de atendimento. **Ministério de Minas e Energia**. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/cmse-amplia-possibilidade-de-adocao-de-medidas-excepcionais-diante-da-permanencia-de-condicoes-adversas-de-atendimento>>. Acesso em: 13 jan. 2022.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução n. 237, de 23 de janeiro de 1986.** Revisa procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental, de forma a incorporar ao sistema de licenciamento os instrumentos de gestão ambiental e a integrar a atuação dos órgãos do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama) na execução da Política Nacional do Meio Ambiente.

Copel. Disponível em:

<<https://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2Fverdocatual%2FA93BECD1BAF3210F03257412006227BB>>. Acesso em: 11 jan. 2022.

Conta de luz continuará alta em 2022 e nos próximos anos, mesmo sem seca. **Acende Brasil.** Disponível em: <<https://acendebrasil.com.br/imprensa/conta-de-luz-continuara-alta-em-2022-e-nos-proximos-anos-mesmo-sem-seca/>>. Acesso em: 03 jan. 2022.

Crise hídrica se agrava e vira mais um entrave para o crescimento da economia brasileira. **G1.** Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/crise-da-agua/noticia/2021/09/01/ crise-hidrica-se-agrava-e-vira-mais-um-entrave-para-o-crescimento-da-economia-brasileira.ghtml>>. Acesso em: 13 jan. 2022.

DAMS, World Commission on. **Dams and Development: A New Framework for Decision-making: the Report of the World Commission on Dams.** [s.l.]: Earthscan, 2000.

DESTER, Mauricio. **A HIDROELETRICIDADE: UMA FONTE DE ENERGIA ESSENCIAL NA MATRIZ DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL.** n. 51, p. 38, 2018.

Database documentation - coal information 2021. p. 84.

Energia_Hidraulica(2).pdf> Acesso em: 3 de janeiro de 2022

https://www.aneel.gov.br/livros/-/asset_publisher/eZ674TKh9oF0/content/atlas-de-energia-eletrica-do-brasil/656835

Energia | InvesteSP. **Investe SP.** Disponível em: <<https://www.investe.sp.gov.br/por-que-sp/infraestrutura/energia/>>. Acesso em: 12 jan. 2022.

Fontes de energia. Tipos de Fontes de Energia no mundo atual. **Brasil Escola.** Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/fontes-energia.htm>>. Acesso em: 16 nov. 2021.

GORDILHO, Heron José Santana; SIQUEIRA, Raissa Pimentel S. **PROPOSTA DE EMENDA À CONSTITUIÇÃO Nº 65 DE 2012: RÉQUIEM AO LICENCIAMENTO AMBIENTAL.** Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável, v. 16, n. 36, p. 279–299, 2019.

GURGACZ, Acir Marcos. **Proposta de Emenda à Constituição n. 65. 2012.**

GUITARRARA, Paloma. "Climas do Brasil"; **Brasil Escola.** Disponível em:

<https://brasilecola.uol.com.br/brasil/os-climas-brasil.htm>. Acesso em 18 de janeiro de 2022.

GYORI, Dinara Fernandes Silva. **ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA DE REPOTENCIAÇÃO DE PCHS COM INSERÇÃO DE BENEFÍCIOS AMBIENTAIS: ESTUDO DE CASO.** p. 125.

HELERBROCK, Rafael. "Usinas de eletricidade"; **Brasil Escola.** Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/usinas-eletricidade.htm>. Acesso em 20 de novembro de 2021.

Hidrelétricas podem seguir com chuva abaixo da média em 2018/19. **Exame.** Disponível em: <https://exame.com/economia/hidreletricas-podem-seguir-com-chuva-abaixo-da-media-em-2018-19/>>. Acesso em: 13 jan. 2022.

Matriz Energética Mundial 2018. **INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA).** 2021. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=TESbySource>. Acesso em: 11 nov. 2021.

JUNIOR, Alvaro Mari; MARI, Angelo Gabriel; CABRAL, Ana Claudia; *et al.* VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ENERGIA HIDRÁULICA. **Acta Iguazu**, v. 2, n. 4, p. 20–28, 2013.

Licenciamento Ambiental – **Santo Antônio Energia.** Disponível em: <https://www.santoantonioenergia.com.br/sustentabilidade/licenciamento-ambiental/>>. Acesso em: 22 jan. 2022.

Licenciamento ambiental de hidrelétricas. **Canal Ciência.** Disponível em: <https://canalciencia.ibict.br/ciencia-em-sintese1/ciencias-biologicas/173-licenciamento-ambiental-de-hidreletricas>>. Acesso em: 27 dez. 2021.

Licenciamento ambiental de hidrelétrica leva 9 anos • **Abrapch.** Disponível em: <https://abrapch.org.br/2018/11/licenciamento-ambiental-de-hidreletrica-leva-9-anos/>>. Acesso em: 29 dez. 2021.

Logística de Energia | **IBGE.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/redes-e-fluxos-geograficos/15792-logistica-de-energia.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 12 jan. 2022.

Matriz Energética e Elétrica. **EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE).** 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 11 nov. 2021.

MENDES, Noeli Aparecida Serafim. **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA.** p. 222.

MORETTO, Evandro Mateus; GOMES, Carina Sernaglia; ROQUETTI, Daniel Rondinelli; *et al.* **Histórico, tendências e perspectivas no planejamento espacial de usinas hidrelétricas**

brasileiras: a antiga e atual fronteira Amazônica. *Ambiente & Sociedade*, v. 15, n. 3, p. 141–164, 2012.

NAIME, Roberto. **IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DE HIDRELÉTRICAS E RESERVATÓRIOS NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS BRASILEIRAS.** p. 14, 2012.

NACIONAL, Imprensa. **RESOLUÇÃO N° 875, DE 10 DE MARÇO DE 2020** - DOU - Imprensa Nacional. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou>>. Acesso em: 20 nov. 2021.

Níveis de hidrelétricas em 2021 são os mais baixos dentro de 91 anos. **Agência Brasil.** Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/geral/audio/2021-06/niveis-de-hidreletricas-em-2021-sao-os-mais-baixos-dentro-de-91-anos>>. Acesso em: 13 jan. 2022.

NOSCHANG, Luiza Bartz. **Os problemas socioambientais causados pela hidrelétrica de Itaipu.** p. 11, 2015.

OLIVEIRA, Nathalia Capellini Carvalho de. **A grande aceleração e a construção de barragens hidrelétricas no Brasil.** *Varia História*, v. 34, n. 65, p. 315–346, 2018.

O licenciamento ambiental das usinas hidrelétricas e o papel da Agência Nacional de Águas para a sua concretização - **Jus.com.br | Jus Navigandi.** Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/50556/o-licenciamento-ambiental-das-usinas-hidreletricas-e-o-papel-da-agencia-nacional-de-aguas-para-a-sua-concretizacao>>. Acesso em: 30 dez. 2021.

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico. **ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico.** Disponível em: <<http://ons.org.br:80/paginas/sobre-o-sin/o-sistema-em-numeros>>. Acesso em: 12 jan. 2022.

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico. **ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico.** Disponível em: <<http://ons.org.br:80/Paginas/Noticias/Nota-a-imprensa-Esclarecimentos-em-relacao-a-nota-tecnica-Avaliacao-das-Condicoes-de-Atendimento-Eletoenergetico-do-SIN.aspx>>. Acesso em: 13 jan. 2022.

O que foi o apagão de 2001? A conta de luz subiu? Pode acontecer de novo? **Uol.** Disponível em: <<https://economia.uol.com.br/faq/o-que-foi-o-apagao-de-2001-risco-acionamento-energia-eletrica.htm>>. Acesso em: 13 jan. 2022.

PEREIRA, Geraldo Magela. **Projeto de usinas hidrelétricas passo a passo.** São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

Portal da Câmara dos Deputados. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2000/lei-9984-17-julho-2000-360468-publicacaooriginal-1-pl.html>>. Acesso em: 20 jan. 2022.

Produto Interno Bruto - PIB | IBGE. **IBGE**. Disponível em:
<<https://www.ibge.gov.br/explica/ PIB.php>>. Acesso em: 13 jan. 2022.

Quais os principais componentes de uma usina hidrelétrica? **Oficina de Textos**. Disponível em: <<https://www.ofitexto.com.br/comunitexto/quais-os-principais-componentes-de-uma-usina-hidreletrica/>>. Acesso em: 13 dez. 2021.

Ranking 2017 - ANEEL. **ANEEL**. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/ranking-2017/>>. Acesso em: 12 jan. 2022.

REZAGHI, Deborah. “Usinas Hidrelétricas na Amazônia”; **EcoDebate**. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2013/05/29/usinas-hidreletricas-na-amazonia/>. Acesso em 18 de janeiro de 2022.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 237, de 19 de dezembro de 1997. p. 11, **Resolução CONAMA Nº 237 DE 19/12/1997 - Federal - LegisWeb**. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=95982>>. Acesso em: 30 dez. 2021.

Resolução CONAMA Nº 1 DE 23/01/1986 - Federal - LegisWeb. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=95508>>. Acesso em: 30 dez. 2021.

SOUSA, Rafaela; PENA, Rodolfo Alves. “Fontes de energia”; **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilestola.uol.com.br/geografia/fontes-energia.htm>. Acesso em 20 de novembro de 2021.

SOUTO, Ana Lucia. **Impactos socioambientais das usinas hidrelétricas**. Khan Academy, 2018. Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/8-ano/fontes-de-energia/produzindo-energia-eletrica/a/impactos-socioambientais-das-usinas-hidreletricas>. Acesso em: 20 jan. 2022.

SOUZA, Renata Fernanda Oliveira de. **ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS OCACIONADOS POR USINAS HIDRELÉTRICAS NO BRASIL**. Instituto Três Rios da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2017. 55 p.

SARAIVA, Luiza Rotenberg. **LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS – ANÁLISE INTERNACIONAL: BRASIL, VIETNÃ E COSTA RICA**. p. 140.

TERRIN, Kátia Alessandra Pastori; BLANCHET, Luiz Alberto. Direito de energia e sustentabilidade: uma análise dos impactos negativos das usinas hidrelétricas no Brasil. **Revista Videre**, v. 11, n. 22, p. 47–63, 2019.

Todos os tipos de energias e suas fontes. **Significados**. Disponível em: <<https://www.significados.com.br/tipos-de-energia-e-fontes/>>. Acesso em: 16 nov. 2021.

"Usinas hidrelétricas do Brasil" em **Só Geografia**. Virtuoso Tecnologia da Informação, 2007-2022. Consultado em 10/01/2022 às 20:33. Disponível na Internet em http://www.sogeografia.com.br/Conteudos/GeografiaFisica/Hidrografia/content3_6.php

ANEXO A – Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2021 – Ano base 2020

Tabela 1 - Capacidade instalada por região e unidade da federação no Brasil 2020 (MW)

	2020	Part. % (2020)
Brasil	174.737	100,0
Norte	34.855	19,9
Rondônia	8.340	4,8
Acre	68	0,0
Amazonas	2.338	1,3
Roraima	345	0,2
Pará	20.487	11,7
Amapá	795	0,5
Tocantins	2.482	1,4
Nordeste	40.401	23,1
Maranhão	3.573	2,0
Piauí	3.263	1,9
Ceará	4.579	2,6
Rio Grande do Norte	5.415	3,1
Paraíba	909	0,5
Pernambuco	3.567	2,0
Alagoas	4.051	2,3
Sergipe	3.223	1,8
Bahia	11.820	6,8
Sudeste	46.440	26,6
São Paulo	20.272	11,6
Minas Gerais	15.724	9,0
Espírito Santo	1.610	0,9
Rio de Janeiro	8.833	5,1
Sul	32.485	18,6
Paraná	18.178	10,4
Santa Catarina	5.724	3,3
Rio Grande do Sul	8.583	4,9
Centro-Oeste	20.556	11,8
Mato Grosso do Sul	5.869	3,4
Mato Grosso	6.356	3,6
Goiás	8.294	4,7
Distrito Federal	38	0,0

Fonte: Adaptado da EPE; Balanço Energético Nacional, 2021.

Tabela 2 - Principais Usinas Hidrelétricas que entraram em operação no Brasil (MW)

Empreendimento	UF	2009	2010	2011	2012	2013
Total		844	1.614	1.563	4.066	4.354
Baguari	MG	140				
Barra do Braúna	MG	39				
Corumbá III	GO	96				
Monjolinho	RS	74				
Porto Franco	TO	30				
Salto Pilão	SC	192				
São Pedro	ES	30				
São Salvador	TO	243				
Barra dos Coqueiros	GO		90			
Bocaiúva	MT		30			
Caçu	GO		65			
Eng. José L. M. de Godoy Pereira	GO		68			
Foz do Chapecó	SC		855			
Retiro Baixo	MG		84			
Salto	GO		116			
Salto do Rio Verdinho	GO		93			
Serra do Facão	GO		213			
Dardanelos	MT			261		
Estreito	TO			1.087		
Lavrinhas	SP			30		
Queluz	SP			30		
Rondon II	RO			74		
São José	RS			51		
Telegráfica	MT			30		
Governador Jayme Canet Junior	PR				361	
Passo São João	RS				77	
Queixada	GO				30	
Santo Antônio	RO				3.568	
Santo Antônio do Caiapó	GO				30	
Garibaldi	SC					192
Jirau	RO					3.750
Pery	SC					30
São Domingos	MS					48
Simplício	MG					334

Fonte: Adaptado da EPE; Balanço Energético Nacional, 2021.

Tabela 3 - Principais Usinas Hidrelétricas que entraram em operação no Brasil (MW)

Empreendimento	UF	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Total		697	1.820	11.564	760	30	1.088
Batalha (Antiga Paulista)	GO	52					
Ferreira Gomes	AP	252					
Santo Antônio do Jari	PA	393					
Teles Pires	PA		1.820				
Belo Monte	PA			11.233			
Cabeça de Boi	MT			30			
Cachoeira Caldeirão	AP			219			
Salto Apiacás	MT			45			
Salto Curucaca II	PR			37			
São Manoel	PA				700		
Serra das Agulhas	MG				30		
Ypê	GO				30		
Verde 8	GO					30	
Baixo Iguaçu	PR						350
Colíder	MT						300
Sinop	MT						402
Tibagi Montante	PR						36

Fonte: Adaptado da EPE; Balanço Energético Nacional, 2021.