

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANA PAULA PIMENTA

SISTEMA FOTOVOLTAICO FLUTUANTE EM RESERVATÓRIOS: ANÁLISE DE
FATORES AMBIENTAIS ASSOCIADOS AO PROJETO

ALTAMIRA, PARÁ

2021

ANA PAULA PIMENTA

SISTEMA FOTOVOLTAICO FLUTUANTE EM RESERVATÓRIOS: ANÁLISE DE
FATORES AMBIENTAIS ASSOCIADOS AO PROJETO

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC
apresentado como requisito à conclusão MBA de
Gestão Estratégica em Energias Naturais
Renováveis, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. James Alexandre Baraniuk

ALTAMIRA, PARÁ

2021

SISTEMA FOTOVOLTAICO FLUTUANTE EM RESERVATÓRIOS: ANÁLISE DE FATORES AMBIENTAIS ASSOCIADOS AO PROJETO

ANA PAULA PIMENTA

RESUMO

A instalação de sistemas fotovoltaicos flutuantes ainda é um tema incipiente no Brasil, seja utilizando reservatórios de hidrelétricas, ou em rios e lagos para atendimento de comunidades isoladas. Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) estão sendo realizados no país na busca de resultados com melhor eficiência energética. Aliado à disponibilidade de área em reservatórios para a implantação, o Brasil dispõe de alto potencial de geração de energia pela alta incidência solar. O sistema fotovoltaico flutuante tende a ser mais atrativo que a implantação convencional, em terra. Se instalado em reservatórios pode conferir inúmeras vantagens. A instalação das placas fotovoltaicas na água confere um ambiente com uma temperatura menor do que em solo, gerando ganho energético; facilidade na limpeza dos módulos; redução de custos com implantação considerando a disponibilidade de sistema de transmissão nas proximidades. Porém, há também desafios a serem superados, tais como: regulamentação de projetos híbridos e a destinação dos equipamentos no final da sua vida útil. Assim, o principal objetivo deste trabalho é abordar a temática de instalação do sistema fotovoltaico flutuante a uma esfera além do âmbito técnico, apresentando os desafios ambientais e jurídicos na implantação desse sistema.

Palavras-chave: 1. sistema fotovoltaico flutuantes 2. projetos híbridos 3. reservatórios.

ABSTRACT

The installation of floating photovoltaic systems is still an incipient theme in Brazil, using hydroelectric reservoirs, in either rivers or lakes to serve isolated communities. Research and Development (R&D) projects has been carried out in the country aiming for results with better energy efficiency. The availability of area in reservoirs for deployment is a great allied to Brazil's high potential for energy generation due to elevated solar incidence. The floating photovoltaic systems tends to be more attractive than conventional land deployment, and, once installed in reservoirs, the floating photovoltaic systems can provide numerous advantages. Among then: photovoltaic plates in the water gives an environment with a lower temperature than in soil, resulting in energy gain; ease in modules cleaning; and costs reduction with deployment due to the availability of nearby transmission systems. However, there are also challenges to be overcome, such as: regulation of hybrid projects and the disposal of equipment at the end of its life cycle. Thus, the main objective of this work is to address floating photovoltaic system installations into a sphere beyond the technical scope, presenting the environmental and legal challenges in the implementation of this system.

Key words: 1. floating photovoltaic systems; 2. Hybrid Projects; 3. Reservoirs.

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas fotovoltaicos flutuantes (FVF) tem sido uma alternativa em diversos países dado a restrições do uso da terra nas instalações de plantas fotovoltaicas em solo. No Brasil não é diferente, dado o amplo uso da terra pelo setor agropecuário. Além dessa característica o Brasil possui inúmeras vantagens e desafios para a instalação desse sistema.

Alencar Filho (2018) relata que em qualquer região do território brasileiro os valores de irradiação solar incidente são na faixa de (1500-2500 kWh/m²) e que estes valores são superiores aos da maioria dos países da União Europeia, como Alemanha (900-1250 kWh/m²), França (900-1650kWh/m²) e Espanha (1200-1850 kWh/m²).

Associado a incidência solar, as tecnologias FVF se tornam cada dia mais acessíveis, desse modo, o interesse pela implantação vem crescendo. Ao longo dos últimos anos, houve uma redução de custos para a instalação de sistemas fotovoltaicos. Tal fato deve-se a inovações tecnológicas, aumentos na eficiência e economia de escala, principalmente (EPE, 2018).

Segundo o Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2029 (EPE, 2018) estima-se uma expansão FV centralizada de, aproximadamente, 7 GW. No âmbito do micro e minigeração distribuída o crescimento é maior, a capacidade estimada pode alcançar o valor de 10 GW em 2029.

Enquanto em outros países explora-se principalmente a superfície de lagos, lagoas e estações de tratamento de águas residuais, o Brasil vive uma situação diferente. Segundo dados da ANEEL (2021) há 219 usinas hidrelétricas em operação, as condições brasileiras são ainda mais favoráveis devido a existência de inúmeros reservatórios de usinas hidrelétricas, sejam estes de acumulação ou regularização.

Há projetos no Brasil seguindo esse modelo de sistemas flutuantes, por exemplo, a primeira usina FVF que utilizou a tecnologia de placas flexíveis e rígidas em plena operação fica na cidade de Rosana, em São Paulo, gerando 101.522 kWh (ALENCAR FILHO, 2018). Há também sistemas FVF nos lagos formados pelas barragens das Usinas Hidrelétricas de Balbina e Sobradinho, localizadas no Amazonas e na Bahia, respectivamente (NOLETO, 2017).

Além da instalação de FVF em reservatórios de hidrelétricas, tal tecnologia pode beneficiar comunidade isoladas que necessitam de energia elétrica para atividades básicas, bem como no bombeamento de água (WWF, 2021).

Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo apresentar o cenário das usinas fotovoltaicas flutuantes evidenciando o potencial de irradiação solar no Brasil, tecnologias, fabricantes e, visa contribuir com uma discussão acerca de temáticas pouco exploradas na literatura.

2 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho é pautada na revisão bibliográfica de vários autores sobre a temática de FVF. Os temas a serem explorados são: (i) Usina fotovoltaica flutuante; (ii) Potencial de geração de energia fotovoltaica em reservatórios no Brasil; (iii) Usinas FVF instaladas no Brasil; (iv) Projetos Híbridos e (v) Vantagens e desafios.

Após a revisão bibliográfica será realizada discussão ativa dos tópicos supracitados, sendo este a contribuição do presente trabalho para o setor FVF.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 USINA FOTOLTAICA FLUTUANTE

Verifica-se que o primeiro sistema solar flutuante do mundo foi construído em 2007 em Huainan, no Japão. No ano de 2017, a China construiu a maior usina solar flutuante sobre uma mina de carvão abandonada na província de Anhui, cuja planta tem a capacidade de alimentar cerca de 15 mil residências. (STRANGUETO, 2016). Em 2018, foram feitos projetos de potência de 47 MW no Vietnã e 17 MW no sul da França.

Os sistemas FVF podem ser implementados em lagos, reservatórios de hidrelétricas, estações de tratamento de água, açudes e represas para diversas finalidades. O uso do solo no Brasil apresenta condições especiais e limitadas, pois há áreas como reservas ambientais, reservas indígenas e áreas fluviais com restrições de uso e grande parcela do solo é utilizada pelo setor agropecuário (STRANGUETO, 2016).

Com limitações de uso do solo, a implantação de sistemas FVF em reservatórios ganha maior atratividade. Nos reservatórios de hidrelétricas as

instalações desse sistema podem otimizar custos, seja pelo custo de instalação dos equipamentos, seja pela disponibilidade de rede de transmissão de energia para o despacho de energia.

Para usinas FVF instaladas em uma estrutura de geração existente (por exemplo, usina hidrelétrica) ou estrutura fornecida (por exemplo, estação de bombeamento), as seguintes vantagens podem ser listadas, segundo Rosa-Clot (2017): (i) uma usina FVF instalada no reservatório de uma usina hidrelétrica economiza água naquele reservatório, substituindo parte de sua geração; (ii) Uma usina FVF instalada no reservatório de uma estrutura já eletricamente conectada não requer investimento em infraestrutura de transmissão, uma vez que a infraestrutura existente pode ser compartilhada.

A usina fotovoltaica flutuante é, basicamente, constituída por (EPE,2020): (i) módulos fotovoltaicos que tem por função captar a irradiação solar e converter em energia elétrica; (ii) plataformas flutuantes, estas são as estruturas suporte para a instalação dos módulos fotovoltaicos, proporcionando estabilidade e flutuabilidade, além de conter passarela para manutenção e suporte para os cabos elétricos e inversores, em alguns casos; (iii) ancoragem e amarração para fixação da plataforma flutuante nas margens e/ou no fundo do corpo d'água, a fim de resistir aos esforços causados pela variação do nível d'água e pelo vento; e (iv) cabos elétricos. A Figura 1 ilustra o esquema geral exposto.



Figura 1 - Esquema geral solar fotovoltaico flutuante.
Fonte: EPE, 2020.

O sistema de ancoragem e amarração é uma das partes críticas de uma FVF. Independentemente do método, esse sistema precisa ser projetado de forma a garantir estabilidade e flutuabilidade das instalações pelo tempo em que deverá

operar. Destaca-se que o dimensionamento do sistema de ancoragem pode ser mais complexo em reservatórios com variações significativas do nível d'água (EPE, 2020).

A Figura 2, obtida do trabalho de Dantas & Pompermayer (2018), mostra que, considerando os parâmetros: placas, inversores, instalação suporte e proteção, as placas fotovoltaicas perfazem quase 50% do valor de um sistema FV.

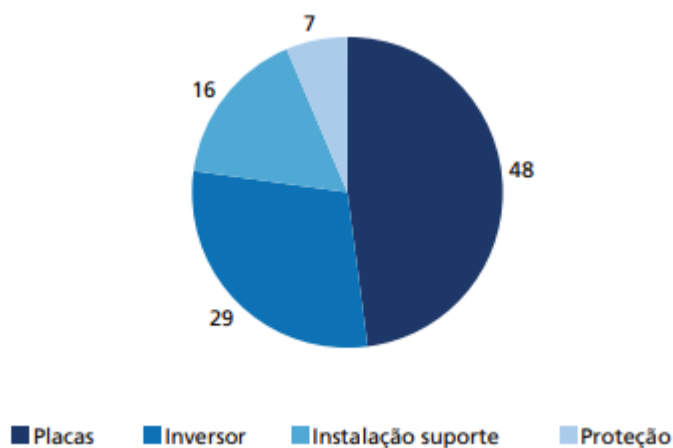


Figura 2 - Composição do custo total de instalação de um sistema FV.

Fonte: Dantas & Pompermayer, 2018.

A tecnologia de painéis FVF, segundo Negreiros Júnior (2019), não apresentam grandes diferenças em relação aos sistemas terrestres. O uso de painéis monocristalinos são os mais utilizados, pois atuam como conversores diretos de energia solar em eletricidade, sendo sua tecnologia mais prática e bem constituída. Os módulos de material policristalino são mais baratos em relação aos monocristalinos devido à baixa eficiência, em comparação ao monocristalino, e fabricação menos rigorosa.

Os painéis FV de silício amorfo são os menos eficientes, porém com vantagens para sistemas FV de baixo custo. Suas estruturas cristalinas possuem alto grau de desordem na estrutura dos átomos e a vida útil e eficiência são reduzidas logo nos primeiros meses devido a um processo de degradação (Pinho & Galdino, 2014). Na Tabela 1 foi realizado um resumo de tipo de painéis FV, sua estrutura e eficiência sintetizando dados do trabalho de Negreiros Júnior (2019).

Tabela 1 - Tipos de placas fotovoltaicas, composição, eficiência e densidade de potência.

Tipo de Painel FV	Estrutura	Eficiência (%)	Densidade de Potência (W/m ²)
Monocristalinos	Estrutura cristalina homogênea ao longo do material	15-22	150
Policristalino	Cristalina composta por cristais colados uns aos outros, possuindo tamanhos variados	17-20	135
Silício Amorfo	Composta por várias camadas finas de material sobre o substrato	-	85 - 110

Fonte: Adaptada Negreiros Júnior, 2019.

Nota-se que painéis monocristalinos podem apresentar eficiência superiores a painéis policristalino, contudo, a diferença entre as duas tecnologias são pequenas. Ou seja outros parâmetros, tais como viabilidade financeira e aplicabilidade, poderão definir a escolha de uma tecnologia em detrimento a outra, não apenas a eficiência.

Seguindo o parâmetro de análise de placas FV, a britânica *GlobalData* elencou os maiores fabricantes de painéis fotovoltaicos do mundo em 2019. Dentre estes estão: Jinko Solar, Trina Solar, Canadian Solar, JA Solar, Hanwha Q-Cells, GCL-Si, LONGi Solar, Risen Energy, Suntech, Yingli Green, First Solar, Renesola, Sharp e SunPower. Segue *ranking* pela *GlobalData* na Figura 3 (PORTAL ENERGIA, 2020).

2019 ranking	Solar PV manufacturer	Change vs 2018	2018 shipments	2019 shipments	% Growth
1	Jinko Solar Holding Co., Ltd.	-	11.4	14.2	25%
2	JA Solar Holdings Co Ltd	-	8.8	10.3	17%
3	Trina Solar Limited	-	8.1	9.7	20%
4	LONGi Solar Technology Co Ltd	-	7.2	9.0	25%
5	Canadian Solar Inc	-	7.1	8.5	20%
6	Hanwha Q CELLS Co., Ltd.	-	5.5	7.3	33%
7	Risen Energy Co., Ltd.	-	4.8	7.0	46%
8	First Solar Inc.	+3	2.7	5.5	104%
9	GCL System Integration Technology Co., Ltd.	-1	4.1	4.8	17%
10	Shunfeng Photovoltaic International Limited	-1	3.3	4.0	21%

Figura 3 - Ranking de fabricantes de placas fotovoltaicas.

Fonte: CANAL ENERGIA, 2020.

Dentre os fornecedores listados acima, segundo o trabalho de Dantas & Pompermayer (2018) estabelecendo-se alguns parâmetros como preço, reputação da

marca no mercado, eficiência e geração de energia, o modelo da Canadian Solar seria a escolha mais adequada, conforme Figura 4.

Modelo	Potência (Wp)	Preço (R\$)	R\$/Wp	Marca	Loja
Canadian CSI CS6P-265P	265	731	2,76	Canadian Solar	Minha Casa Solar
Yingli YL275D-30b	275	759	2,76	Yingli	NeoSolar
GBR-260P	260	899	3,46	Globo Brasil	Minha Casa Solar

Figura 4 - Comparativos do preço das placas solares.

Fonte: Dantas & Pompermayer, 2018.

Cabe ressaltar que o trabalho de Dantas & Pompermayer foi realizado no ano de 2018 e o *ranking* divulgado pelo Global Data em 2019. Na bibliografia consultada o *ranking* ainda se mantém em 2021. Todavia, as tecnologias mudam constantemente e incentivos fiscais podem contribuir para que outras placas se tornem mais tratativas.

3.2 USINAS FVF INSTALADAS NO BRASIL

Os primeiros projetos de FVF foram iniciados no Brasil nas usinas hidrelétricas – UHE de Sobradinho, na Bahia e em Balbina, no Amazonas. Na UHE Balbina foi construída uma planta solar FVF com 1 MW de potência com tecnologia de silício policristalino no ano de 2016 (NEGREIROS JÚNIOR, 2019). A eficiência da célula fotovoltaica é diferente da eficiência dos módulos fotovoltaicos, uma vez que a eficiência destes é calculada por meio da área total e da potência-pico que é capaz de oferecer. Este projeto tem perspectivas de projeção de expandir até 5MW (ABSOLAR, 2020).

Na UHE Sobradinho, no rio São Francisco, no estado da Bahia, instalou-se usina solar flutuante com potência de 1 MW, caracterizando o maior projeto de Pesquisa & Desenvolvimento desse tipo de tecnologia instalado em reservatório de hidrelétrica do País (RODRIGUES et al., 2020). Em Goiás, o primeiro projeto FVF conectado à rede foi instalado em uma propriedade rural, em 2017, com potência de 305 kW (NEGREIROS JUNIOR, 2019). Já a FVF instalada no reservatório da UHE Porto Primavera 1, em Rosana (SP), tem potência instalada de 25 kW que parte do Projeto de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) da Companhia Energética de São Paulo (CESP) (ALENCAR FILHO, 2018).

Em 2021, a Empresa Metropolitana de Águas e Energia – EMAE vinculada ao governo de São Paulo habilitou duas empresas, Green Yellow e KWP Energia, para implantação de FVF no reservatório Billings, na capital paulistana. As propostas de instalação de FVF variam de 1MWp a 30MWp sendo que a energia gerada será disponibilizada para o consumidor (CANAL ENERGIA, 2021). O reservatório Billings é o responsável pelo abastecimento público de água dos municípios do Grande ABC e parte de São Paulo transferindo água para a represa Guarapiranga e para o sistema do Alto Tietê (PREFEITURA DE SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2020).

3.3 POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTALICA EM RESERVATÓRIOS NO BRASIL

Aliado a disponibilidade de espaço para a instalação de FVF e casos de sucesso na implantação de FVF, o Brasil, possui localização geográfica privilegiada, recebendo alta incidência de radiação solar em comparação a países com tecnologias FV desenvolvidas. A irradiação solar incidente da Alemanha, por exemplo, é de aproximadamente 900-1250/kWh/m², sendo que a irradiação solar incidente em qualquer região do território brasileiro é de 1500-2500 kWh/m² (ALENCAR FILHO, 2018).

Nota-se na Figura 5 que mesmo nas áreas com menor incidência solar no Brasil, ainda são valores superiores ao da Alemanha, ratificando o alto potencial para instalação de FV.

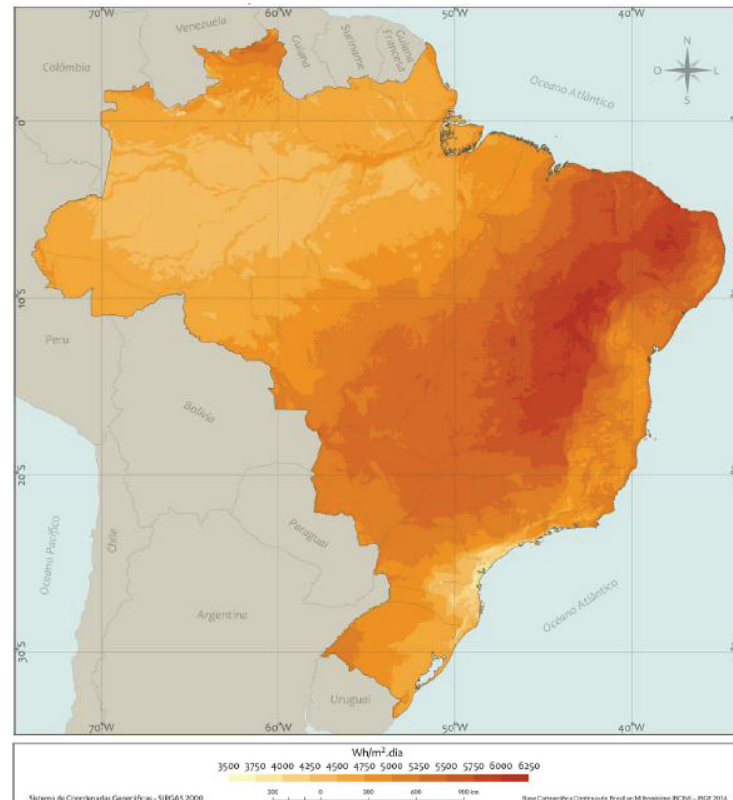


Figura 5 - Total diário da irradiação no plano inclinado na latitude - média anual.

Fonte: INPE, 2017.

O estudo do INPE (2017) publicado no Atlas Solar Brasileiro apresenta dados os quais demonstram que todas as regiões brasileiras possuem tendência significativa de aumento da irradiação global, com exceção da região Sul, onde o teste indicou redução da incidência de irradiação solar, porém sem significância estatística. Para as demais regiões, o teste indicou tendências de aumento da irradiação global com taxas de crescimento anual entre 10 e 20 Wh/m^2 .

Com parâmetros de irradiação solar favoráveis a instalações de FV, Strangueto (2016) em seu trabalho realizou um estudo sobre o levantamento de áreas de reservatórios de hidrelétricas que possuem potencial de instalação de FVF. Neste estudo, a autora simula o potencial de instalação em cada reservatório, estabelece qual tipo de arranjo se adequa em cada cenário e a energia elétrica que o arranjo pode gerar. Este trabalho contribuiu de forma significativa para uma avaliação de cenários possíveis e investimentos para cada região o qual é possível o desenvolvimento de FVF.

A Tabela 2 foi adaptada do trabalho de Strangueto (2016) com a finalidade de apresentar dez reservatórios de usinas hidrelétricas que possuem potencial de

instalação de FVF. Os reservatórios elencados estão em ordem decrescente considerando a “energia gerada anual por área de reservatório (GWh/km²)” dado obtido no estudo de Strangueto (2016) e a região do Brasil que estão os reservatórios.

Tabela 2 – Ranking das dez usinas hidrelétricas brasileiras considerando a energia gerada por área (GWh/km)

Ranking	Usina	Região do Brasil	Energia.área ⁻¹ (GWh.km ⁻²)
1°	Sobradinho	Nordeste	160
2°	Salto Grande (Lucas Nogueira Garcez)	Sudeste	155
3°	Amador Aguiar I	Sudeste	155
4°	São Domingos	Centro-Oeste	155
5°	São Salvador	Norte	155
6°	Estreito	Sudeste	155
7°	Xingó	Nordeste	155
8°	Igarapava	Sudeste	155
9°	Jaguara	Sudeste	155
10°	Corumbá I	Centro-Oeste	154

Fonte: Adaptado Strangueto, 2016.

Os dez reservatórios elencados no trabalho estão distribuídos, em sua maior parte no Sudeste, o que já era esperado uma vez que essa região seguida da região Sul do Brasil apresenta parcela significativa de usinas hidrelétricas. Destaque para o estado de Minas Gerais que, devido ao incentivo fiscal estadual apresenta instalações fotovoltaicas em grande escala, e continua desenvolvendo várias plantas de fotovoltaicas no solo (ABSOLAR, 2020). O reservatório de Sobradinho é o único elencado que possui projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) para instalação de FVF.

3.4 PROJETOS HÍBRIDOS

O crescimento de projetos alternativos renováveis abrem espaço para o desenvolvimento de projetos híbridos. Ainda em fase inicial, possuem oportunidade de implantação seja por meio da hibridização de um parque em operação ou no desenvolvimento de projetos híbridos (FAVERO, 2020).

Embora o conceito de usinas híbridas não seja novo, segundo Fávero (2020) no Reino Unido desde 2016 há em operação um sistema híbrido, onde constata-se complementaridades diárias da produção de energia elétrica. Na China, maior produtor de energia renovável do mundo, está em operação um parque híbrido solar e eólico.

A Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2017) publicou a NT nº EPE-DEE-NT-025/2017-r01 com a finalidade de entendimento de implicações de arranjos inovadores para o planejamento energético na geração de usinas híbridas eólico - fotovoltaicas. Nesta Nota Técnica foi citado pela primeira vez a combinação de projetos hidráulicos e fotovoltaicos justificando que devido ao espelho d'água dos reservatórios de hidrelétricas poderiam ser associados FVF com a finalidade da complementariedade sazonal.

Em 2020, a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL lançou a Consulta Pública a fim de ter embasamento para a Análise de Impacto Regulatório – AIR para a regulamentação de usinas híbridas e associadas.

Em Consulta Pública – CP nº 061/2020 realizada pela ANEEL apesar da pauta ser a regulamentação de projetos híbridos solar – eólico, a CP deixa claro a possibilidade de hibridização de qualquer fonte renovável, todavia a regulamentação hídrica - solar não foi amplamente explorada (ANEEL, 2021). Na CP 061/2020, ainda cita a experiência da Eletrobrás com a instalação de FVFs e casos de sucessos como em Portugal, Japão, Índia e Itália que possuem projetos híbridos de FVF integradas a usinas hidrelétricas.

3.5 POTENCIAIS BENEFÍCIOS E DESAFIOS DAS FVF

A hibridização das fontes renováveis podem resultar em vários benefícios para o sistema de energia. Os sistemas fotovoltaicos flutuantes em detrimento dos sistemas ditos convencionais possuem algumas vantagens. Em contrapartida, também possuem algumas restrições e desafios. O termo desvantagens não será utilizado, uma vez que alguns pontos podem ser trabalhados e se tornarem factíveis ao longo do tempo.

3.5.1 Vantagens FVF

Dentre algumas vantagens pode-se citar: (i) ganho de eficiência energética; (ii) redução da evaporação de água do reservatório pelo sombreamento proporcionado pela instalação das placas fotovoltaicas; (iii) facilidade na manutenção (remoção de sujidades); (iv) redução do uso da terra. Em hidrelétricas pode-se citar mais alguns benefícios como redução de custo de Operação e Manutenção (O&M), tempo de instalação, obrigações ambientais legais, como a licença de operação, possibilidade de redução de proliferação de algas devido ao sombreamento (BACELAR, 2019). Os principais desafios da instalação de UFVs: (i) preparar-se para uma matriz com expressivo percentual de geração variável não controlável; (ii) manutenção no sistema de ancoragem, e o (iii) descarte e a reciclagem de equipamentos.

Segundo Nota Técnica da EPE (2020) sobre os aspectos tecnológicos e ambientais relevantes no planejamento da instalação de fotovoltaica flutuante, a perda de eficiência dos módulos fotovoltaicos está diretamente ligada a temperatura. Estudos correlacionam que a perda é na ordem de 0,4 a 0,5%/°C. A instalação na água confere um ambiente com uma temperatura menor do que a instalação em solo. Há na literatura variações da porcentagem de ganho na instalação das placas na água, todavia, independente desse valor a grande maioria aposta como benefício, excetuando algumas tecnologias que podem se adequar melhor em solo, como por exemplo os módulos bifaciais.

Há dois benefícios que podem ser citados quando se fala do sombreamento ocasionado pelas placas: a redução da evaporação em reservatórios e consequentemente conservação da água e a redução do desenvolvimento de algas. Segundo estudo de Nôleto (2017), a redução de eficiência de evaporação está diretamente ligada a áreas as quais os painéis estão instalados. Contudo, não se espera que a instalação de módulos contribua de forma significativa a evaporação. Há outras tecnologias que podem ser utilizadas para essa função, como filmes superficiais (GERALDO, 2020).

Negreiro Junior (2019) cita em seu estudo outras vantagens, tal como a facilidade na lavagem dos módulos, reduzindo a sujidade por poeiras e otimizando desse modo a geração e ressalta a economia no investimento de infraestrutura para

o despacho de energia na utilização de linhas de transmissão, subestações de usinas hidrelétricas.

3.5.2 Desafios FVF

Segundo Negreiros Junior (2019) o maior desafio na instalação da FVF é o design do sistema, uma vez que deve ser projeto para os parâmetros locais, necessita ser capaz de suportar ventos e correntezas.

Dentre as partes do sistema FVF, o sistema de ancoragem pode ser considerado o mais crítico, pois juntamente com os flutuadores, eles propiciam a estabilidade ao sistema. Sendo que a sua manutenção, ao longo da vida útil do projeto, deve requerer mergulhadores, mão de obra especializada, além de questões técnicas como trocas ou adequações nos cabos subaquáticos (EPE, 2020).

Ainda, segundo Borba e Novak (2018), o alto investimento inicial associado ao elevado custo de manutenção em comparação com as instalações em terra, sobre lajes ou telhados também é um desafio que necessita ser avaliado. E, a necessidade de envolver a comunidade civil no planejamento do projeto em estágios iniciais fazendo garantir requisitos legais ambientais e aceitação social.

Por sua vez, não menos importante, é necessário citar que a vida útil de equipamentos fotovoltaicos são de, aproximadamente, 25 anos (ALHERT, 2017). O descarte dos componentes FVF ainda é um grande desafio ambiental. Mesmo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, de 2010, que institui a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, ainda é incipiente ações para a tratativa de resíduos sólidos (EPE, 2020).

Outra pauta polêmica a ser mencionada como desafio são as normativas para operacionalização de FVF que não estarão associadas a hidrelétricas, construções de rede linhas de transmissão encarecendo ainda mais o investimento de FVF. Projetos híbridos já são pauta de regulação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) mais ainda aguarda-se parecer (CANAL ENERGIA, 2021).

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 ESTADOS BRASILEIROS COM POTENCIAL DE INSTALAÇÃO DE FV EM RESERVATÓRIOS DE HIDRELÉTRICAS

No mapa apresentado na Figura 5 pode-se identificar alguns estados que possuem alto potencial para a geração de energia solar. Destacam-se os estados Minas Gerais, Bahia, Piauí, Tocantins, Goiás e Mato Grosso do Sul.

A Tabela 3 apresenta os estados brasileiros que estão inseridos os dez reservatórios referenciados na Tabela 1. Nota-se que, 01 (um) reservatório está no estado da Bahia, (04) quatro estão no estado de Minas Gerais, 2 (dois) em Goiás, 1 (um) em Tocantins, 1 (um) em Paraná e 1 (um) em Sergipe.

Tabela 3 – Ranking dos dez reservatórios de UHEs do estudo de Strangueto (2018) e seus respectivos estados brasileiros.

Ranking	Usina	Estado
1°	Sobradinho	BA
2°	Salto Grande (Lucas Nogueira Garcez)	PR/SP
3°	Amador Aguiar I	MG
4°	São Domingos	GO
5°	São Salvador	TO
6°	Estreito	SP/MG
7°	Xingó	SE/AL
8°	Igarapava	MG/SP
9°	Jaguara	MG/SP
10°	Corumbá I	GO

Fonte: Autor, 2021.

Utilizando o Atlas Brasileiro de Energia Solar no seu modo interativo, na plataforma do Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia (LABREN), obteve-se a irradiação do plano inclinado dos municípios dos reservatórios elencados na Tabela 4.

Tabela 4 - Ranking dos dez reservatórios elencados no trabalho de Strangueto (2018) considerando irradiação média anual (Wh/m²) no plano inclinado

Ranking	Usina	Estado	Cidade	Irradiação Média Anual (Wh/m ²)
1º	Sobradinho	BA	Sobradinho	5903
2º	São Domingos	GO	São Domingos	5681
3º	Corumbá I	GO	Caldas Novas	5494
4º	São Salvador	TO	São Salvador do TO	5482
5º	Xingó	AL/SE	Piranhas	5470
6º	Amador Aguiar I	MG	Uberlândia	5461
7º	Igarapava	MG/SP	Igarapava	5389
8º	Estreito	SP/MG	Sacramento	5358
9º	Jaguara	MG/SP	Sacramento	5358
10º	Salto Grande (Lucas Nogueira Garcez)	PR/SP	Salto Grande	5162

Fonte: Autor, 2021.

Ratifica-se em números que qualquer região do território brasileiro possui irradiação solar superior a países como a Alemanha (900-1250 kWh/m²), França (900-1650kWh/m²) e Espanha (1200-1850 kWh/m²). E que além destes empreendimentos hidrelétricos possuírem alto potencial de irradiação solar, possuem também estrutura instalada para o escoamento de energia gerada. Todavia, faz-se necessário análises mais criteriosas para afirmar a viabilidade de instalação de um sistema FVF uma vez que fatores como vento, oscilações de nível do reservatório podem interferir na estabilidade do sistema flutuante podendo ser inviável a instalação dele ou dispendir de alto investimento na instalação.

4.2 VANTAGENS E DESAFIOS FVF

A partir da revisão bibliográfica realizou-se a Tabela 5 como resumo das principais vantagens e desafios do sistema fotovoltaico. Além do conteúdo apresentado, este tópico visa a discussão de três itens: (i) reciclagem e destinação dos equipamentos após a vida útil; (ii) licenciamento ambiental e (iii) a regulação dos projetos híbridos. Tais itens foram mencionados superficialmente no referencial encontrado sobre instalação de fotovoltaicas. Desse modo, este tópico visa contribuir

na discussão desses assuntos e instigar outros trabalhar a aprofundar nessas temáticas tão importantes quando se trata de FVF.

Tabela 5 - Tabela Resumo de Vantagens *versus* Desafios do sistema fotovoltaico flutuante

Vantagens	Restrições/Desafios
▪ ganho de eficiência na geração de energia; ▪ redução da evaporação devido ao sombreamento das placas fotovoltaicas; ▪ facilidade de limpeza de sujidades nos módulos fotovoltaicos; ▪ redução do uso da terra; ▪ utilização de rede de transmissão de UHE; ▪ redução no tempo de instalação do empreendimento; ▪ licenciamento ambiental menos complexo; ▪ redução de algas no reservatório.	▪ manutenção especializada no sistema de ancoragem; ▪ descarte e reciclagem dos equipamentos; ▪ ausência de regulamentação de projetos híbridos; ▪ design do sistema; ▪ alto investimento (equipamentos).

Fonte: Autor, 2021.

Na literatura encontra-se muitos estudos sobre os impactos ambientais das fotovoltaicas e que utilizam a ferramenta de análise de ciclo de vida. Nas análises o foco desses estudos é a quantificação de emissão de (CO₂equiv/kWh). Esta análise é de suma importância, pois as células fotovoltaicas possuem elementos químicos que podem causar toxicidade ao ser humano.

Há diversos tipos de elementos químicos na constituição de um módulo fotovoltaicos, tais como: filmes finos de cobre-índio-seleneto – CIS; disseleneto de cobre, índio e gálio – CIGS; telureto de cádmio – CdTe; policristalino, monocristalino ou de silício amorfo (GOÉS & TANIMOTO, 2021).

Todavia, pouco se encontra na literatura sobre como reciclar, destinar os resíduos ou sobre investimento nesse aspecto. Anselmo (2019) em sua monografia direciona a análise para o final de ciclo de vida do produto, ou seja, na reciclagem ou destinação final dos painéis fotovoltaicos. Em seu trabalho relata que, em um cenário de perdas precoces, simulado pelo autor, pode-se adotar algumas premissas sobre

os FVF: (i) 0,5% dos painéis fotovoltaicos se tornarão resíduos dentro de dois anos devido à má instalação; (ii) 2% se tornarão resíduos após dez anos, e (iii) 4% serão desperdiçados após 15 anos devido a falhas técnicas. Ou seja, os resíduos de FVF já são uma realidade, e que estes equipamentos terão um tempo de vida útil inferior à média estipulada por fornecedores e encontrada na literatura, que são de 25 anos.

Em 2020 iniciou-se um movimento de empresas interessadas em vender a tecnologia de reciclagem de placas fotovoltaicas para o mercado. Movimentos assim devem ser estimulados para que o Brasil esteja preparado não só para a reciclagem desses tipos de compostos, mas como qualquer tipo de resíduos de alta tecnologia. Necessita-se de movimentos mais robustos, participação de entidades públicas e projetos em larga escala.

Nota-se que, há anseio na diversificação da matriz energética, movimento na regulação de projetos hídricos, possibilidade de flexibilização e encurtamento de licenciamentos ambientais, economia de larga escala para que seja economicamente viável essa tecnologia. Porém, necessita-se de maiores avanços quanto aos resíduos de sistemas FVF.

Atitudes sustentáveis já são uma realidade, por exemplo, em 2019, a Alsol Energias Renováveis e Aliança Energia investiram em uma usina solar flutuante. Os flutuadores instalados foram feitos de materiais reciclados (ALSOL, 2019). Em 2021, a EDP juntamente com a Corticeira Amorim e Isigenere criam flutuador com cortiça para parque solar no Alqueva. Este flutuador fotovoltaico fabricado com este novo compósito, além da incorporação da cortiça, tem por objetivo substituir parte do plástico utilizado nos flutuadores convencionais, por plástico reciclado (EDP, 2021).

O licenciamento ambiental visa contribuir com a temática de resíduos sólidos e vai além. Este procedimento administrativo tem o desafio de estabelecer quais parâmetros ambientais e sociais deverão ser analisados na emissão de licença ambientais. No tópico de vantagens e desafios da FVF mencionou-se sobre a morosidade ou não de uma licença anexa, por exemplo, ao empreendimento hidrelétrico e, se por esse quesito o licenciamento ambiental dessa planta FVF poderia ser emitida em um tempo mais rápido comparando-se com um licenciamento ambiental completo o qual tem em suas etapas (Licença Prévia – LP - Licença de Instalação - LI, Licença de Operação – LO).

O licenciamento ambiental tem como o primeiro desafio a questão do uso da água, um bem de domínio público definida assim no Art. 20 da Constituição da

República Federativa do Brasil de 1988. Sendo assim, neste contexto poderiam interferir no licenciamento a Agência Nacional das Águas (ANA), Marinha do Brasil, Capitania dos Portos, dentre outros (EPE, 2020).

Além desse quesito o órgão licenciador teria outros desafios, como ter um arcabouço de estudos com dados mais fidedignos sobre assuntos como, a diminuição de algas no reservatório, se de fato, há parcela significativa de redução de evaporação, se haveria interferência na ictiofauna local a médio e longo prazo.

À princípio o sistema FVF ser anexo a um empreendimento já licenciado nos remete ao facilitador de uma licença operacional FVF. Todavia os pontos discutidos devem ser mais bem explorados, uma vez que apesar de simples são assuntos ambientais que podem ter uma complexidade maior que o esperado. Cabe também aos órgãos licenciadores análises criteriosas de todo cenário, inclusive avaliar a responsabilidade de destinação final das placas solares no licenciamento.

O licenciamento ambiental não deve ser visto como um entrave ao desenvolvimento. É necessário que os órgãos licenciadores estabeleçam um parecer mais sólido sobre a temática de FVF e que impute ao empreendedor as responsabilidades que o cabe, permitindo assim que haja o desenvolvimento econômico mantendo um meio ambiente equilibrado e sustentável.

Sobre o item (iii) projetos híbridos, este será discutido no tópico 4.2.1 deste trabalho.

4.2.1 PROJETOS HÍBRIDOS

A EPE na Nota Técnica - NT nº EPE-DEE-NT-025/2017 levantou os principais benefícios na combinação de projetos híbridos. Um dos principais benefícios apontados foi o maior uso da capacidade disponível do sistema de transmissão e/ou distribuição (EPE, 2018). A principal restrição é que a geração de energia por algumas fontes renováveis são variáveis no tempo, como por exemplo a fonte eólica e solar e, desse modo, não controlável.

O principal receio da ANEEL (2021) está no uso do sistema de transmissão de energia dos projetos híbridos. Conforme Figura 6 após os anos de 2017 e 2018, houve aumento de acessos das fontes de geração eólica e solar ao sistema de transmissão. Desse modo, o setor necessitou e ainda necessita de estudos para

compreender e regulamentar o sistema híbrido, uma vez que há mais usuários que transmissoras.

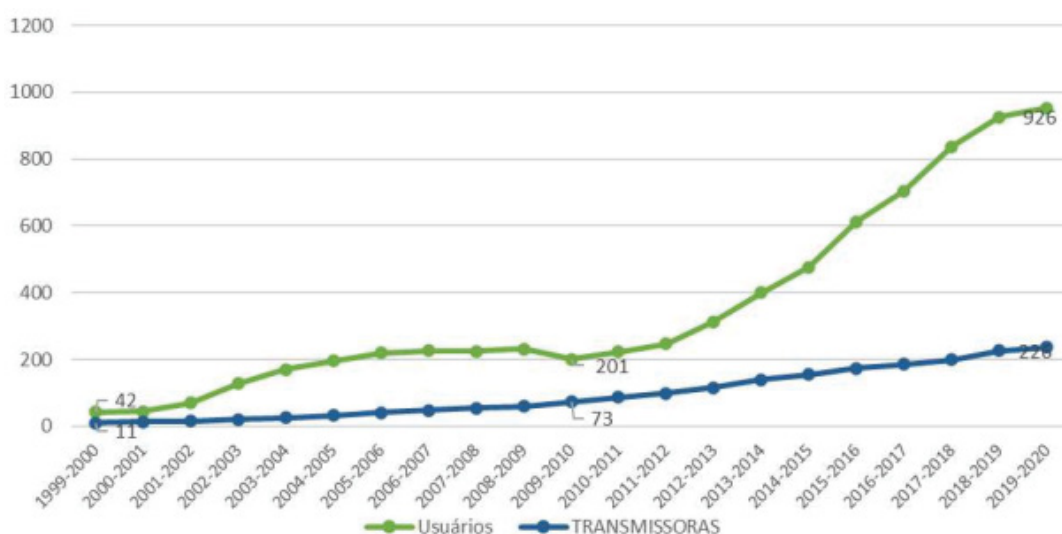


Figura 6 - Evolução do número de transmissoras e usuários da Rede Básica.

Fonte: ANEEL, 2021.

A forma que o setor regulamentador encontrou de entender os projetos híbridos foi na elaboração de Notas Técnicas e de Consultas Públicas. O mercado de geração precisa de um sistema regulatório específico para as usinas híbridas a fim de garantir atratividade comercial e a otimização do uso da rede de transmissão, garantindo maior eficiência e maior margem de escoamento do ponto de conexão (ANEEL, 2021).

A regulamentação dos projetos híbridos, em um primeiro momento, visa a normatização de projetos de associação de fontes (eólica – solar), deixando a hibridização (fotovoltaica – hídrica) como uma possibilidade, não discorrendo em profundidade sobre essa associação. O Art.14 da Resolução Normativa nº 876, de 10 de março de 2020 veda a composição de Central Geradora Híbrida – UGH por empreendimentos que participasse do Mercado de Realocação de Energia – MRE.

Na NT nº 048/2021-SRG-SRT-SCG-SGT/ANEEL pós análise das contribuições recebidas de empresas do segmento de energia na Consulta Pública nº. 061/2020, a ANEEL compreendeu que a obrigatoriedade de medição e garantias físicas individualizadas, no caso de usinas participantes do MRE que desejam se hibridizar pode ser suficiente para fornecer a separação da contabilização da geração entre as diferentes tecnologias de geração, isso se faz necessário para que não haja alocação indevida de energia da fonte não-hídrica no MRE (ANEEL, 2021).

A discussão da regulamentação ainda é recente e haverá uma segunda consulta pública sobre a pauta. A ânsia de produtores e consumidores de energia é que a agência apresente alternativas factíveis e que haja projetos de expansão da malha de transmissão de energia.

Outro assunto polêmico que o setor de energia está passando e que a hibridização de sistemas poderia contribuir é com relação a crise hídrica. As bandeiras tarifárias de energia já estão fazendo com que esse recurso essencial fique inacessível a grande parte da população (CNN, 2021). Grande parcela da população não tem recurso financeiro para o pagamento de faturas de energia, e muitas dessas pessoas necessitam de energia para o bombeamento de água, outro recurso essencial que muitos estão sendo privados. Dados da ANEEL (2021), já constata que se incentivos a usinas solares forem mais expressivas, a FV pode contribuir com uma matriz energética mais sustentável.

Na Figura 7 há um gráfico retirado dos painéis interativos da ANEEL, em setembro de 2021, o qual reforça a evolução a médio prazo de instalações de usinas solares fotovoltaicas.

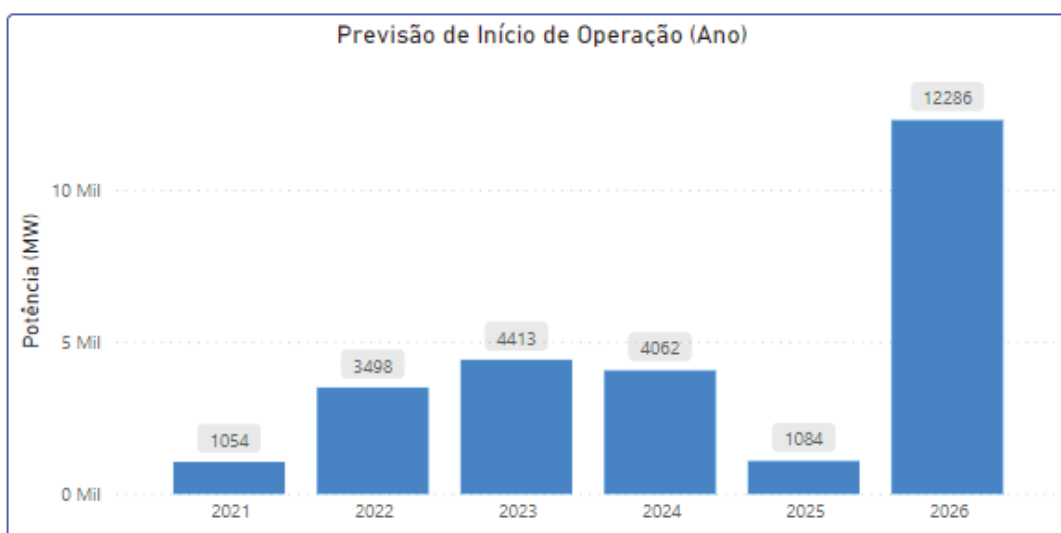


Figura 7- Previsão de início de operação de usinas solares fotovoltaicas 2021-2026.

Fonte: ANEEL, 2021.

Associações com outras fontes são de fundamental importância a fim de otimizar a rede de transmissão já instalada, outorgas já emitidas contribuindo para a otimização sustentável da geração de energia.

O setor elétrico necessita de tomada de decisões para que energia alternativas renováveis possam contribuir de maneira significativa na matriz

energética para que a população não fique refém de apenas uma fonte energética para o suprimento de energia no país.

4.3 FVF EM COMUNIDADES ISOLADAS

A falta de energia elétrica e água potável é a realidade de muitos brasileiros antes mesmo de se falar em crise hídrica. As fotovoltaicas flutuantes já são realidade em algumas comunidades isoladas, todavia ainda é uma tecnologia de alto investimento que necessita de apoio dos governantes para maior acesso (WWF, 2021).

Em 2019, divulgado pelo Portal Solar, na Amazônia, uma Organização Não Governamental - ONG responsável por um projeto de levar energia a comunidades isoladas, junto com o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio, arrecadou doações de 300 painéis solares antigos, conforme Figura 8. Os painéis solares instalados foram utilizados em atividades como bombeamento de água de poços. Utilizando o bombeamento em poços de água evita-se o contato da população com a água do rio, minimizando problemas de saúde de veiculação hídrica.



Figura 8 - Reutilização de placas fotovoltaicas em comunidades isoladas na Amazônia.

Fonte: Portal Solar, 2019.

Em 2021, a concessionária de energia da UHE Belo Monte realizou a primeira fase do projeto FVF que beneficiará mais de 400 indígenas. A usina fotovoltaica possui 124 painéis flutuantes com potência de 405 MW cada com um sistema autônomo de geração de energia solar com uso de baterias, conforme Figura 9. Este sistema abastecerá seis aldeias indígenas da Volta Grande do Rio Xingu. Além de substituir

os geradores a diesel que era utilizados pela comunidade indígena (NORTE ENERGIA, 2021).



Figura 9 - Sistema fotovoltaico flutuante do rio Xingu no reservatório UHE Pimentel - Complexo UHE Belo Monte.

Fonte: Norte Energia, 2021.

Importante que novos projetos sejam realizados a fim de beneficiar as comunidades isoladas que dependem de energia para atividades essenciais e de subsistência. E que ações como essas cada vez mais tenha participação e empenho político.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A instalação de sistemas fotovoltaicos flutuantes ainda é recente no Brasil, seja utilizando reservatórios de hidrelétricas seja para suporte em regiões isoladas. Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) estão sendo realizados no país em busca de resultados de eficiência para que esse sistema possa ganhar escalabilidade.

Aliado a disponibilidade de área, seja em solo ou em reservatórios, o Brasil dispõe de alto potencial de geração de energia pela alta incidência solar em todo o território. Além desses fatores, fabricantes estão se instalando no Brasil em busca de oportunidade de investimento, e com a alta demanda, as fotovoltaicas que hoje possuem um alto investimento tendem a ser mais atrativas a longo prazo.

O sistema FVF se instalados em reservatórios de hidrelétricas tendem a ser mais atrativos ainda, visto inúmeras vantagens, como: presença de sistema de transmissão e subestação; ambiente lântico favorecendo a instalação dos flutuadores e proporcionando maior estabilidade no sistema de ancoragem; facilidade de limpeza dos módulos, licenciamento ambiental otimizado, dentre outros. O sistema FVF também apresenta alguns desafios, tais como manutenção especializada (o que pode encarecer o sistema), destinação e/ou reciclagem dos equipamentos após vida útil e regulamentação de projetos híbridos.

Todavia é importante que projetos também sejam realizados a fim de beneficiar parcela da população que vive isolada e possuem poucos recursos, dependendo de energia para atividades essenciais e de subsistência, onde a obtenção de água por meio de bombeamento também é dependente diretamente de energia elétrica.

O presente trabalho teve por finalidade apresentar o sistema FVF incluindo revisão bibliográfica das usinas instaladas, reforçando o potencial energético solar brasileiro, a possibilidade de instalação de FVF em reservatórios de hidrelétricas, mostrando as vantagens e desafios desse sistema.

Após discorrer pela bibliografia verifica-se que a principal contribuição desse trabalho foi no levantamento e discussão de pontos relevantes na implantação de sistemas FVF que foram poucos abordados por outros autores como questões de reciclagem e destinação final dos equipamentos após vida útil, regulamentação de projetos híbridos (hídrico – solar) pela ANEEL e sobre o licenciamento ambiental de

projetos híbridos. Entende-se que é um tema novo e com diversos pontos a serem explorados.

Por ser um tema recente e com diversos pontos a serem trabalhados e desafios a serem superados sugere-se para próximos trabalhos explorar as temáticas supracitadas a fim de enriquecer o tema de FVF e expandir a discussão para além de fatores estritamente técnicos como cálculos estruturais e viabilidade financeira, deve-se expandir o horizonte para questões ambientais e jurídicas.

6 REFERÊNCIAS

ABSOLAR. Minas Gerais, a locomotiva da energia solar do Brasil. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/artigos/minas-gerais-a-locomotiva-da-energia-solar-do-brasil/>. Acesso em: 06 set. 2021.

ABSOLAR. Empresa de energia abre licitação para a criação de 4 projetos de usinas fotovoltaicas flutuantes no estado de São Paulo. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/empresa-de-energia-abre-licitacao-para-a-criacao-de-4-projetos-de-usinas-fotovoltaicas-flutuantes-no/>. Acesso em: 09 set.2021.

AHLERT, V.S.C. **Aplicação de sistemas fotovoltaicos flutuantes em reservatórios de hidrelétricas – Estudo de caso em uma hidrelétrica**. 110f. Monografia (Bacharel em Engenharia Ambiental) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

ALENCAR FILHO, A.A.R.; **Avaliação da influência da temperatura na eficiência de módulo fotovoltaico sobre estrutura flutuante**. Dissertação (Mestre em Engenharia Mecânica) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

ALSOL. Alsol investe em usina solar flutuante com tecnologia 100% nacional. Disponível em: <https://www.alsolenergia.com.br/2019/10/04/usina-solar-flutuante/>. Acesso em: 15 set. 2021.

ANEEL. NOTA TÉCNICA Nº 048/2021-SRG-SRT-SCG-SGT/ANEEL: Análise das contribuições recebidas na Consulta Pública n. 061/2020 e proposta de abertura de segunda fase da Consulta Pública com vistas ao tratamento regulatório para o estabelecimento de usinas híbridas e associadas - 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3FQ8DGw>. Acesso em: 10 set. 2021.

ANEEL. Agosto obteve a maior expansão de 2021. Usinas solares chegam a 2,1% da matriz elétrica. Disponível em bit.ly/3yLeQ1H: Acesso em: 17 ago. 2021.

ANSELMO, A.H. **Reciclagem ou destinação final dos painéis fotovoltaicos aplicados em geração de energia ao final do ciclo de vida**. 56f. Monografia (Especialização em Fontes Renováveis) – Escola de Engenharia, Universidade de Minas Gerais, 2019.

ATLAS SOCIOAMBIENTAL DE SÃO BERNARDO DO CAMPO. Disponível em: <https://www.saobernardo.sp.gov.br/web/sma/atlas/represa-billings-nossa-agua-nossa-vida>. Acesso em: 19 ago. 2021.

BACELAR, T.S. **Características das condições ambientais no reservatório da UHE Sobradinho no contexto da geração fotovoltaica flutuante**. 94f. Dissertação (Mestre em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

BRASIL. [Constituição (1988)]. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

BORBA, R.A., NOVAK, L.H. Sistemas Fotovoltaicos Flutuantes: Aspectos Positivos e Desafios. VII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 2018, Gramado. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/151/151>. Acesso em: 09 set.2021.

CANAL ENERGIA. Emae habilita duas empresas para solar flutuante na Billings. Disponível em: <https://www.canalenergia.com.br/noticias/53165267/emaehabilita-duas-empresas-para-solar-flutuante-na-billings>. Acesso em: 07 ago. 2021.

CNN. Diretor do ONS diz em evento que não vê possibilidade de racionamento em 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/business/diretor-do-ons-diz-em-evento-que-nao-ve-possibilidade-de-acionamento-em-2021/>. Acesso em: 25 set. 2021.

DANTAS, S.G.; POMPERMAYER F.M. Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos no Brasil e possíveis efeitos no setor elétrico. Disponível em:

http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8400/1/TD_2388.pdf. Acesso em: 10 ago. 2021.

EDP. EDP, Corticeira Amorim e Isigenere criam flutuador com cortiça para parque solar no Alqueva. Disponível em: <https://www.edp.com/pt-pt/noticias/2021/07/05/edp-corticeira-amorim-e-isigenere-criam-flutuador-com-cortica-para-parque-solar>. Acesso em: 23 set. 2021.

EPE. Solar fotovoltaica flutuante: Aspectos Tecnológicos e Ambientais relevantes ao Planejamento. Disponível em: <https://bit.ly/3BHIjFj>. Acesso em: 06 set. 2021.

EPE. Usinas híbridas: Uma análise qualitativa de temas regulatórios e comerciais relevantes ao planejamento. Disponível em: <https://bit.ly/3vhlwEy>. Acesso em: 06 set. 2021.

FAVERO, P.R. **Projetos híbridos sola-eólico: uma proposta metodológica de seleção utilizando método AHP e lógica fuzzy**. 141f. Dissertação (Mestre em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações) – Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2020.

GERALDO, L.P. **Avaliação de técnicas de redução de evaporação para reservatório no semiárido brasileiro**. 68p. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade do Rio de Janeiro, 2020.

GÓES P.F.; TANIMOTO A.H. 2 Tecnologia e parâmetros ambientais para a escolha de uma placa geradores de energia solar fotovoltaica. **Revista Scientia**, Salvador, v.6, n.1, p.34-61, jan/abr. 2021. Disponível: <https://www.revistas.uneb.br/index.php/scientia>. Acesso em: 06 set. 2021.

INPE. Atlas Brasileiro de Energia Solar. 2ª ed. Disponível em: http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html. Acesso em: 07 ago. 2021.

NEGREIROS JÚNIOR, J.O.F. **Metodologia de construção de uma usina fotovoltaica flutuante no açude Orós**. 92f. Monografia (Bacharel em Engenharia

Elétrica) - Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

NÔLETO, L.O. **O impacto da instalação de painéis fotovoltaicos flutuantes na evaporação da água de lagos de grandes Usinas Hidrelétricas brasileiras**. 34f. Monografia (Bacharel em Engenharia de Energia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

NORTE ENERGIA, Disponível em: <https://www.norteenergiasa.com.br/pt-br/imprensa/releases/projeto-da-norte-energia-vai-levar-energia-solar-a-aldeias-do-medio-xingu-100942>. Acesso em: 09 set. 2021.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. 2014. CEPEL/CRESESB. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/manual_de_engenharia_fv_2014.pdf. Acesso em: 09 set. 2021.

PORTAL ENERGIA. Qual o maior fabricante mundial de painéis solares fotovoltaicos?. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/qual-maior-fabricante-mundial-paineis-solares-fotovoltaicos/>. Acesso em: 10 set. 2021.

PORTAL SOLAR. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/ong-desenvolve-projeto-que-leva-energia-solar-a-amazonia.html>. Acesso em: 13 ago. 2021.

RODRIGUES, P.S.F.; JATOBÁ E.B., NOBREGA D.B.G.; FILHO, J.B.M. Plataforma fotovoltaica flutuante de Sobradinho (BA) - Desafios e estratégias de implantação. **IV Congresso Brasileiro de Energia Solar**. Fortaleza, 2020. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/867> . Acesso em: 20 jul. 2021.

ROSA-CLOT, M.; TINA, G. M.; NIZETIC, S. Floating photovoltaic plants and wastewater basins: an Australian project. *Procedia Engineering*, 2017. 664-674. 9th International Conference on Sustainability in Energy and Buildings. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217347197>. Acesso em: 09 ago. 2021.

STRANGUETO, K.M. **Estimativa do potencial brasileiro de produção de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos em reservatórios de hidroelétricas**. 34f. Tese (Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

WWF. Acesso à energia com fontes renováveis em regiões remotas no Brasil Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?76422/Acesso-a-energia-com-fontes-renovaveis-em-regioes-remotas-no-brasil>. Acesso em: 08 set. 2021.