

AVALIAÇÃO DA HIBRIDIZAÇÃO DE USINAS PARTICIPANTES DO MECANISMO DE REALOCAÇÃO DE ENERGIA (MRE) PARA GERENCIAMENTO DE RISCOS

Rebeka Passos Gomes^{1,2}
Fabiola Sena¹
Jorge Andrés Cormane Angarita²

¹Head Energia

²Universidade de Brasília

DOI: 10.47168/rbe.v28i4.764

RESUMO

Dada a relevância da discussão sobre empreendimentos híbridos, a Resolução Normativa nº 954/2021, considerada o marco regulatório para a geração híbrida, modifica o arcabouço normativo vigente ao incorporar os conceitos de Centrais Geradoras Híbridas (UGHs) e Centrais Geradoras Associadas. Este trabalho apresenta uma metodologia de dimensionamento de sistemas híbridos (Hídricos - Solar fotovoltaico) usada como uma estratégia de gerenciamento de riscos por meio da diversificação da composição de portfólios. Para isso, tem-se como base as expectativas de variação do *Generation Scaling Factor* (GSF) e os novos critérios para a sazonalização da garantia física para fins de alocação de energia no Mecanismo de Realocação de Energia (MRE), estabelecidos pela Resolução nº 899/2020. Os resultados revelam que a metodologia proposta tem potencial para contribuir com a proteção contra as exposições financeiras em decorrência da dinâmica dos cenários de GSF. Entretanto, verifica-se que, devido às mudanças regulatórias e aos altos montantes de potência necessários a cobrir as exposições no Mercado de Curto Prazo (MCP), a viabilidade do dimensionamento da geração híbrida hídrica-solar fotovoltaica depende da disponibilidade do recurso energético na região do empreendimento híbrido, do tamanho e da performance das usinas. Portanto, variam para cada projeto. Dessa maneira, apesar dos benefícios intrínsecos a uma geração híbrida solar-hidrelétrica local, deve-se considerar uma avaliação da tipologia de portfólios comerciais de usinas híbridas, que também se configura como adequada para uma estratégia de gestão de riscos de preços de curto prazo por envolver apenas uma relação comercial-contratual, sem obrigatoriedade de proximidade física.

Palavras-chave: Sistema híbrido; MRE; Solar fotovoltaica; Gestão de riscos.

ABSTRACT

Given the relevance of the discussion on hybrid projects, Normative Resolution No. 954/2021, considered the regulatory framework for hybrid generation, modifies the existing regulatory framework by incorporating the concepts of Hybrid Generating Centers (UGHs) and Associated Generating Centers. This paper presents a methodology for sizing hybrid systems (Hydric - Solar photovoltaic) used as a risk management strategy through the diversification of portfolio composition. For this, it is based on the expectations of variation of the Generation Scaling Factor (GSF) and the new criteria for the seasonalization of the physical guarantee for purposes of energy allocation in the Energy Reallocation Mechanism (MRE), established by Resolution No. 899 /2020. The results reveal that the proposed methodology has the potential to contribute to the protection against financial exposures due to the dynamics of GSF scenarios. However, it appears that, due to regulatory changes and the high amounts of power needed to cover exposures in the Short Term Market (MCP), the viability of sizing the photovoltaic hydro-solar hybrid generation depends on the availability of the energy resource in the region of the hybrid venture, and on the capacity and performance of the plants. Therefore, they vary for each project. Thus, despite the intrinsic benefits of a local hybrid solar-hydroelectric generation, an assessment of the commercial portfolio typology of hybrid power plants should be considered, which is also suitable for a short-term price risk management strategy as it involves just a commercial-contractual relationship, with no obligation of physical proximity.

Keywords: Hybrid system; MRE; Photovoltaic solar; Risk management.

1. INTRODUÇÃO

A regulamentação de usinas híbridas, uma inovação para o sistema regulatório brasileiro, se torna peça fundamental para aumentar a produção de energia anual a partir do melhor aproveitamento da infraestrutura elétrica, da área disponível e da exploração da complementaridade entre os recursos energéticos. O aprimoramento do uso do recurso hídrico pode ser feito a partir da conversão de usinas hidrelétricas em usinas híbridas por meio da sua combinação com uma outra tecnologia de geração de energia elétrica, preferivelmente renovável.

O presente trabalho apresenta uma metodologia de dimensionamento para a hibridização de usinas hidrelétricas, que pode ser utilizada como estratégia de gerenciamento de riscos por meio da diversificação da composição de portfólios. A relevância está na contri-

buição de estratégias de desenvolvimento sustentável do setor de energia, a partir do aproveitamento energético de fontes complementares entre si, e do planejamento da comercialização e gestão do risco hidrológico das usinas do Mecanismo de Realocação de Energia (MRE). Neste caso foi considerada a combinação de usinas hidrelétricas com a tecnologia solar fotovoltaica flutuante (FVF). Dita tecnologia de geração mostra sinais de crescimento elevado em razão da consolidação no mercado.

2. MECANISMO DE REALOCAÇÃO DE ENERGIA (MRE)

O MRE é um dispositivo financeiro cujo objetivo é compartilhar entre os seus participantes os riscos financeiros e hidrológicos relativos às obrigações contratuais de energia por empreendimentos hidrelétricos despachados centralizadamente pelo ONS, cuja participação no mecanismo é obrigatória. A participação de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) é opcional (ONS, 2021a). No processamento do MRE compara-se o valor total da energia gerada por todas as usinas participantes com o resultado da soma de suas garantias físicas; a diferença entre esses dois valores é chamada Fator de Ajuste do MRE ou, como é mais conhecido, de GSF (*Generation Scaling Factor*). Quando o valor da geração total do MRE está acima do valor da garantia física total, os proprietários das usinas ficam em uma posição credora na liquidação do MCP e, caso contrário, ficam em uma posição devedora (CCEE, 2021a).

Desde 2014, o MRE tem apresentado valores de GSF inferiores a 100%, o que levou à exposição de muitos proprietários de usinas hidrelétricas a valores de Preço de Liquidação das Diferenças (PLD) bem elevados. Além disso, nos últimos sete anos, os subsistemas Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e Norte apresentaram valores inferiores à média histórica (EPE, 2021a; ONS, 2021b; CCEE, 2019). A consequência deste cenário consiste em que as liquidações financeiras das operações realizadas pela Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) foram travadas e a inadimplência cresceu, retendo montantes que chegaram a quase R\$ 8,7 bilhões (STIMA ENERGIA, 2020; GESEL, 2020). A judicialização do GSF ficou conhecida como “Ajuste do MRE”, e paralisou o mercado do setor elétrico.

3. SISTEMAS HÍBRIDOS DE ENERGIA

A exploração da complementaridade entre os recursos energéticos vem ganhando notoriedade no cenário energético atual, por contribuir para o aprimoramento dos sistemas de geração de energia. A Resolução Normativa nº 954/2021 dispõe sobre as adequações re-

gulatorias para o estabelecimento de usinas híbridas e associadas. Com a resolução, são definidas regras para a outorga, tarifação dos empreendimentos, a contratação do uso e descontos nas tarifas de uso dos sistemas de transmissão (ANEEL, 2021).

Dentre as tipologias que descrevem as integrações possíveis entre as fontes de energia, temos: usinas associadas, híbridas e portfólios comerciais. Na Tabela 1 encontram-se resumidas as principais características das tipologias apresentadas na Resolução Normativa nº 954/2021 (EPE, 2018; ANEEL, 2021).

Tabela 1 – Principais pontos que diferem as tipologias para integração de fontes distintas de energia

Tipo	Equipamentos de medição e outorgas	Proximidade física	Contratação do uso da rede
Usinas Associadas	Medições distintas; Outorgas distintas.	Próximas entre si, e podem utilizar o mesmo terreno.	Compartilham fisicamente e contratualmente a infraestrutura de conexão e acesso à rede. A capacidade contratada é menor que a soma das potências nominais.
Usinas Híbridas	Podem ou não ter medições distintas; Outorgas únicas.	Utilizam o mesmo terreno.	Compartilham fisicamente e contratualmente a infraestrutura de conexão e acesso à rede, e a capacidade contratada é menor que a soma das potências nominais.
Portfólios Comerciais	Medições distintas; Outorgas distintas.	Não há necessidade de estarem próximas fisicamente.	Natureza é apenas comercial-contratual, mas cada usina deve contratar uma capacidade de uso da rede compatível com a sua potência nominal.

3.1 Geração Híbrida Hidrelétrica – Solar Fotovoltaica Flutuante

A tecnologia solar fotovoltaica flutuante (FVF) não encontra limitações regulatórias no setor elétrico no Brasil; é estimado potencial de até 4.519 GWp ao se utilizar os reservatórios das usinas hidrelétricas (EPE, 2020). As maiores dificuldades na implantação desse tipo de empreendimento estão na obtenção do licenciamento ambiental e na constatação do direito ao uso da área designada para o projeto. Os desafios estão relacionados à construção, operação e custos de implantação, que ainda são maiores se comparados às usinas solares em terra (EPE, 2021b). Indica-se privilegiar as localidades com maiores fluxos de água e tempo de residência (tempo que a água permanece no reservatório) para a instalação de FVFs (EPE, 2020).

De acordo com a Resolução Normativa nº 954/2021, a híbrido-

zação com usinas participantes do MRE é permitida desde que as garantias físicas e as medições sejam distintas por tecnologia de geração, e que a energia proveniente das demais tecnologias não sejam destinadas ao MRE. Essas condições são necessárias para fornecer a separação da contabilização da geração entre as diferentes tecnologias de geração, evitando-se assim a alocação indevida de energia da fonte não-hídrica no MRE (ANEEL, 2020).

4. METODOLOGIA

A metodologia desenvolvida objetiva explorar, sem o intuito de apresentar estudo de viabilidade econômica, a seguinte hipótese: A estratégia de hibridização de usinas participantes do MRE, com usinas solares fotovoltaicas flutuantes, proporciona uma proteção contra exposições financeiras negativas no MCP advindas dos cenários em que a geração total do MRE se encontra abaixo da garantia física total (ver Figura 1).

A proposta pretende: (i) proporcionar um diferencial de negócio, por meio da diversificação do portfólio de geração com outras fontes; (ii) fornecer ao empreendedor uma ferramenta que auxilie na concepção de estratégias de planejamento da comercialização; e (iii) fazer a gestão da exposição a movimentos de preços de mercado desfavoráveis e influenciados pelos impactos negativos do GSF.

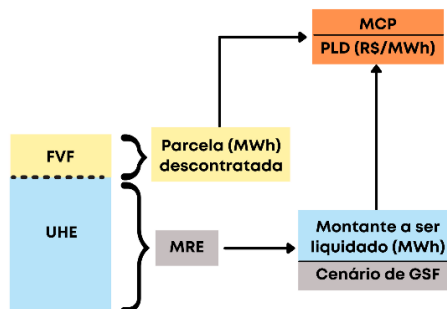


Figura 1 – Estratégia de hedge proposta

Para o estudo de caso, o subsistema Norte foi selecionado. Para isso, identificou-se a usina hidrelétrica mais representativa: a usina hidrelétrica de Tucuruí. O critério analisado foi a relevância da capacidade de armazenamento de energia (50,69%) em relação ao subsistema e a participação no MRE. A UHE está instalada no rio Tocantins,

no sudeste do Pará. Pertence a Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A (Eletronorte) e possui uma Garantia Física de 4.414 MW médios; seu reservatório tem uma área de 2.850 km² quando cheio (ELETRICIDADE, 2020).

4.1 Dimensionamento do sistema híbrido (UHE - FVF)

O propósito desta etapa é encontrar a participação ótima da usina solar fotovoltaica flutuante na hibridização de usinas que participam do MRE. Para isso, considera-se que seu objetivo é ser um produto de comercialização de curto prazo, a fim de mitigar a exposição dos geradores aos riscos relacionados ao GSF. Portanto, os seguintes passos foram seguidos:

1. Obtenção das novas curvas de sazonalização: Para isso, fez-se o ajuste dos valores mensais de garantia física sazonalizada para fins de alocação de energia no MRE considerando a aplicação dos limites de sazonalização estabelecidos pela Resolução no. 899/2020, que propõe mudanças regulatórias referentes às regras de sazonalização a partir do ano de 2022;
2. Análise do impacto financeiro da nova regra de sazonalização na exposição dos agentes ao mercado de curto prazo;
3. Definição da potência da FVF ao levar em consideração os valores mais críticos dos montantes a liquidar no MCP de cada cenário, a fim de que a contribuição da complementaridade mensal possa refletir na estratégia de comercialização dos agentes.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estratégia do dimensionamento da usina leva em consideração o pior cenário de GSF do período analisado. São consideradas as seguintes curvas de garantia física:

- (i) Cenário base: os valores mensais de garantia física sazonalizada precisam atender ao perfil de geração média do MRE dos cinco anos anteriores. Os dados de 2010 a 2013 são oriundos do histórico da operação do SIN, da base de dados técnicos do ONS, e os dados de 2014 a 2019 foram retirados do painel Geração da CCEE (CCEE, 2021b; ONS, 2021c);
- (ii) Cenário atual (até 2021): os valores mensais de garantia física sazonalizada não podem ser superiores à potência instalada da usina, e o somatório dos montantes mensais deve ser igual ao montante anual. Valores são referentes às curvas de sazonalização que efetivamente foi realizada; e

(iii) Cenário de transição (2022 a 2026): os valores mensais de garantia física sazonalizada devem estar entre a faixa de variação $\pm 20\%$ do perfil de geração média do MRE dos cinco anos anteriores. Esta curva é obtida com base em ajustes feitos na curva (ii), e os limites máximos e mínimos de sazonalização levam em consideração a curva base (i), que deverá ser seguida pelos agentes a partir de janeiro de 2027.

Na Figura 2 tem-se o comparativo dos cenários estabelecidos, e a Figura 3 apresenta resultados da simulação do comportamento do GSF em decorrência da aplicação de limites de sazonalização para a UHE Tucuruí. O comparativo do impacto financeiro após a valoração pode ser visto Tabela 2. A média mensal do PLD de cada submercado é oriunda da base de dado da CCEE (CCEE, 2021c).

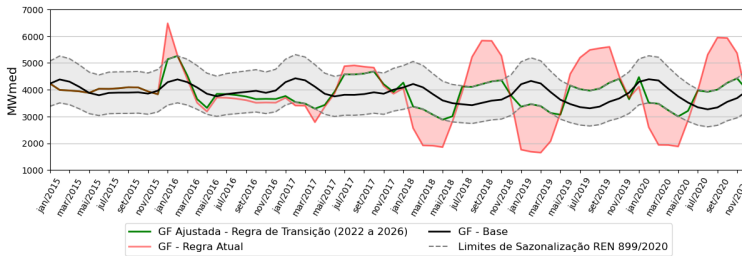
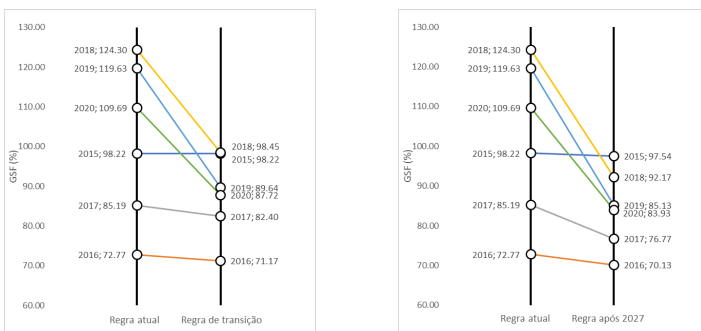


Figura 2 – Curvas de sazonalização para os cenários base, atual e de transição quando da aplicação teórica dos novos critérios estabelecidos pela REN n.º. 899/2020 para a UHE Tucuruí



(a) Regra atual versus regra de transição

(b) Regra atual versus regra após 2027

Figura 3 – Comparativo dos valores médios anuais de GSF para UHE Tucuruí

Tabela 2 – Comparativo do impacto financeiro para a UHE Tucuruí

Cenários	Σ Exposição negativa (R\$ milhão)	Montante a liquidar do pior cenário de GSF (MWh)
Regra Atual	17.071,83	jan/2016 - 4.549,61
Regra de transição	13.878,41 (-18.7%)*	jan/2016 - 3.207,65
Regra após 2027	10.831,71 (-36.5%)*	dez/2015 - 2.485,77

*Em relação à regra atual

Nota-se uma extrapolação dos limites estabelecidos na nova regra pela sazonalização realizada e que, após a aplicação das novas regras, as curvas de GSF sofreram atenuações e o impacto financeiro foi reduzido para a usina selecionada, isso devido ao fato das novas regras causarem uma redução na flexibilidade do agente proprietário da usina.

A proposta da associação de usinas hidrelétricas participantes do MRE com FVF tem o objetivo de atender a necessidade dos agentes de procurar soluções que reduzem os impactos negativos do GSF em seus resultados. Dessa maneira, propõe-se que o montante excedente da hibridização, proveniente da usina solar fotovoltaica, seja um produto de curto prazo. Ou seja, o objetivo é deixá-lo descontratado estrategicamente em alguns meses e reservado para ser liquidado no MCP, com a finalidade de proporcionar uma autoproteção contra perdas financeiras advindas de cenários de GSF. Além disso, a proposta visa à otimização do uso dos sistemas de transmissão/distribuição e dos recursos energéticos ao aproveitar a complementaridade entre eles.

Ao considerar os montantes de energia referentes ao pior histórico de GSF e um fator de capacidade (FC) igual a 24%, a contribuição energética da FVF para a hibridização foi calculada para os três cenários de sazonalização da garantia física conforme a Equação 1. Adotando-se como referência os dados da FVF instalada na UHE Sobradinho (1 MWp de potência instalada para cada 11 km² de área ocupada), foi possível estimar a área de instalação da FVF em relação à área do reservatório da usina (2.850 km²). A Tabela 3 resume os resultados encontrados.

$$PFVF(MWp) = \frac{\text{Montante do pior cenário de GSF (MWh)}}{FC} \quad (1)$$

Tabela 3 – Comparativo do impacto financeiro para UHE Tucuruí

Cenários	PFVF (MWp) com FC = 24%	Área da FVF (km ²)	Taxa de ocupação da área (%)
Regra Atual	18.956,71	208,52	7,32
Regra de transição	13.365,21	147,02	5,16 (-2,16%)*
Regra após 2027	10.357,37	113,93	4,0 (-3,32%)*

*Em relação à regra atual

Os resultados mostram que as áreas requisitadas para a instalação das FVFs, de acordo com os valores de PFVF, representam uma porcentagem não tão significativa em relação a área total do reservatório. Em relação ao cenário da regra atual, os valores de PFVF e de suas respectivas taxas de ocupação da área, para as regras de transição e após 2027, são menores. A escolha do melhor valor de PFVF seria a do cenário da regra de sazonalização a ser aplicada a partir de 2027. É interessante notar que as diferenças entre os cenários de sazonalização demonstram a relevância das mudanças regulatórias na formulação de estratégias de gestão de riscos baseadas em respostas com ativos de geração.

Dessa forma, os resultados revelam que a solução proposta tem potencial e pode ser considerada uma alternativa para proporcionar uma proteção contra as exposições financeiras em decorrência dos cenários de GSF. Contudo, pode ser inviável e não atrativa para os agentes do mercado devido: (i) aos elevados valores de PFVF, os quais indicam que os investimentos também devem ser elevados; e (ii) à dinâmica regulatória do setor, pois futuras normas podem alterar novamente as regras de sazonalização da garantia física, e até mesmo decidir o fim do MRE.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O dimensionamento da usina FVF levou em consideração o pior cenário de GSF entre os anos de 2015 a 2020 e os novos critérios para a sazonalização da garantia física para fins de alocação de energia no MRE, estabelecidos pela Resolução no. 899/2020. Os resultados revelam que a solução proposta tem o potencial de proporcionar uma proteção contra as exposições financeiras em decorrência dos cenários de GSF. Entretanto, infere-se que, devido à dinamicidade das mudanças regulatórias e aos altos valores de potência necessários a cobrir as exposições no MCP, que sugerem altos investimentos dos empreendimentos, a viabilidade da proposta depende das disponibilidades energéticas dos recursos no local que se pretende construir o em-

preendimento híbrido, do dimensionamento e performance das usinas.

Nesse sentido, mesmo sem os benefícios do compartilhamento do uso do sistema, a estratégia de gestão de riscos de preços de curto prazo, baseada na tipologia de portfólios comerciais de usinas híbridas, deve ser levada também em consideração, pois apenas requer um envolvimento comercial-contratual ao passo que permite aproveitar a complementaridade temporal e espacial dos recursos energéticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL [Agência Nacional de Energia Elétrica]. 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. 2020.

ANEEL [Agência Nacional de Energia Elétrica]. Resolução nº 954, de 30 de novembro de 2021. Dispõe sobre o tratamento regulatório para a implantação de Central Geradora Híbrida (UGH) e centrais geradoras associadas. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-normativa-aneel-n-954-de-30-de-novembro-de-2021-364715864>>.

CCEE [Câmara de Comercialização de Energia Elétrica]. Informações ao mercado - painel de geração. 2021. Disponível em: <<https://www.ccee.org.br/dados-e-analises/dados-geracao>>.

CCEE [Câmara de Comercialização de Energia Elétrica]. Modernização do setor elétrico: Relatório do grupo temático aprimoramento do mre. 2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/secretaria-executiva/modernizacao-do-setor-eletrico/arquivos/pasta-geral-publicada/mre.pdf>>.

CCEE [Câmara de Comercialização de Energia Elétrica]. Preços média mensal. 2021. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/como_ccee_atua/precos/preco_media_mensal?_adf.ctrl-state=10rjp6wxnp_168&_afLop=291470077422471#!>.

CCEE [Câmara de Comercialização de Energia Elétrica]. Regras de comercialização - mecanismo de realocação de energia. Versão 2022.2.0, 2021. Disponível em: <[https://www.ccee.org.br/documents/80415/919404/04%20-%20MRE_2022.2.0_\(jan-22\).pdf/e5ae-77ba-772b-4483-78b4-e4da761ddc84](https://www.ccee.org.br/documents/80415/919404/04%20-%20MRE_2022.2.0_(jan-22).pdf/e5ae-77ba-772b-4483-78b4-e4da761ddc84)>.

ELETRICIDADE, MEMORIAL DA. Usina hidrelétrica Tucuruí. 2020. Disponível em: <<https://www.memoriadaeletricidade.com.br/acervo/4420/usina-hidreletrica-tucuruji>>.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. Escassez hídrica e o fornecimento de energia elétrica no Brasil. 2021. Disponível em: < <https://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/Documents/info-grafico.pdf> >.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. Geração eólica e fotovoltaica - Dados de entrada para modelos elétricos e energéticos: metodologias e premissas. 2021. Disponível em: < <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Paginas/Nota-Tecnica-Dados-de-entrada-para-modelos-eletricos-e-energeticos-metodologias-e-premissas.aspx> >.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. Solar fotovoltaica flutuante - aspectos tecnológicos e ambientais relevantes ao planejamento. Nota Técnica, 2020.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. Usinas híbridas - uma análise qualitativa de temas regulatórios e comerciais relevantes ao planejamento. Nota Técnica, 2018. Disponível em: < <https://www.epe.gov.br/pt/imprensa/noticias/usinas-hibridas-epe-publica-analise-qualitativa-de-temas-regulatorios-e-comerciais> >.

GESEL, G. de Estudos do S. E. A questão do GSF e a lição de Edmund Burke. 2020. Disponível em: < http://gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/03_carvalho_2020_09_01.pdf >.

ONS [Operador Nacional do Sistema]. Glossário dos procedimentos de rede. 2021. Disponível em: < https://apps08.ons.org.br/ONS.Sin-tegre.Proxy/ecmprsite/ecmfragmentsdocuments/Submódulo%201.2-PR_2020.12.pdf >.

ONS [Operador Nacional do Sistema]. Imprensa notícias: Escassez hídrica. 2021. Disponível em: < <http://www.ons.org.br/Paginas/Noticias/20210707-escassez-hidrica-2021.aspx> >.

ONS [Operador Nacional do Sistema]. Resultados da operação - histórico da operação. 2021. Disponível em: < <http://www.ons.org.br/paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao> >.

STIMA ENERGIA. Aprovação do PI do risco hidrológico no Senado libera passivo de quase R\$ 9 bilhões. 2020. Disponível em: < <https://stimaenergia.com.br/index.php/aprovacao-do-pl-do-risco-hidrologico-no-senado-libera-passivo-de-quase-r-9-bilhoes/> >.