**MODELO PARA ENVIO DE CONTRIBUIÇÕES REFERENTE À TOMADA DE SUBSÍDIOS Nº 011 /2020**

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL

ATO REGULATÓRIO: Tomada de subsídios 011/2020 (De 22/09/2020 a 01/03/2021) (Especificar Nome/Tipo, nº e data, caso existam)

* EMENTA (Caso exista): Obter subsídios para a elaboração de propostas de adequações regulatórias necessárias à inserção de sistemas de armazenamento no setor elétrico brasileiro.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Caracterização dos recursos de armazenamento** | | |
| **TEXTO/ANEEL** | **TEXTO/INSTITUIÇÃO** | **JUSTIFICATIVA/INSTITUIÇÃO** |
| Quais as configurações deveriam ser autorizadas pela regulação, observando-se os princípios de ampliação da concorrência e mitigação de riscos de abuso de poder de mercado? Sob quais condições os monopólios naturais regulados também deveriam instalar, operar e manter recursos de armazenamento? | A avaliação das características de cada tipo de armazenamento é de fundamental importância para avaliar as configurações que deveriam ser autorizadas pela regulação, sendo que os princípios de entrega de capacidade e do tempo de descarga de cada tecnologia são relevantes para ampliação da concorrência e mitigação de riscos de abuso de poder de mercado. Dentre os tipos de sistemas de armazenamento de energia, há uma tendência maior em utilização de usinas hidrelétricas reversíveis, muito em razão desta tecnologia possuir a maior capacidade instalada no cenário global e em função do enorme potencial hídrico brasileiro. Além disso, há a necessidade de maior flexibilidade no sistema elétrico brasileiro, decorrente da evolução da matriz elétrica nacional. Sobre as condições de monopólios naturais regulados, há uma tendência aos modelos de concessão e outorga para usinas hidrelétricas reversíveis (UHRs), seguindo o modelo adotado atualmente para hidrelétricas. As garantias físicas estariam atreladas ao modo geração, que seria estendido pelo modo bombeamento (armazenamento) da usina. Em relação às usinas hidrelétricas UHRs de circuito fechado, a questão contratual poderia ser flexível, com o estabelecimento de contratos, mediante o estabelecimento do plano PPA estabelecidos inclusive no Ambiente Livre (ACL). | Os sistemas de armazenamento de energia são uma tendência no processo de modernização das matrizes elétricas dos países ao redor do mundo, atingindo 140 GW de capacidade instalada em 2014, segundo **IHA, 2014**. As usinas hidrelétricas reversíveis representam a maior parte da capacidade instalada de tais sistemas (96%), conforme **Olabi et al., 2021**. A energia hidráulica representou em 2019, cerca de 64,1% da capacidade instalada de energia elétrica no Brasil, de acordo com o **Balanço energético Nacional 2020 pela EPE.** O potencial hídrico brasileiro justifica a tendência para inserção de usinas hidrelétricas reversíveis, pois já há a estrutura adequada no país para construção de usinas hidrelétricas reversíveis ou para conversão das hidrelétricas convencionais em reversíveis. Quanto às condições de monopólio de mercado, a maior parte das usinas hidrelétricas convencionais opera sob um ambiente de contratação regulada (ACR). Os modelos atuais de contrato são concentrados em outorga e concessão, e há a tendência que as reversíveis sejam operadas também sob estas condições, seguindo o exemplo de países como a China, país no qual, predomina a operação de UHRs sob contratos de concessão **(CTG, China, 2019).** Segundo **Canales et al., 2015,** a principal diferença entre uma usina hidrelétrica convencional e uma UHR está no modo de operação, dado que a reversível possui as funções de bombeamento e de turbinamento em comparação à hidrelétrica (apenas turbinamento). Portanto, estes aspectos eletromecânicos provavelmente não provocariam alteração nos tipos de contrato do ambiente regulado. Para as UHRs de circuito fechado, em função do arranjo construtivo das mesmas, há a possibilidade de aproveitamento de parte de estruturas subterrâneas como cavernas e minas de carvão para a construção destas plantas, segundo **Hunt et al., 2020**, podendo haver a definição de contratos tanto no ambiente de contratação regulado quanto no livre, a partir de planos PPA **(CTG China, 2019).** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **TEXTO/ANEEL** | **TEXTO/INSTITUIÇÃO** | **JUSTIFICATIVA/INSTITUIÇÃO** |
| Como os recursos de armazenamento poderiam ser considerados nos processos de planejamento da expansão dos sistemas de geração e transmissão? | Em termos de planejamento e expansão dos sistemas de geração e transmissão, os sistemas de armazenamento de energia poderiam atuar como uma solução complementar à geração de fontes renováveis intermitentes, trazendo previsibilidade ao sistema elétrico, pela possibilidade de redução dos efeitos da variabilidade destas fontes. Esta mitigação da variabilidade possibilitaria maiores estabilidade e confiabilidade ao sistema elétrico brasileiro. Os sistemas híbridos de armazenamento de energia seriam uma forma de estabelecimento para os recursos de armazenamento no contexto do planejamento da expansão dos sistemas de geração e transmissão. As usinas hidrelétricas reversíveis (UHRs) poderiam compor estes sistemas híbridos por meio da integração com instalações de energia eólica e energia solar, uma vez que há a predominância de energia hidrelétrica na matriz elétrica brasileira. | Para um cenário predominante de usinas hidrelétricas reversíveis (UHRs), os sistemas de armazenamento poderiam atuar como provedores de requisitos de previsibilidade, flexibilidade e confiabilidade no setor elétrico brasileiro. Estas usinas apresentam elevada densidade de energia e baixo tempo de resposta operativa, permitindo a atuação destas com a geração renovável intermitente, principalmente a geração solar e a geração eólica **(Javed et al., 2020).** Os sistemas híbridos que combinam UHRs com energia eólica e solar podem trazer uma série de benefícios como: a recuperação ótima da energia eólica rejeitada para sistemas (interligado ou isolado); aumento da penetração da energia eólica em função do uso combinado com a UHR; redução do custo inicial de construção de UHRs pela utilização da água do mar para configurações combinadas com plantas eólicas *offshore;* melhoria da performance transitória do sistema de geração solar em função da introdução de energia hídrica pela UHR; possibilidade de solução de problemas de escassez de energia e de água, em função da geração menos instável caracterizada por um sistema híbrido solar-UHR, por conta da sua óbvia complementariedade; estabelecimentos de cenários de otimização para redução nas perdas diárias, com possibilidade de melhoria no balanço energético, em função da redução da previsibilidade na geração em comparação a um sistema de energia solar convencional **(Javed et al., 2020).** Além dos fatores citados por **Javed et al., 2020,** há outras motivações para os sistemas híbridos de armazenamento impactarem positivamente nos processos de planejamento da expansão dos sistemas de geração e transmissão. As usinas hidrelétricas com sistemas binários de velocidade variável ou sistemas ternários (velocidade fixa ou variável) possuem rápidas e largas faixas de operação, promovendo um acréscimo de flexibilidade ao sistema elétrico, por permitirem alta penetração de fontes renováveis intermitentes com redução de custos do sistema e altos níveis de estabilidade **(Simão et al., 2020).** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Especificação dos serviços a serem prestados** | | |
| **TEXTO/ANEEL** | **TEXTO/INSTITUIÇÃO** | **JUSTIFICATIVA/INSTITUIÇÃO** |
| Observando as características do setor elétrico brasileiro, quais os serviços que poderiam ser ofertados por tecnologias de armazenamento, segmentados em energia elétrica, capacidade (lastro) e serviços ancilares? | Há uma série de serviços que poderiam ser ofertados por tecnologias de armazenamento de energia, seja num cenário regulatório de separação lastro e energia, seja num cenário de remuneração adequada dos serviços ancilares. Tais serviços estão divididos principalmente nas seguintes categorias de agentes: comercializador; produtor; transmissor e distribuidor; consumidor. Trabalhos de revisão sistemática da literatura indicam que as UHRs em função da sua alta entrega de capacidade e da maior flexibilidade do horizonte temporal de operação, constituem as tecnologias de armazenamento mais convergentes para serviços remuneráveis na rede elétrica.  Para o caso do setor elétrico brasileiro, esta tendência deve ser confirmada, em função do imenso potencial hídrico e da relevante participação da energia hidráulica na matriz elétrica nacional, além da elevada inserção de energia intermitente ao longo dos últimos dez anos. | Segundo **Baumgarte et al., 2020,** os serviços da rede elétrica mais prováveis de serem realizados são os serviços ancilares de regulação (regulação de frequência; restauração da frequência em curto e longo prazo); reserva energética e corte de energia de pico. As UHRs podem também realizar serviços de balanço e de capacidade de reserva na rede elétrica, pelo fato destas armazenarem energia durante o período de baixa demanda energética e fornecerem a mesma, em períodos de maior demanda **(Hydro Wires, 2019).** Dentre alguns destes, podem ser citados, os serviços de robustez energética e de confiabilidade **(PSR, 2018).** Em um cenário de confiabilidade, as UHRs atuariam para evitar um déficit de potência no sistema **(PSR, 2018).** Para o serviço de separação entre lastro e energia, o mercado poderia ser estabelecido através da combinação de geração por UHRs e fontes intermitentes de energia para o cálculo da garantia física onde, normalmente, é exigido que a capacidade ofertada por ativos de armazenamento seja mantida por um determinado número de horas **(MME, 2019).** Assim, o benefício da entrega de potência (lastro) é grande, haja vista que a UHR ajuda a trazer maior garantia física deste atributo para as renováveis intermitentes. Quanto à arbitragem de energia, esta costuma ocorrer em mercados liberalizados com alta volatilidade de preço, caso do mercado ibérico que abriga Portugal e Espanha. Porém as UHRs são ativos de investimentos vultosos e de longo prazo. Assim, a garantia de receita com a arbitragem é incerta e traz muitos riscos ao investidor. Além disso, para haver arbitragem de preços, há a necessidade de distorções frequentes nos preços do mercado; sendo assim, a arbitragem de energia não entrega uma garantia de remuneração a longo prazo **(Zuculin et al., 2014).** Deve-se lembrar também, que no Brasil, pouco se tem conhecimento do risco num mercado *day-ahead*, uma vez que este começou a valer, de fato, em 2021. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Mercado de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional** | | |
| **TEXTO/ANEEL** | **TEXTO/INSTITUIÇÃO** | **JUSTIFICATIVA/INSTITUIÇÃO** |
| Quais as principais barreiras para que os sistemas de armazenamento participem do mercado de curto prazo de energia elétrica? | Os sistemas de armazenamento de energia possuem enorme potencial para operação dentro do sistema elétrico brasileiro, com tendência à predominância das usinas hidrelétricas reversíveis (UHRs) no cenário operativo.  Entretanto, alguns fatores configuram barreiras para a inserção de UHRs na matriz energética brasileira. Dentre estes fatores, podem ser destacados: o alto custo de investimento em plantas desta tecnologia; o pouco tempo de conhecimento técnico da tecnologia (custo, tempo de operação, tempo de resposta) o conhecimento limitado de aplicações no mercado brasileiro e a abordagem preliminar sobre tipos de mercado que tangenciam os mecanismos de preços envolvidos em um cenário de inserção de usinas hidrelétricas reversíveis, em especial, a abordagem recente sobre o mercado *day-ahead.*  Assim, é bem improvável que haja investidores interessados a “apostarem suas fichas” em projetos de UHR com vistas a uma remuneração no mercado de curto prazo, dado o risco desse mercado e o volume de investimento necessário para se construir este tipo de planta. | No Brasil não há um marco regulatório que fomente a inserção de tecnologias de armazenamento de energia como as UHRS. Alguns estudos recentes vêm ganhando relevância, ao tentarem discutir a viabilidade de inserção de UHRs na matriz energética brasileira. Dentre estes, pode ser destacada, **a nota técnica EPE-DEE-006/2019**, apresentando um estudo preliminar de inventário no estado do Rio de Janeiro. Este estudo desenvolvido pela EPE mostrou que apesar dos resultados do pré-dimensionamento indicarem um relevante potencial técnico-econômico para a inserção de UHRs, ainda existem fatores condicionantes para as concepções e escolhas dos projetos. Apesar das UHRs configurarem a tecnologia mais madura de armazenamento de energia**,** conforme **IVA (2016),** ainda não há um estudo documentado e publicado por agentes do setor elétrico brasileiro que trate da regulamentação de fatores relativos ao custo, tempo de operação e tempo de resposta desta tecnologia. Esta abordagem regulatória está mais fundamentada em estudos da literatura desenvolvidos por pesquisadores/institutos brasileiros e internacionais, como **Hunt et al., 2020; IRENA, 2017; Hunt et al., 2018,** nos quais, há o detalhamento de características como tempo de operação, modo de operação e utilização de UHRs. A ***European Commission* (EC), 2020** definiu que as UHRs possuem tempo de resposta satisfatório, compreendendo uma faixa de segundos até minutos.Quanto aos estudos de mercado, o trabalho mais recente publicado por agentes do setor elétrico brasileiro é **a nota técnica EPE-DEE-013/2021,** apresentando os desafios de mercado a serem superados para a inserção das UHRs no Brasil, destacando ser fundamental que haja alterações em normativos e desenhos de mercados a fim de criar competitividade para essas usinas. Há a necessidade de criação de cenários de mercado que permitam a consolidação de mecanismos de receita e modelos de negócio que possibilitem maior previsibilidade e correta alocação dos riscos, além disso, o preço da energia no mercado de curto prazo não reflete alguns serviços prestados pelos agentes geradores como robustez operativa ou redução de emissões **(PSR, 2018).**  Além disso, é necessário que exista a avaliação das possibilidades e condições adequadas de remuneração das UHRs por capacidade e por serviços ancilares, conforme **Baumgarte et al., 2020**. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **TEXTO/ANEEL** | **TEXTO/INSTITUIÇÃO** | **JUSTIFICATIVA/INSTITUIÇÃO** |
| Quais os ajustes, observadas as regras de comercialização e de operação do SIN, seriam necessários para que os recursos de armazenamento pudessem competir com os recursos tradicionais de oferta e demanda? | Em termos da competição com os recursos tradicionais de oferta e demanda, há a importância de que sejam definidos os procedimentos de rede para serviços de comercialização e operação no SIN, como serviços ancilares, e de que haja a definição legal do serviço de separação entre lastro e energia, considerando o cenário de inserção de sistemas de armazenamento de energia, com uma maior atenção para a inserção de usinas hidrelétricas reversíveis, dado o potencial hídrico no Brasil e a capacidade dessas plantas em comparação às outras tecnologias de armazenamento. | No aspecto dos procedimentos de rede para serviços ancilares, definidos pelo ONS, há o **submódulo 3.1.1**, com vigência a partir de 01/01/2021, cujo objetivo é estabelecer produtos e prazos, atribuir responsabilidades e descrever o processo relacionado à análise técnica dos requisitos para prestação de serviço ancilar por novas usinas e usinas em operação, as quais tenham possibilidade de fornecerem os serviços ancilares de suporte de reativos, controle secundário de frequência e autorrestabelecimento integral. Porém, estes serviços estão praticamente definidos para o cenário operativo de usinas térmicas, não sendo levado em consideração o cenário de inserção de armazenamento de energia por meio de usinas hidrelétricas reversíveis (UHRs). Além disso, não há a análise técnica para a prestação de outros serviços ancilares como controle primário de frequência, sistemas especiais de proteção (SEP) e despacho complementar para a manutenção da reserva operativa. Quanto ao modelo de separação entre lastro e energia, este é um dos serviços possíveis a serem oferecidos por UHRs em um horizonte futuro do setor elétrico brasileiro; porém, não há qualquer procedimento regulatório no setor elétrico atualmente que defina esse modelo de separação, embora seja considerado por agentes do setor elétrico para uma futura reforma do mercado de eletricidade no Brasil, tendo inclusive sido **publicado em 2019 pela EPE e pelo MME**, o relatório de apoio ao workshop de lastro e energia.Portanto, há a necessidade de que existam alterações no marco regulatório que fundamentem a definição de serviços ancilares para um cenário de inserção de UHRs e que também, definam a separação entre lastro e energia. Estas mudanças regulatórias beneficiariam as UHRs, especialmente por conta do atributo de entrega de reserva potência em larga escala, tão importante para o sistema brasileiro. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **TEXTO/ANEEL** | **TEXTO/INSTITUIÇÃO** | **JUSTIFICATIVA/INSTITUIÇÃO** |
| Quais deveriam ser o porte e os requisitos do sistema de armazenamento para que participasse do processo de despacho centralizado? Nessa hipótese, como seriam inseridas as quantidades de oferta e demanda nas programações diárias? | Para o cenário de participação do processo de despacho centralizado, a tendência é que sejam utilizadas tecnologias de armazenamento de energia com alta entrega de capacidade de potência. Tendo em vista que as usinas hidrelétricas reversíveis (UHRs) satisfazem a este requisito, o despacho centralizado destas poderia ser definido pelo ONS, a fim de minimizar os custos totais de operação do sistema. Em termos de inserção das quantidades de oferta e demanda nas programações diárias, este processo poderia ser realizado por meio da participação das usinas hidrelétricas reversíveis no programa de resposta à demanda do ONS que é baseado na geração centralizada, sendo adotado ainda por meio de um modelo piloto, voltado para os subsistemas Norte e Nordeste. | Conforme definido pelo glossário da ONS, em: **<**<http://www.ons.org.br/paginas/conhecimento/glossario>**>**, o despacho centralizado é definido como a condição na qual a usina tem o despacho de geração coordenado, estabelecido, programado, supervisionado e controlado pelo ONS, para os processos de planejamento e programação, além da operação em tempo real e da pós operação. Entretanto, são despachadas de forma centralizada somente as usinas do tipo I e do tipo IIA. As usinas centralizadas de geração hídricas atuais pertencem aos dois tipos de usinas que atendem os requisitos para despacho centralizado **(Submódulo 26.2 – ONS).** A partir destas definições, é possível concluir que, desde que haja a correta adequação legal, com pequenos ajustes, por parte do ONS e da ANEEL, as UHRs poderiam participar do despacho centralizado de geração, sobretudo por possuírem o mesmo princípio de funcionamento de uma hidrelétrica convencional. Quanto ao processo de inserção da oferta e da demanda na programação diária, este poderia se dar através da participação das UHRs no programa de resposta à demanda do ONS, o qual é voltado para a geração centralizada. A participação das UHRs neste programa de resposta à demanda poderia permitir o suprimento de necessidades do sistema como a reserva de potência operativa, capacidade de atendimento na ponta e o controle da frequência **(<**<http://www.ons.org.br/paginas/energia-no-futuro/programacao-da-operacao>**>).** A adição das quantidades de oferta e demanda na programação diária deverá seguir os princípios normativos estabelecidos pela **ANEEL** na resolução normativa **nº 792/2017**, com algumas atualizações a serem realizadas para o cenário de inserção de UHRs. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **TEXTO/ANEEL** | **TEXTO/INSTITUIÇÃO** | **JUSTIFICATIVA/INSTITUIÇÃO** |
| Quais deveriam ser o porte e os requisitos do sistema de armazenamento para que participasse individualmente do processo de contabilização e liquidação da CCEE? Nessa hipótese, quais seriam os requisitos de medição? | A participação individual de sistemas de armazenamento de energia como as UHRs no processo de contabilização e liquidação da CCEE, depende da discussão dos perfis de mercado atacadista e varejista. Quanto aos requisitos de medição, estes passam pela medição de outros atributos como a qualidade da energia e a avaliação das disponibilidades de frequência e de potência (ativa, reativa). Neste caso, as UHRs devem ser consideradas no processo de contabilização de um mercado atacadista, haja vista seu maior porte e potência. | Considerando que a maior parte dos empreendimentos hidrelétricos é composta por sistemas de grande porte (grandes potências), há uma tendência maior de que os sistemas de armazenamento a serem contabilizados e liquidados pela CCEE sejam as UHRs, especialmente no mercado atacadista (atual, inclusive). Este aprofundamento na discussão é cada vez mais necessário, haja vista que o mercado atacadista possui como exigências de participação: a definição do produto de energia a ser adquirido, com as respectivas flexibilidades, sazonalidades e modulações; na realização de operações de curto prazo para o fechamento do balanço energético mensal , por sua vez, o mercado varejista apresenta modelos de contratos mais flexíveis, dispensando a necessidade de operações de curto prazo; além disso, neste mercado, o processo de migração para o mercado livre é mais simplificado **(<**[**https://www.edp.com.br/comercializacao2**](https://www.edp.com.br/comercializacao2)**>).** No tocante aos requisitos de medição, considerando o maior porte das usinas reversíveis, estes devem ser os mesmos definidos no processo de contabilização atualmente exigido pela CCEE, cujas especificações técnicas a serem consideradas estão no Módulo 12 dos Procedimentos de Rede do Operador Nacional do Sistema – ONS e Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST - Módulo 5 - Sistemas de Medição. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Serviços ancilares** | | |
| **TEXTO/ANEEL** | **TEXTO/INSTITUIÇÃO** | **JUSTIFICATIVA/INSTITUIÇÃO** |
| Quais as principais barreiras para que os sistemas de armazenamento participem da oferta de serviços ancilares? | Em relação à questão proposta no **item III.8 da nota técnica nº 094/2020-SRG/ANEEL, parágrafo nº 79**, **página 32**, dentro do subtópico de Serviços Ancilares, há a necessidade de uma reforma no marco regulatório que define o mercado de serviços ancilares no setor elétrico brasileiro. Somente neste cenário, novos modelos de negócios podem ser viabilizados. Devem ser consideradas a criação de novos serviços ancilares e a adequação dos serviços ancilares já definidos pela **resolução normativa nº 697/2015 da ANEEL,** a fim de possibilitar que os sistemas de armazenamento de energia (inclusive usinas reversíveis) possam contribuir para maior segurança e elétrica do SEP. Assim, as principais barreiras são de cunho regulatório e técnico, uma vez que, dependendo do tipo e capacidade do armazenamento de energia, alguns serviços ancilares podem ser providos e outros não. Há a necessidade de se aprofundar os estudos relativos aos serviços ancilares que usinas reversíveis podem entregar, haja vista seu porte e potencial no mercado brasileiro, como dito anteriormente. | A experiência internacional relativa à regulação dos sistemas de armazenamento de energia no mundo mostra que há uma tendência de associação destes sistemas, especialmente no caso das UHRs, com os serviços ancilares, especialmente nos países que tiveram forte inserção de usinas solar e eólica. **Barbour et al., 2016** definiu, num trabalho de revisão sistemática da literatura, os mecanismos de remuneração para usinas hidrelétricas reversíveis (UHRs) no mundo. No relatório da **CTG, 2019**, foi apresentada a tarifa binômia como sendo o mecanismo de remuneração mais frequente para UHRs na China, em que a parcela correspondente à tarifa de capacidade, no âmbito dos serviços ancilares, reflete principalmente o lucro advindo destes serviços, com destaque para os serviços de regulação da frequência e de reserva energética. Além disso, **Baumgarte et al., 2020,** por meio de uma revisão sistemática da literatura, definiu os modelos de negócio mais apropriados para UHRs, em termos de custos evitados, adiamento de investimentos e arbitragem de preços. Alguns estudos na literatura mostraram que há forte tendência da utilização de sistemas de armazenamento de energia para prover serviços ancilares, especialmente no contexto de inserção de energia renovável intermitente (solar e eólica) **(Baumgarte et al., 2020; Sani et al., 2020).** Portanto, a partir da análise do contexto atual do sistema elétrico brasileiro, o qual demanda por aumento de confiabilidade no seu planejamento e na sua operação, para que este aumento seja alcançado, faz-se cada vez mais necessário que haja um processo de revisão do marco regulatório com vistas a permitir a remuneração dos serviços ancilares existentes ou de novos serviços ancilares, em um contexto de inserção das usinas hidrelétricas reversíveis. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **TEXTO/ANEEL** | **TEXTO/INSTITUIÇÃO** | **JUSTIFICATIVA/INSTITUIÇÃO** |
| Quais alterações nos produtos e especificações seriam necessárias para permitir a monetização de serviços prestados por sistemas de armazenamento? | A monetização de serviços prestados por sistemas de armazenamento, em especial, àquela voltada para o horizonte de serviços ancilares em um cenário de usinas hidrelétricas reversíveis, passa pela adequação dos serviços ancilares atuais para a realidade de inserção de UHRs, além da regulamentação de novos serviços na rede elétrica que possam ser realizados por estas UHRs. No caso das UHRs os serviços que hoje já são considerados pelo ONS e dos quais as reversíveis poderiam se beneficiar são: (i) controle secundário de frequência; (ii) reserva de potência para controle primário e secundário de frequência; (iii) reserva de prontidão; (iv) auto reestabelecimento (*black start*). Enquanto os dois primeiros serviços ancilares têm como utilidade a melhoria da regulação da frequência do sistema; o terceiro visa recompor a reserva girante do sistema; e o quarto, tem por objetivo o reestabelecimento automático da rede elétrica em caso de falta. Estes serviços se justificam para as UHRs por estes sistemas de armazenamento entregarem uma maior densidade de carga por maior tempo possível (descarga do sistema).  Há a necessidade de que se discuta sobre a adequada remuneração dos serviços ancilares, por esta ser, em algumas das vezes, desproporcional às benesses geradas ao sistema de potência no Brasil, especialmente em um horizonte esperado de grande inserção de usinas solar e eólica. | Dada a importância do debate sobre as possibilidades futuras de serviços na rede elétrica e serviços ancilares, o ONS estabeleceu em parceria com a ANEEL, em 2019, o **Workshop sobre Serviços Ancilares.** Dentre os serviços que traduzem contribuição para a rede elétrica, para um horizonte de inserção de UHRs, podem ser destacados os seguintes futuros serviços para a rede elétrica brasileira: resposta de inércia (inércia sintética), reserva de flexibilidade, capacidade de geração, nivelamento de carga (arbitragem de energia) rápida de frequência e descongestionamento da transmissão. Estes serviços, entretanto, dependem de adequações regulatórias. A **nota técnica nº 132/2019-SRG** **da ANEEL** estabelece a Tomada de Subsídios para fomentar abertura de discussão sobre o tema serviços ancilares aplicáveis ao no Sistema Interligado Nacional (SIN), além de apresentar um resumo sobre o **Workshop sobre Serviços Ancilares.** Sendo assim, já há uma discussão preliminar sobre os possíveis serviços a serem ofertados na rede elétrica brasileira, com alguns destes serviços sendo indicados como ancilares, no caso da resposta de inércia, da resposta rápida de frequência e da reserva de flexibilidade. Entretanto, há a necessidade de uma discussão mais aprofundada sobre quais destes serviços podem estar associados com às UHRs, com a análise detalhada sobre as configurações eletromecânicas possíveis. A **nota técnica** **DEE-NT-013/ 2021 da EPE** define os serviços fornecidos por UHRs, a partir da experiência internacional, tais como acompanhamento de carga, nivelamento de carga, provimento de inércia (resposta de inércia), controle de reativos, adiamento de investimento para fins de transmissão, além de outros. Embora nesta nota técnica haja uma pequena discussão associada às configurações eletromecânicas de UHRs (sistemas binário, ternário e quaternário, além das alternativas com velocidades fixa e variável), ainda há ausência de uma discussão mais aprofundada que correlacione todos os possíveis arranjos eletromecânicos de UHRs e os serviços ancilares e da rede elétrica a serem prestados por cada configuração, nos modos de geração e bombeamento destas usinas. Estudos preliminares vêm sendo desenvolvidos neste sentido, no âmbito do **P&D Aneel 00678-0120/2020,** “**Proposição de metodologia para seleção de locais para a implantação de usinas hidrelétricas reversíveis”, executado pela PSR com auxílio da PUC-Rio**. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **TEXTO/ANEEL** | **TEXTO/INSTITUIÇÃO** | **JUSTIFICATIVA/INSTITUIÇÃO** |
| Como as regras poderiam ser alteradas para que os sistemas de armazenamento compitam em mesmas bases com os recursos tradicionais de oferta e demanda? | Para a competição dos sistemas de armazenamento em mesmas bases com os recursos tradicionais de oferta e demanda, principalmente no caso das usinas hidrelétricas reversíveis (UHRs), há a necessidade de mudanças regulatórias para remuneração adequada de outros serviços entregáveis, especialmente, lastro (potência) e serviços ancilares. | As regras de remuneração para os serviços ancilares, definidas na **nota técnica nº 132/2019-SRG** **da ANEEL, no contrato de prestação de serviços ancilares (CSPA) e na nota técnica nº 251/2020-SRG** **da ANEEL** estão principalmente caracterizadas para a realização destes serviços no horizonte da geração térmica de energia elétrica. Para haver competição em mesma base com os recursos tradicionais de oferta e demanda, faz-se necessário que o horizonte de atuação dos serviços ancilares seja diversificado para outras tecnologias de geração de energia, como as usinas hidrelétricas, além da definição deste horizonte para o cenário de inserção de sistemas de armazenamento de energia, em especial, a inserção de UHRs. Por exemplo, para os serviços de controle secundário de frequência e despacho complementar para a manutenção da reserva operativa, há mecanismos de remuneração fixa anual pela qualidade do serviço e pelos custos de operação e manutenção das unidades geradoras, por meio de encargos de serviços do sistema, no caso do controle secundário de frequência; e para o despacho complementar para a manutenção da reserva operativa, existe a mensuração por parte do ONS, do desempenho das usinas termelétricas na realização deste serviço, com o agente de preço podendo limitar uma oferta de até 130% do CVU (custo de valor unitário). Entretanto, ambas as regras de remuneração são restritas ao despacho das usinas termelétricas. Para o serviço do suporte de reativos, dentro do mecanismo de remuneração, há a tarifa de serviços ancilares (TSA), em cuja composição, existem: o custo de operação e manutenção de usinas hidráulicas para geração incremental de energia e o fator de acréscimo de custo de operação e manutenção de usinas hidráulicas, devido à operação das unidades geradoras como compensador síncrono. Entretanto, dentre os sete serviços ancilares definidos no submódulo 21.9 do ONS e na resolução normativa 697/ 2015 da ANEEL**,** somente o suporte de reativos está relacionado à geração hidráulica. Além disso, esta relação é estabelecida em caráter secundário, para fins de geração incremental de energia. Portanto, a prioridade da execução de serviços ancilares para a geração térmica deve ser repensada, ampliando o horizonte de alcance destes serviços para outras formas de geração, o que permitiria a competição na mesma base com os recursos tradicionais de oferta e demanda. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **TEXTO/ANEEL** | **TEXTO/INSTITUIÇÃO** | **JUSTIFICATIVA/INSTITUIÇÃO** |
| Como seriam definidos os preços dos serviços ancilares prestados, num horizonte de curto, médio e longo prazo? | Para a definição de preços dos serviços ancilares prestados em diferentes horizontes temporais (curto, médio e longo prazo), seria importante que os valores fossem definidos por meio de simulações sistemáticas que contemplem todos estes horizontes, considerando os mecanismos de simulação *intraday* e *day ahead*. Para o cenário de inserção de usinas hidrelétricas reversíveis (UHRs), há extrema necessidade de que sejam simulados os custos de *break even* para estas usinas, a fim de verificar a viabilidade de investimento nestes tipos de plantas. Por fim, os futuros serviços da rede elétrica a serem ofertados por UHRs também devem ser considerados nestes horizontes de simulação, além dos serviços ancilares atuais da rede elétrica brasileira. | Em um cenário de inserção de UHRs, além das possibilidades de remuneração por capacidade e por separação entre lastro e energia, há a possibilidade de que estas plantas sejam remuneradas por serviços ancilares. Para isso, alguns estudos vêm sendo realizados, a fim de considerar futuros modelos de remuneração dos serviços ancilares. Um interessante estudo desenvolvido neste sentido é aquele realizado por **PSR-GIZ, 2021** que consiste na proposta de aprimoramentos na regulação do setor elétrico para permitir integração eficiente de recursos de armazenamento no sistema elétrico brasileiro. Neste estudo há a sugestão de mecanismos de remuneração para os serviços ancilares atuais de reserva operativa, autoreestabeelcimento e para o futuro serviço de rampa flexível. Para o mercado de serviços ancilares de curto prazo, foram sugeridos os serviços de contratação por leilões, que poderia ser específico por tecnologia; além disso, foi sugerida a alteração na forma de contratação do autoreestabelecimento. Já para o intervalo de médio prazo, há a sugestão da implementação do serviço de rampa flexível, com remuneração pelo custo de oportunidade, com a possibilidade de um produto de rampa positiva e negativa, produzindo incentivos baseados no mercado. Já para a reserva operativa, há a indicação de que haja o estabelecimento da cootimização entre energia e reserva e a definição da reserva operativa probabilística dinâmica. O estudo concluiu que, para um horizonte de médio prazo, a reserva operativa seria remunerada por meio de leilões, com ofertas por remuneração fixa. Para um horizonte futuro, por sua vez, sugere-se que haja uma remuneração para reserva operativa, a partir de duas parcelas: fixa e variável. Para o serviço de autoreestabelecimento, o mesmo estudo sugere que haja uma mudança gradual no mecanismo de remuneração, em que a remuneração fixa atual migraria para uma remuneração fixa e variável em um horizonte de médio prazo e para remuneração por leilões em um cenário temporal de longo prazo. Entretanto, há a necessidade de que agentes do setor elétrico e entes cooperados (universidades) desenvolvam outros estudos que ampliem o alcance do estudo mencionado para outros serviços ancilares atuais e para futuros serviços na rede elétrica que possam ser prestados por UHRs. Além disso, é importante que as simulações de preço sejam baseadas nos horizontes *day-ahead* (60 min, 30 min e 15 min) e *intraday*. |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Mercado de capacidade (ou lastro)** | | | |
| **TEXTO/ANEEL** | **TEXTO/INSTITUIÇÃO** | **JUSTIFICATIVA/INSTITUIÇÃO** | |
| No processo de modernização do setor elétrico, coordenado pelo MME, quais seriam as definições necessárias para que os recursos de armazenamento possam ofertar capacidade (ou lastro) no mercado a ser estabelecido? | A oferta de capacidade (ou lastro) no mercado a ser estabelecido para sistemas de armazenamento, com prioridade para a inserção de usinas hidrelétricas reversíveis (UHRs) passa pela capacidade de bombeamento destas usinas, bem como pelo tempo de descarga (modo turbinamento). O conhecimento do perfil de carga para operação diária destas usinas é fundamental para avaliação da capacidade de bombeamento que poderá determinar a oferta de lastro no mercado de energia. | A capacidade de bombeamento das usinas hidrelétricas reversíveis (UHRs) é determinada em função da potência elétrica consumida por estas usinas para este processo. Quanto maior a potência utilizada para bombeamento, maior é a entrega de capacidade por parte destas usinas, a qual pode ser comercializada como lastro no mercado de preços de energia. Obviamente que a capacidade de bombeamento depende do tamanho dos reservatórios superior e inferior. O controle da potência absorvida no bombeamento destas usinas é fundamental para que as UHRs realizem serviços como reserva operativa e controle de frequência, sem perda de capacidade, a qual pode ser convertida em lastro. Este controle somente é possível em UHRs que possuem máquinas de velocidade ajustável **(Nota técnica** **DEE-NT-013/ 2021 da EPE).** Além disso, o balanço de potência de uma planta de UHR é de suma importância para entrega adequada da capacidade deste tipo de planta. Um estudo desenvolvido por **Scekic et al., 2020** avaliou a atuação das UHRs como um facilitador da energia renovável em um mercado liberalizado de eletricidade. Neste estudo, foi proposto um algoritmo em quea energia a ser provida pela UHR seria responsável pelo achatamento do perfil de carga do sistema. **Scekic et al., 2020** concluiu que a faixa de eficiência no modo de bombeamento é de 85,4 - 88,8%, maior do que no modo de geração (71,6 - 86,4%), o que ressalta a importância da eficiência no processo de bombeamento de UHRs para fins de entrega de capacidade. Como conclusão desse estudo, pode-se inferir que a definição da curva do estado de carga para bombeamento das UHRs é essencial para estabilidade do sistema, maior eficiência elétrica e maior entrega de capacidade, em função da redução das perdas no sistema durante o bombeamento das UHRs. Esta maior entrega de capacidade possibilitará maior possibilidade de comércio de lastro, valorando de forma mais correta este importante atributo para o sistema elétrico. | |
|  |  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **TEXTO/ANEEL** | **TEXTO/INSTITUIÇÃO** | **JUSTIFICATIVA/INSTITUIÇÃO** |
| Quais as especificações de produtos, como porte e tempo de descarga, são importantes para permitir a inserção de novas tecnologias de armazenamento? | Para as especificações de produtos necessários para a inserção de novas tecnologias de armazenamento, em especial, para as UHRs, se faz necessário que sejam realizadas determinadas especificações de produtos, dentre elas, a caracterização do porte, do tempo de descarga e a rapidez de resposta na entrega da capacidade. No que tange às UHRs, comparativamente aos outros sistemas de armazenamento, por terem a característica de entregarem uma maior densidade de carga por maior tempo possível (descarga do sistema), os produtos seriam: (i) controle secundário de frequência; (ii) reserva de potência para controle primário e secundário de frequência; (iii) reserva de prontidão; (iv) auto reestabelecimento (*black start*). Enquanto os dois primeiros serviços ancilares têm como utilidade a melhoria da regulação da frequência do sistema; o terceiro visa recompor a reserva girante do sistema; e o quarto tem por objetivo o reestabelecimento automático da rede elétrica em caso de falta. | Para a inserção de UHRs, algumas variáveis são de fundamental importância em termos de especificação destes sistemas. A caracterização do porte é essencial, pois o porte do sistema, em termos de volume do reservatório, define a sua capacidade e também o modo de operação de uma UHR. Mesmo em um sistema de armazenamento de maior porte como a UHR, a definição do volume dos reservatórios se torna fundamental. **Hunt et al., 2020** e **Hunt et al., 2018** definiram que UHRs com modo de operação horária oferecem uma gama de serviços como balanço de frequência, remoção de harmônicos indesejados, reestabelecimento para faltas de energia elétrica, tanto para os modos de geração quanto para o bombeamento. Por sua vez, UHRs de maior porte como as plurianuais, com volumes de até 100 km³ para o reservatório, oferecem vantagens como o fornecimento de preços anuais de combustíveis menores do que a média de preços de mercado, além de requisitarem menor demanda anual média de energia, durante o processo de bombeamento. Já no processo de geração, não há tantas vantagens e, por outro lado, há desvantagens como o déficit anual na geração hidrelétrica e a maior demanda média anual de energia. O relatório apresentado por **IRENA, 2017** mostrou que as UHRs possuem o maior tempo de descarga dentre todas as tecnologias de armazenamento, normalmente atingindo horas para descarga completa. Porém, o mesmo documento afirma que as UHRs possuem maior estabilidade em aspectos como: suporte às redes de transmissão e distribuição, qualidade no fornecimento da energia e gerenciamento da energia. Quanto à rapidez de resposta na entrega da capacidade, no caso das UHRs, esta é fundamental para maior eficiência nos processos de geração e bombeamento, As UHRs com configuração de sistema ternário apresentam o menor tempo de transição entre os modos de operação, permitindo melhoria na capacidade de realização da reserva operativa **(Nota técnica** **DEE-NT-013/ 2021 da EPE**). Sendo assim, há uma resposta mais rápida na entrega da capacidade para o sistema. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Uso dos Sistemas de Transmissão e Distribuição** | | |
| **TEXTO/ANEEL** | **TEXTO/INSTITUIÇÃO** | **JUSTIFICATIVA/INSTITUIÇÃO** |
| Sob o ponto de vista das regras de acesso e uso das redes de transmissão e distribuição, quais as principais barreiras para que os sistemas de armazenamento possam ser inseridos nos respectivos sistemas? | Quanto às regras de acesso e uso das redes de transmissão e distribuição, se considerada a inserção de sistemas de armazenamento de energia, como a usina hidrelétrica reversível (UHR), não há novas barreiras para inserção destas tecnologias no setor elétrico, haja vista que os procedimentos para acesso e uso das redes de transmissão e distribuição, em um cenário de operação de UHRs, seriam os mesmos utilizados para as usinas hidrelétricas. Desta forma, não haveria barreiras regulatórias para que plantas de UHRs solicitassem o acesso e o uso da rede elétrica. | As usinas hidrelétricas reversíveis (UHRs), em termos de aspecto físico para acesso aos sistemas de transmissão e distribuição, possuem as mesmas características que as usinas hidrelétricas convencionais. O fator diferenciador de uma UHR para uma hidrelétrica convencional é a capacidade de armazenamento de energia e água, realizando as operações de bombeamento e geração, segundo **Canales et al., 2015.** O **submódulo 7.1 do ONS, revisão 2020.12**, com vigência a partir de 01/01/2021, estabelece o procedimento de acesso às instalações de transmissão. Os produtos compreendem: a informação de acesso; o documento equivalente de acesso; o parecer técnico dos impactos do acesso à distribuição sobre o sistema de transmissão; e o parecer de acesso. Desta forma, as usinas hidrelétricas já estão aptas a solicitarem o parecer de acesso e uso ao sistema de transmissão, desde que cumpram os requisitos determinados pelo ONS. Assim, as mesmas condições seriam válidas para plantas de UHRs solicitarem o mesmo tipo de acesso. Da mesma forma, porém com um viés para o sistema de distribuição, o **módulo 3 do PRODIST, revisão 7, com vigência a partir de 01/06/2017**, estabelece os critérios para acesso ao sistema de distribuição e **o subtópico 3.13** deste módulo determina os requisitos de acesso para plantas de geração hidrelétrica, dentro dos quais se destaca a solicitação de despacho de aprovação do projeto básico ou de adequabilidade do sumário executivo da central geradora publicado pela ANEEL, no caso de centrais hidráulicas. Da mesma forma, as plantas de UHRs deveriam cumprir os mesmos requisitos para acesso ao sistema de distribuição. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **TEXTO/ANEEL** | **TEXTO/INSTITUIÇÃO** | **JUSTIFICATIVA/INSTITUIÇÃO** |
| Para agentes que já possuem Montante de Uso do Sistema de Transmissão e Distribuição contratados, quais seriam as alterações necessárias para permitir a inserção de recursos de armazenamento junto à geração ou à carga? | A inserção de recursos de armazenamento junto à geração ou à carga, prioritariamente aqueles associados às UHRs, necessita de adequações relativas às simulações do fluxo de potência da rede elétrica. Desta forma, para os agentes que possuem montante de uso do sistema de transmissão e distribuição contratados, seria adequado realizar a solicitação de revisão destas simulações a fim de verificar as alterações necessárias para instalação de recursos de armazenamento como as UHRs. | O montante do uso do sistema de transmissão (MUST) é definido como sendo o montante de uso do sistema de transmissão, referindo-se à potência média em intervalos de tempo de 15 (quinze) minutos, em MW, por ponto de conexão, segundo o **submódulo 10.22 do ONS, revisão 8, com vigência a partir de 17/10/2019.** Já o montante do uso do sistema de distribuição (MUSD) é caracterizado como sendo a potência ativa média, integralizada em intervalos de 15 (quinze) minutos durante o período de faturamento, injetada ou requerida do sistema elétrico de distribuição pela geração ou carga, expressa em quilowatts (kW) **(módulo 1 do PRODIST, revisão 10, com vigência a partir de 26/12/2018).** Desta forma, tanto para o MUST quanto para o MUSD, as potências (ativa e reativa) requeridas ou injetadas nos sistemas de transmissão e distribuição, possuem suas quantidades estabelecidas através do processo de análise da rede elétrica, estruturado por meio das simulações de fluxo de potência na mesma. Assim, para as UHRs, da mesma forma que para as usinas hidrelétricas convencionais, há a necessidade de que esta simulação do fluxo de potência seja expandida para permitir a inserção deste tipo de tecnologia de armazenamento, com a avaliação criteriosa dos montantes de transmissão e distribuição, a fim de determinar a quantidade de potência adequada para o uso dos sistemas de transmissão e distribuição. As características técnicas das UHRs, seja no modo turbinamento ou bombeamento devem ser tidas em conta, bem como as caraterísticas de cada configuração eletromecânica destes sistemas de armazenamento, com vistas a mensurar de forma correta estes montantes e impactos no sistema. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **TEXTO/ANEEL** | **TEXTO/INSTITUIÇÃO** | **JUSTIFICATIVA/INSTITUIÇÃO** |
| Quais as alterações necessárias no processo de outorga para que recursos de armazenamento possam ser instalados por geradores, transmissores, distribuidores ou individualmente? | Sobre o processo de outorga para as usinas hidrelétricas reversíveis (UHRs), considerando o potencial destas para a realidade brasileira, deve ser o mesmo realizado para a outorga das usinas hidrelétricas convencionais, haja vista que as UHRs não se diferenciam em relação às hidrelétricas convencionais, em aspectos físico-construtivos. | A **resolução normativa da ANEEL nº 875/2020** entre os vários requisitos definidos, estabeleceu os requisitos para obtenção de outorga de autorização para exploração de aproveitamentos hidrelétricos. Nesta resolução, para o processo de outorga de usinas hidrelétricas, devem ser cumpridos os seguintes critérios para estas usinas: I - potência instalada superior a 5.000 kW e igual ou inferior a 50.000 kW, desde que não sejam enquadrados como PCH e estejam sujeitos à outorga de autorização; II - potência instalada superior a 50.000 kW, sujeitos à outorga de concessão; e III - independente da potência instalada, tenham sido objeto de outorga de concessão ou de autorização. Pela experiência internacional observada em estudos como **Barbour et al., 2016 e Guittet et al., 2016,** as usinas hidrelétricas reversíveis (UHRs) possuem capacidades semelhantes àquelas observadas em usinas hidrelétricas convencionais, com instalações da ordem de MW e GW; sendo assim, para fins de processo de outorga, as UHRs tendem a seguir o mesmo princípio que as usinas hidrelétricas atuais do sistema elétrico brasileiro. Portanto, as UHRs naturalmente deverão participar dos mesmos processos definidos na **resolução normativa da ANEEL nº 875/2020**, como por exemplo, a solicitação do despacho de registro de intenção da outorga à autorização (DRI) e a solicitação do despacho do registro de adequabilidade do sumário executivo (DRS), com as outorgas valendo por 35 anos, caso autorizadas. |