

Grupo de Estudo de Geração Eólica, Solar e Armazenamento (GES)

## RELATÓRIO ESPECIAL PRÉVIO

ANTONIO FELIPE DA CUNHA DE AQUINO - UFSC  
GUSTAVO BRANDAO HAYDT DE SOUZA - EPE  
JOSE BIONE DE MELO FILHO - CHESF

### 1.0 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O Grupo de Estudo de Geração Eólica, Solar e Armazenamento é um grupo novo, com objetivo de reunir ITs relacionados com estudos de viabilidade econômica, técnica, concepção, especificação, projeto, construção, fabricação, instalação, ensaios, operação, manutenção, monitoramento, modernização, automação, repotenciação e desempenho de equipamentos para usinas de Geração Eólica, Solar Fotovoltaica, Solar Heliotérmica, Hidrogênio e Processos de Armazenamento de Energia eletromecânicos, eletrotérmico-químicos, de fusão, reversíveis, entre outros. Inclui também estudos quanto aos aspectos tecnológicos, produção e fornecimento, projeto, construção, modularização, escalabilidade, padronização, normalização, certificação, conexão às redes de transmissão e de distribuição, operação integrada, hibridização, impactos no sistema elétrico e sua mitigação. Aspectos de confiabilidade e segurança operativa e estrutural. Questões relacionadas com a legislação pertinente às tecnologias de geração eólica e solar, como também de armazenamento de energia. No primeiro ano desse GE foram submetidos cerca de 160 resumos. Contudo foram avaliados 139 resumos após remanejamentos entre GEs. Destes, 32 foram selecionados para envio de ITs completos.

Este GE foi dividido em 4 grandes temas, eólica, sistemas fotovoltaicos, CSP e armazenamento. A grade foi montada baseada nesses 4 temas. Dentre os ITs há uma tendência para divulgação de melhorias de projetos, simulações, análises de viabilidade técnica e econômica e avaliação e previsão de recurso energético.

### 2.0 CLASSIFICAÇÃO DOS INFORMES TÉCNICOS

Os ITs deste GE foram majoritariamente relacionados com a tecnologia fotovoltaica, mostrando que é o tema mais pesquisado e em crescente penetração. Um ponto interessante foi o aparecimento de alguns resumos de qualidade sobre CSP, o que possibilitou a seleção de 6 ITs para formar mais de um bloco de apresentação. O armazenamento foi o segundo tema com ITs de maior qualidade, com 26 resumos submetidos e 7 ITs aprovados. Já, os resumos sobre eólica, que já tiveram muita ênfase nos SNPTEEs anteriores, tiveram poucos resumos enviados, em torno de 10, gerando também 7 ITs aprovados.

#### 2.1 511 - Usinas de Geração Eólica:

- 749 - Geração de Energia Eólica no Nordeste Brasileiro e o Cenário Meteorológico Adjacente: Parte I - Climatologia e efeitos meteorológicos de curto e longo prazo Parte II - Estudo de casos e impacto no Preço de Liquidação das Diferenças Horário
- 535 - Análise do efeito da turbulência do vento na operação de um aerogerador de pequeno porte, situado em área urbana
- 1041 - ANÁLISE DA CURVA DE POTÊNCIA DE AEROGERADOR CONSIDERANDO A VELOCIDADE NA ALTURA DO EIXO DO ROTOR E AS VELOCIDADES ATUANDO NA EXTENSÃO DAS PÁS
- 83 - Aerogerador com transmissão CVT magnética - Sinergia para solução de problemas
- 515 - Estratégias de O&M utilizadas na gestão de desempenho dos parques eólicos, em Tempo Real, Pós Operação e Engenharia de Manutenção no curto e médio prazo, mostrando os resultados obtidos com a utilização de BigData, Business Intelligence e Machine Learning (ML)
- 909 - Avaliação da necessidade de Modelagem detalhada versus simplificada de Aerogeradores de Indução de Dupla Alimentação para Estudos de Transitório Eletromagnético
- 1235 - Modelagem Quantitativa da Relação da Geração de Energia com Métricas de Desempenho.

#### 2.2 512 - Usinas de Geração Solar Fotovoltaica:

- 722 - UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA DE REGRESSÃO LINEAR NA REDUÇÃO DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA E DETECTIVA EM PLANTAS FOTOVOLTAICAS
- 723 - Um modelo de previsão de curto prazo de energia solar fotovoltaica, usando Máquina de Vetores de Suporte (SVM)
- 847 - A Plataforma Solar de Petrolina - CRESF
- 1132 - Estratégias de Controle de Potência Reativa para Plantas de Minigeração Fotovoltaicas em Redes de Distribuição
- 897 - Análise da Viabilidade Econômica de Projetos Solares Fotovoltaicos Considerando os Riscos Não Sistemáticos dos Empreendimentos Desenvolvidos no Brasil
- 1099 - Aplicação do Método do Centro Elétrico para a alocação de eletrocentros em usinas solares fotovoltaicas, visando à redução do CAPEX e maior produção de energia
- 715 - Análise de Risco de um Empreendimento Fotovoltaico: CCEAR-Disponibilidade x CCEAR-Quantidade
- 172 - Efeito da discretização temporal na estimativa da produção de energia de usinas fotovoltaicas
- 1047 - Estudo da Viabilidade Técnica de Implantação de Sistemas Fotovoltaicos Flutuantes em Reservatórios de Usinas Hidrelétricas – Plataforma Fotovoltaica Flutuante de Sobradinho (BA)
- 1371 - Aplicação do método TODIM à tomada de decisão do local de implantação de uma usina solar fotovoltaica no nordeste brasileiro.
- 1337 - Definição de potência nominal de inversores fotovoltaicos de grande porte
- 1385 - MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ENERGIA EM SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA - ANÁLISE DAS CAMPANHAS DE MEDIÇÃO DE TENSÃO E CORRENTE E CARACTERÍSTICAS DE INJEÇÃO DE HARMÔNICOS DOS SISTEMAS DE BAIXA, MÉDIA E ALTA TENSÃO

#### 2.3 513 - Usinas de Geração Solar Heliotérmica

- 661 - Testes de Comissionamento de Usinas Heliotérmicas
- 799 - UTILIZAÇÃO DE UNIDADES TÉRMICAS TIPO CSP COMO RESERVA GIRANTE CONTROLADA PARA MITIGAR OS EFEITOS DA INTERMITÊNCIA DA GERAÇÃO EÓLICA EM ÁREAS DE GRANDE CONCENTRAÇÃO
- 915 - Mapeamento geográfico da viabilidade da implantação de Usinas Heliotérmicas CSP por Cilindro-parabólicos nas diversas regiões brasileiras
- 214 - Proposta de geração híbrida termosolar-eólica aplicável à região do semi-árido brasileiro - Conceitos e Perspectivas.

- 200 - Influência de Estratégias e Parâmetros de Operação para o Armazenamento Térmico e Produção de Energia Elétrica em Usina Termossolares
- 1322 - Estudo de viabilidade técnica e econômica da aplicação de chapas de alumínio anodizado no campo solar de plantas heliotérmicas
- 1436 - Tratamento de Dados Solarimétricos - Comparação entre um Método Convencional que usa Correlação com o Uso de Redes Neurais Artificiais

#### 2.4 514 - Geração de Energia com Hidrogênio

- 1001 - Descrição e previsão de resultados do sistema de armazenamento de energia elétrica sob a forma de hidrogênio da CESP instalado junto à UHE Eng. Sérgio Mota (Porto Primavera).
- 973 - Integração da geração hidroelétrica e solar fotovoltaica através de um sistema de armazenamento de energia elétrica a hidrogênio junto à UHE Itumbiara

#### 2.5 515 - Armazenamento de Energia

- 889 - Avaliação técnica de um sistema de armazenamento de grande porte no Sistema Isolado de Boa Vista - RR
- 502 - AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO PARA ARMAZENAMENTO DE ENERGIA HIDRELÉTRICA UTILIZANDO DADOS EXPERIMENTAIS OBTIDOS NA PLANTA DE PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO COM ELETROLISADOR ALCALINO DE ÁGUA INSTALADO NO PARQUE TECNOLÓGICO ITAIPU
- 478 - Impactos de um Sistema de Armazenamento de Energia de 1 MW na Rede de Distribuição de 13,8 kV - Desafios Técnicos, Econômicos e Regulatórios
- 461 - Avaliação do Comportamento Dinâmico do Sistema Elétrico Isolado de Roraima com Penetração de Fontes Renováveis Considerando Dispositivos de Armazenamento de Energia
- 1365 - Projeto Sinergia Hidrossolar - associação entre as Fontes Hidroelétrica e Solar e o Armazenamento de Energia
- 1439 - Caminhos para a inserção de sistemas de armazenamento de energia na expansão do setor elétrico brasileiro: Uma análise de potenciais benefícios e obstáculos

#### 2.6 516 - Contratação do tipo EPC (Engineering, Procurement and Construction Contracts) para bens e serviços:

### 3.0 RELATÓRIO SOBRE OS INFORMES TÉCNICOS

#### 3.1 - Geração de Energia Eólica no Nordeste Brasileiro e o Cenário Meteorológico Adjacente: Parte I - Climatologia e efeitos meteorológicos de curto e longo prazo Parte II - Estudo de casos e impacto no Preço de Liquidação das Diferenças Horário

RODRIGO AZAMBUJA(1); TAINA MOTA(1); EDUARDO FONSECA(1); REGIANE BARROS(1); CAMILA GIGLIO(1); HUMBERTO ALENCAR(1); LUCIO SUNANO(1); FABIO FERREIRA(1); DANIEL SIQUEIRA(1); PATRICIA ARRUDA(1); RAFAEL FERREIRA(1); CESAR PEREIRA(1); - CCEE(1);

O trabalho apresenta uma análise do cenário meteorológico associado à geração eólica no Nordeste brasileiro e os impactos das reduções das gerações no Preço de Liquidação das Diferenças Horário (PLDh). Os resultados mostraram que a ZCIT e a ASAS são os principais sistemas meteorológicos responsáveis por caracterizar o ciclo anual da geração eólica no NE. Uma análise do PLDh mostrou que reduções significativas das gerações estão associadas a passagens de frentes frias no litoral da região Sudeste e, de maneira geral, mostraram que essas reduções vieram acompanhadas de um aumento do PLDh.

Perguntas e respostas:

- A) Dentro dos cenários apresentados, qual o impacto esperado nos preços dos futuros leilões?
- B) Referente à Parte 1, qual a possibilidade em auxiliar o ONS na operação do sistema?
- C) Referente à Parte 2, como os Mercados Cativo e Livre visam processar esta nova condição do PLD horário?

**Comentário:** Ajustes solicitados foram realizados.

#### 3.2 - Análise do efeito da turbulência do vento na operação de um aerogerador de pequeno porte, situado em área urbana

MATHEUS LEHMKUHL(1); FABRICIO YUTAKA KUWABATA TAKIGAWA(2); YOSHIKI SAKAGAMI(3); - IFSC(1);IFSC(2);IFSC(3);

Os empreendimentos relacionados à micro e mini geração eólica se encontram estagnados com potência instalada correspondente a cerca de 1,2% do total, em contraste com os grandes empreendimentos de geração eólica no país. Um dos principais motivos é a dificuldade na instalação de aerogeradores em centros urbanos, devido a limitação de espaço e ao fluxo de vento turbulento, que influencia diretamente na geração de energia elétrica da máquina. Neste sentido, o presente trabalho propõe analisar a influência da turbulência do vento na estimação de energia de um pequeno aerogerador, localizado em um centro urbano, considerando diversas metodologias encontradas na literatura.

Perguntas e respostas:

- A) Qual a influência da turbulência na vida útil do aerogerador e no seu plano de manutenção?

Devido ao seu comportamento turbulento e com variações bruscas de direção, o vento incidente provoca um aumento na carga de fadiga das pás do aerogerador, influenciando na operação da máquina. Esta flutuação na carga mecânica do aerogerador causa estresse em toda a estrutura da máquina resultando flutuações na energia gerada e na redução da vida útil da máquina. O comportamento estocástico do vento pode afetar diferentes partes, tais como o rotor, a cadeia cinemática da turbina e a torre. Com isto, há a redução da confiabilidade da máquina, aumentando o número de manutenções e reduzindo a vida útil desta.

- B) A partir de que altura a turbulência deixa de influir de forma significativa na potência gerada pelo aerogerador?

Até o momento, onde os aerogeradores tem atingido 120m de altura na nacelle, há estudos indicando a influência da turbulência no desempenho dos aerogeradores. Essa turbulência diminui com a altura (Stull, 1988), mas a atmosfera tem um número de Reynolds é muito grande ( $Re > 5000$ ), pois a densidade do ar é muito pequena, e portanto, o escoamento tem característica turbulenta em toda a atmosfera. Portanto, até o momento, não há como saber qual a altura máxima que a turbulência deixa de influir na potência. Talvez seja uma pergunta interessante para os Kite Energy onde a captação de energia está de fato afastada do solo.

- C) Apresentar os fatores que mais afetam a geração de energia por pequenos aerogeradores instalados em zonas urbanas.

O escoamento dentro da Camada Limite é caracterizado como turbulento, e quanto maior a altura próxima ao comprimento de rugosidade, maior a variação da velocidade do vento, aumentando a turbulência. Elementos que oferecem resistência ao escoamento do vento - como árvores, vegetações e construções - desviando sua rota, formam a rugosidade da superfície e consequentemente o comprimento de rugosidade, que é a altura limite em que a velocidade do vento é considerada nula. Segundo a literatura, ambientes urbanos apresentam comprimento de rugosidade consideravelmente superiores a ambientes rurais, devido a quantidade de edificações.

**Comentário:** Os ajustes solicitados foram realizados.

#### 3.3 - ANÁLISE DA CURVA DE POTÊNCIA DE AEROGERADOR CONSIDERANDO A VELOCIDADE NA ALTURA DO EIXO DO ROTOR E AS VELOCIDADES ATUANDO NA EXTENSÃO DAS PÁS

MARCELO GUEDES AZEVEDO VIANA(1); CHARLES EGBERTO GUEDES VONNEGUT VIEIRA DE MELLO(2); João Ignácio da Silva Filho(3); MARIA REGINA DE OLIVEIRA PEREIRA DE ARAÚJO(4); MIGUEL HIROO HIRATA(5); - HORIZONTE E. R.(1);HORIZONTE E. R.(2);HORIZONTE E. R.(3);HORIZONTE E. R.(4);HORIZONTE E. R.(5);

Este informe técnico reporta os resultados da análise do vento e curva de potência de um aerogerador instalado no litoral nordestino, considerando a velocidade na altura do eixo do rotor e as velocidades atuando na extensão das pás. As medições foram obtidas por sensoriamento remoto com um LiDAR (Light Detection And Ranging). A análise do vento é realizada pelo perfil vertical de velocidades e pela turbulência atmosférica, enquanto a curva de potência é analisada utilizando diferentes critérios, velocidade no eixo do rotor, velocidade equivalente e velocidade equivalente com turbulência. Dentre as contribuições, destaca-se a influência da turbulência atmosférica no cálculo da velocidade equivalente do vento através do fluxo de energia cinética pelo rotor e seu impacto no levantamento da curva de potência do aerogerador.

Perguntas e respostas:

- A) Os autores compararam a simulação da EAP com as três modalidades de vento e a geração real?

B) Em regiões onde não haja a variação de regime de vento ao longo do dia, os autores entendem que a utilização da velocidade ao longo do rotor continua tendo o mesmo valor?

C) Com o observado de diferenças entre velocidades ao longo do rotor, os autores entendem que isso poderia comprometer a durabilidade do aerogerador?

### 3.4 - Aerogerador com transmissão CVT magnética - Sinergia para solução de problemas

ANTONIO CARLOS DE BARROS NEIVA(1); FABRICIO LUCAS LIRIO(2); GEORGE ALVES SOARES(3); - CEPEL(1);CEPEL(2);CEPEL(3);

Esta revisão da literatura trata de uma tecnologia que substitui a caixa de engrenagens mecânica e por um sistema eletromagnético, desta forma reduzindo a necessidade de manutenção, aumentando a vida útil, e melhorando a disponibilidade e a eficiência do aerogerador. Como resultado, ocorre aumento da eficiência e do Fator de Capacidade, melhorando o retorno do investimento e a competitividade do empreendimento. Será apresentado como a tecnologia também pode contribuir na solução do problema de estabilidade eletromecânica das redes de transmissão e distribuição de energia elétrica, por transferir a estas a inércia mecânica do rotor aerodinâmico do aerogerador.

Perguntas e respostas:

A) Os autores citam trabalhos que apontam ganhos globais de energia com uso do CVT de até 20%. Solicita-se apresentar maior detalhamento em relação a este ponto, indicando os estágios no processo de conversão que apresentam os maiores ganhos de eficiência energética em relação às tecnologias empregadas atualmente.

Aumento de flexibilidade no ajuste da rotação do eixo primário, redução da perda mecânica da caixa de engrenagens e redução da perda elétrica nos sistemas de conversão AC-DC-AC.

B) Aerogeradores com tecnologia M-CVT apresentariam resposta inercial instrínseca? Ou seria necessária alguma malha adicional de controle, uma vez que o objetivo principal do sistema de controle seria o de manter a velocidade das pás em valor que corresponda ao ponto de máxima extração de potência?

A malha adicional de controle, simplificada apresentada na Figura 1, é usada para determinar a taxa de transmissão e a rotação ideal para o eixo primário. Sua vantagem em relação aos sistemas convencionais DFIG é prescindir de referência da rede para estabelecer parâmetros básicos de controle.

C) Os autores mencionam que a aplicação do CVT em geradores eólicos é motivada pelo aumento da faixa de rotação do rotor da turbina. Nesse caso, os ganhos seriam observados nos limites inferior e superior?

O aumento da faixa de rotação do rotor da turbina se daria para ganho no limite inferior, o cut-in.

**Comentário:** Os autores fizeram os ajustes solicitados.

### 3.5 - Estratégias de O&M utilizadas na gestão de desempenho dos parques eólicos, em Tempo Real, Pós Operação e Engenharia de Manutenção no curto e médio prazo, mostrando os resultados obtidos com a utilização de BigData, Business Intelligence e Machine Learning (ML)

FLÁVIO MARTINS RIBEIRO(1); MARCUS ANTONIUS QUEIROZ DA CUNHA(1); - CPFL(1);

No setor de energias renováveis, mais precisamente na geração de energia eólica, ferramentas computacionais aliadas a estratégias de O&M tem sido cada vez mais foco de estudos e investimentos. Esse informe apresenta algumas ferramentas computacionais e estratégias de O&M utilizadas na gestão de desempenho de parques eólicos, em Tempo Real, Pós Operação e Engenharia de Manutenção no curto e médio prazo, mostrando os resultados obtidos com a utilização de Big Data, Business Intelligence (BI) e Machine Learning (ML).

Perguntas e respostas:

A) Foram quantificados ganhos de energia e/ou de receita decorrentes da aplicação das estratégias apresentadas?

B) Os autores vislumbram a possibilidade de utilização de estratégia similar em outros tipos de usinas, após realizados os devidos ajustes?

C) Nas pesquisas em curso, quais tipos de falhas espera-se poder prever? Os resultados já obtidos são promissores?

**Comentário:** Os ajustes solicitados foram realizados.

### 3.6 - Avaliação da necessidade de Modelagem detalhada versus simplificada de Aerogeradores de Indução de Dupla Alimentação para Estudos de Transitório Eletromagnético

CARMEM LÂCIA TAVARES(1); DEIBSON JOSÉ GOMES DE SENA(2); - ANDESA(1);ANDESA(2);

A inserção de Centrais de Geração Eólica – CGE no sistema elétrico brasileiro trouxe consigo novos desafios. A concentração de grandes blocos de energia eólica em determinadas regiões do país tem apontado a necessidade de análises mais detalhadas, através dos estudos de transitórios eletromagnéticos. Para a realização de tais análises faz-se necessário à utilização de programas que permitam a representação de um sistema real. No Brasil, o programa oficial utilizado é o ATP (Alternative Transient Program). Este trabalho tem o objetivo de desenvolver a modelagem de um aerogerador cujo elemento de conversão eletromecânica de energia é um Gerador de Indução Duplamente Alimentado – GIDA no programa ATP onde foi possível representar toda parte física considerada necessária para uma análise fiel da operação desse tipo de aerogerador para estudos de surtos de manobra. Este trabalho apresenta a modelagem da GIDA considerando a representação dos conversores de duas formas distintas. A primeira com a representação dos conversores como fontes de tensão controlada e a segunda com os conversores modelados através da utilização de chaves controladas (IGBT) com a rotina TACS do ATP. A partir do modelo desenvolvido foram realizadas simulações em um sistema real analisando os principais eventos associados a surtos de manobra que ocorrem no sistema elétrico e aos quais estão sujeitas as CGE, fazendo-se uma comparação entre dois tipos distintos de modelagem dos conversores sob o ponto de vista sistêmico. Os resultados obtidos nas análises comparativas entre as duas formas de representação dos conversores do GIDA, sob o ponto de vista sistêmico, foram satisfatórios e com diferenças desprezíveis ao avaliar as sobretensões e sobrecorrentes transitórias nos equipamentos da Rede Básica. Outra importante observação é que a representação dos conversores através de fontes de tensão controladas apresentou um esforço computacional bastante reduzido em comparação com os conversores modelados por chaveamento controlado (IGBT).

Perguntas e respostas:

A) Qual tempo total para realização das simulações apresentadas?

O tempo depende do processador utilizado para realizar as simulações. Entretanto, a modelagem dos conversores através do modelo de fonte de tensão ideal representa uma redução de 35% do tempo de processamento em relação ao modelo dos conversores fisicamente.

B) Os autores vislumbram outras simplificações ou adaptações nos modelos/simulações que podem tornar mais rápidos os estudos de TEM envolvendo a geração eólica, sem comprometimento dos resultados?

Neste trabalho foi considerada a Modelagem da máquina de indução duplamente alimentada, a modelagem aerodinâmica da turbina eólica, a modelagem do sistema de transmissão mecânica e a modelagem dos conversores do lado da rede e do lado da máquina. As simplificações podem desconsiderar a modelagem aerodinâmica, a modelagem da máquina pode considerar o modelo da máquina universal do ATP e os conversores são bem representados considerando apenas o modelo de fonte de tensão.

C) Os fabricantes já fornecem modelos validados de seus aerogeradores para o programa ATP?

Os fabricantes podem fornecer os modelos no Digsilent ou PSCAD, o que permite que seja criado um modelo equivalente para o programa ATP. E através dos resultados obtidos, validar com as respostas fornecidas pelos fabricantes. Alguns modelos são fornecidos em black-box e são aceitos pelo ONS.

**Comentário:** Os ajustes solicitados foram realizados.

### 3.7 - Modelagem Quantitativa da Relação da Geração de Energia com Métricas de Desempenho.

GUSTAVO CARVALHO DE MELO VIRGOLINO(1); Samuel Lima(2); Aíron Ferreira de Souza Neto(3); - DELFOS(1);DELFOS(2);DELFOS(3);

A operação típica de um parque eólico é comumente acompanhada através de métricas de desempenho, que são acompanhadas de forma periódica e qualitativa. O presente trabalho propõe uma relação quantitativa entre as métricas de desempenho e a geração do parque eólico, separando o impacto de cada fator contribuinte. O modelo necessita apenas de dados presentes no sistema de Supervisão e Aquisição de Dados (Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA) e no Sistema de Medição e Faturamento (SMF), sendo rapidamente implementável em parques eólicos em operação, utilizando dados já existentes. Ele serve de base para a tomada de decisão e investigação pormenorizada de cada métrica de desempenho, proporcionando ganhos de eficiência operacional na gestão dos ativos.

Perguntas e respostas:

A)

B)

C)

**Comentário:** Manipulação de equações básicas sem nenhum exemplo prático. A referência não é citada no texto.

### 3.8 - UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA DE REGRESSÃO LINEAR NA REDUÇÃO DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA E DETECTIVA EM PLANTAS FOTOVOLTAICAS

José Bione de Melo Filho(1); ANDREZA DE ALBUQUERQUE GOMES DE SANTANA(2); Luiza Thays da Silva Oliveira(3); - CHESF(1); UPE - POLI(2); Estácio(3);

Este trabalho tem como o seu principal objetivo apresentar uma metodologia que possa ser integrada na manutenção preventiva e detectiva de uma planta fotovoltaica através de sua análise de desempenho, para tal, se foi aplicado a técnica de regressão linear simples (RLS). Ela se baseia em utilizar a linearidade entre variáveis do sistema como produção final (Yf) versus produção de referência (Yr), para identificar pontos de operação fora da tendência da reta de regressão. Esse padrão linear pode ser afetado por falhas na planta fotovoltaica e elas podem ser identificadas a partir da análise de gráficos de espalhamento, erro dos resíduos e coeficiente de determinação. Esse método deve ser considerado como um apoio à manutenção preventiva e detectiva da planta fotovoltaica, pois ao identificar características no erro residual e espalhamento fora do esperado, deve-se proceder com análises mais detalhadas aos dados do sistema supervisorado, como também visitas técnicas para manutenção local, o que permite reduzir o tempo de parada da planta, consequentemente um aumento na disponibilidade da mesma.

Perguntas e respostas:

- A) A técnica de regressão poderia ser aplicada às demais tecnologias fotovoltaicas?
- B) Qual o espaço amostral de tempo é necessário para identificar uma tendência de problema na operação da planta?
- C) Dentro desta técnica de regressão, qual o procedimento de manutenção deveria ser adotado?

### 3.9 - Um modelo de previsão de curto prazo de energia solar fotovoltaica, usando Máquina de Vetores de Suporte (SVM)

ROBERTO PEREIRA CALDAS(1); ALBERT C GEBER DE MELO(2); JOSÉ FRANCISCO MOREIRA PESSANHA(2); DJALMA MOSQUEIRA FALCÃO(1); - UFRJ(1); CEPEL(2);

A evolução tecnológica da energia solar fotovoltaica com consequentes custos decrescentes tem impulsionado a sua penetração na matriz elétrica brasileira. No entanto, a natureza intrínseca da variabilidade da irradiação solar impõe um caráter intermitente para esta fonte de geração, que apresenta elevada dispersão e múltiplos ciclos sazonais com variações horárias, mensais e anuais. Assim, a capacidade de previsão da geração solar representa um importante desafio para a sua integração a sistemas de energia elétrica. Este trabalho apresenta as principais características de uma metodologia desenvolvida para a previsão de curto prazo – até um dia à frente, com resolução horária, de geração solar para uma planta fotovoltaica. A metodologia proposta é constituída por dois módulos, executados sequencialmente. Inicialmente, as medições de geração solar e de irradiação horizontal global são tratadas pelo módulo de filtragem de dados. Em seguida, os dados de geração solar, em conjunto com dados de previsão de variáveis meteorológicas, são utilizados no ajuste, para cada hora, de um modelo SVM (Support Vector Machine)- possibilitando a previsão de um perfil horário de geração solar um dia à frente. A metodologia desenvolvida foi aplicada a um sistema SPV localizado na região mediterrânea da Itália com capacidade total de 960 KWP, apresentando bons resultados.

Perguntas e respostas:

- A) Na avaliação dos autores, quais os benefícios principais do modelo de previsão de curto prazo empregado quando comparado com outros modelos de previsão?

O modelo de previsão baseou-se em Máquinas de Vetores de Suporte (SVM), uma técnica de Aprendizado de Máquina que tem sido utilizada de forma crescente em diversas aplicações, inclusive na previsão de geração solar fotovoltaica em variados horizontes temporais. Os métodos de Aprendizado de Máquina e, em especial, a técnica SVM, permitem incorporar interações não lineares entre as variáveis consideradas, apresentando ainda capacidade de generalização, qualidade essencial para uma boa robustez na modelagem e previsão. Finalmente, dois aspectos do trabalho ainda devem ser destacados: o modelo de previsão proposto leva em conta previsões meteorológicas e não apenas o histórico de geração solar fotovoltaica, o que lhe confere uma robustez adicional; além disso, a metodologia proposta incorporou, além do módulo de modelagem e previsão com SVM, um módulo de tratamento de dados, composto por vários estágios e empregando um conjunto abrangente de técnicas.

- B) O modelo de previsão proposto poderia ser utilizado no contexto da política de preços horários?

O modelo de previsão proposto visou a previsão de curto prazo ? até um dia à frente, com resolução horária, de geração SPV de uma planta fotovoltaica, horizonte compatível com a programação diária da operação. É factível a sua extensão para ficar compatível com o horizonte de aplicação do modelo DESSEM, i.e., para previsão até 168 horas à frente, com resolução semi-horária nas primeiras 48 horas, e por patamar nos demais dias do horizonte de previsão. Assim, com esta extensão, a metodologia proposta poderia ser utilizada no contexto de uma política de preços horários.

- C) A técnica foi aplicada a alguma usina fotovoltaica no Brasil? Há resultados preliminares?

A metodologia proposta ainda não foi aplicada a um caso de usina no Brasil meramente pelo fato dos autores não terem tido acesso a dados. Este fato aponta para a necessidade de disponibilização de uma base pública de dados solares, com discretização horária ou semi-horária, e.g., a partir dos projetos vencedores nos leilões públicos de compra de energia elétrica.

**Comentário:** Solicitação atendida.

### 3.10 - A Plataforma Solar de Petrolina - CRESF

ALCIDES CODECEIRA NETO(1); José Bione de Melo Filho(2); - CHESF(1); CHESF(2);

Este artigo técnico tem como objetivo apresentar e descrever os projetos solares de Pesquisa e Desenvolvimento integrantes do CRESF, ressaltando as diferentes tecnologias empregadas. Quando da apresentação de cada tecnologia também serão consideradas a originalidade do projeto, a sua aplicabilidade e a relevância do mesmo. Esses projetos tecnológicos representam uma oportunidade de trazer à Chesf o uso de tecnologias de alto nível em geração de energia solar, fotovoltaica e heliotérmica,

Perguntas e respostas:

- A) Como será a governança do CRESF?
- B) Qual a previsão de conclusão do empreendimento e o valor total investido?
- C) Quais os resultados esperados no que se refere à interação com as universidades e centros de pesquisa?

**Comentário:** Ajustes solicitados atendidos.

### 3.11 - Estratégias de Controle de Potência Reativa para Plantas de Minigeração Fotovoltaicas em Redes de Distribuição

VANDERSON CARVALHO DE SOUZA(1); JOÃO PAULO ABREU VIEIRA(2); HEITOR ALVES BARATA(3); Andrey da Costa Lopes(4); Daniel da Conceição Pinheiro(5); Juan Carlos Huaquisaca Paye(6); - UFPA(1); UFPA(2); UFPA(3); UNIFAP(4); UFPA(5); UFPA(6);

Este artigo aborda os principais problemas operacionais enfrentados pelos operadores de redes de distribuição devido à elevada integração de geradores fotovoltaicos (FV) em alimentadores de distribuição, tais como: sobretensões, comutações excessivas de tape e a condição de runaway em reguladores de tensão (RT). Para os três problemas foi testado o desempenho do inversor operando com fator de potência unitário, com controle Volt-Var e fator de potência variável a partir da injeção ou absorção de potência reativa. Todos os estudos foram executados a partir de simulações em séries no software OpenDSS.

Perguntas e respostas:

- A) Quão possível os autores acham que a curva de geração adotada pode ser para uma barra? Sendo esta o conjunto de algumas GDs.

O trabalho considera uma unidade geradora caracterizada como minigeração FV. Entretanto, sabe-se que a influência da dispersão geográfica dos painéis FV em um miniusina atenua a variabilidade da potência resultante entregue à rede. Portanto, os autores acham que a intermitência da geração é reduzida quando se adota um modelo equivalente de uma minigeração FV. No entanto, os autores ainda não sabem o quanto é reduzida.

- B) Qual a sugestão dos autores para uma solução do problema de modo definitivo? Por exemplo, ter algum tipo de armazenamento específico para o controle das pequenas variações?

Há dois problemas a serem tratados: (a) impacto da intermitência da fonte na operação de banco de reguladores de tensão e (b) inversão de fluxo de potência ativa em banco de reguladores tensão. No momento, a solução dos dois problemas está sob estudo. O armazenamento pode ser uma solução viável do ponto de vista técnico, mas economicamente não é ainda atrativa.

- C) Qual o impacto da vida útil dos RT em cada modo de operação?

Em um alimentador onde a inversão de fluxo de potência ativa no RT ocorra apenas por geração distribuída conectada a jusante do regulador, certamente a vida útil do comutador será mais impactada se o RT operar no modo bidirecional. Por outro lado, se nesse mesmo alimentador existir uma chave de manobra a jusante do regulador e a inversão de fluxo de potência ativa puder ocorrer por geração distribuída e/ou alimentador vizinho, a vida útil do comutador pode ser igualmente afetada no modo cogeração e bidirecional. De modo geral, os fabricantes de RTs recomendam que o equipamento seja inspecionado a cada 125.000 operações, que os contatos fixos e móveis sejam substituídos a cada 250.000 operações e uma revisão geral a cada 1.000.000 de operações de tap.

**Comentário:** Ajustes solicitados atendidos.

### 3.12 - Análise da Viabilidade Econômica de Projetos Solares Fotovoltaicos Considerando os Riscos Não Sistemáticos dos Empreendimentos Desenvolvidos no Brasil

FABIO RODRIGO SIQUEIRA BATISTA(1); ALEXIA DE FREITAS RODRIGUES(2); Ana Paula Cardoso Guimarães(3); ALBERT CORDEIRO GEBER DE MELO(4); Márcia da Rocha Ramos(5); Diego Nascimento Maia(6); - CEPEL(1); CEPEL(2); CEPEL(3); CEPEL(4); CEPEL(5); CEPEL(6);

Considerando a intermitência da fonte solar fotovoltaica, a sua viabilização econômica trouxe a necessidade de se estabelecer regras que minimizem o custo da produção de energia através da mitigação das suas incertezas. À medida que esta fonte se tornou mais competitiva, as regras comerciais foram modificadas para transferir os riscos do consumidor para o gerador. Neste contexto, este trabalho analisa a viabilidade de uma planta solar fotovoltaica, considerando a geração e o preço de liquidação das diferenças como fatores de risco, além de comparar o risco e o retorno do projeto contratado pelas modalidades "Quantidade" e "Disponibilidade" de energia elétrica.

Perguntas e respostas:

- A) Os autores entendem que do ponto de vista do risco do empreendedor utilizar somente o cenário do PDE é suficiente? Poderiam ter utilizado PLDs históricos?
- B) Com relação aos dados, cogitaram utilizar dados de reanálise para preencher as falhas encontradas?
- C) Foi considerada alguma restrição de PLD piso e teto, ou somente o resultado do CMO do NEWAVE?

**Comentário:** Ajustes solicitados atendidos.

### 3.13 - Aplicação do Método do Centro Elétrico para a alocação de eletrocentros em usinas solares fotovoltaicas, visando à redução do CAPEX e maior produção de energia

THALES TERROLA E LOPES(1); LUCAS DA SILVA FARIA(2); - UFF(1);VOLTALIA(2);

O objetivo deste trabalho é desenvolver uma metodologia de fácil implementação para a alocação otimizada de eletrocentros, inversores e caixas de junção em usinas solares fotovoltaicas, aplicando o método do centro elétrico. Pela alocação otimizada dos equipamentos, reduz-se o comprimento dos condutores dos circuitos CC e CA e a perda ôhmica, culminando na redução do CAPEX dos condutores e melhora das taxas de retorno do investimento. Para demonstrar a viabilidade, uma análise financeira é realizada, comparando uma situação real de instalação dos eletrocentros e inversores, com diferentes cenários de alocação destes equipamentos, resultantes da aplicação do método do centro elétrico.

Perguntas e respostas:

- A) Os autores acham interessante aplicar alguma técnica de otimização para definir a quantidade ideal de eletrocentros? Ou complicaria o ponto positivo do processo de ser simples?

O propósito do artigo foi desenvolver uma metodologia de simples aplicação e interpretação. O mesmo problema poderia ser resolvido através de técnicas de otimização não linear ou por alguma técnica de otimização multiobjetivo, como os algoritmos genéticos, resultando em uma ferramenta de mais complexa modelagem e manutenção e cujos resultados talvez não sejam mais vantajosos para a solução do problema de alocação de eletrocentros. A aplicação de uma técnica de otimização para a definição do número ideal de eletrocentros mostra-se interessante e benéfica para o projeto de usinas fotovoltaicas. Para tanto, a aplicação do método do centro elétrico não é suficiente, necessitando de uma técnica de otimização com maior complexidade para a modelagem do problema, pois o problema tem múltiplos objetivos a serem atendidos.

- B) Faz sentido um processo conjunto de cálculo de eletrocentros junto com a otimização do layout do parque?

Sim, contudo o método do centro elétrico não é suficiente para a solução deste problema de otimização. A solução de um processo conjunto de cálculo do número de eletrocentros com a otimização do layout do parque requer a aplicação de um método de otimização multi objetivo, como os algoritmos genéticos. Este problema envolve a alocação maximizada dos painéis fotovoltaicos na área da usina, de modo a obter a máxima geração, aliada a alocação e definição do número ótimo de eletrocentros, inversores e caixas de junção, visando a redução das perdas ôhmicas.

- C) A técnica poderia ser aplicada no nível do arranjo?

No artigo também é aplicada a técnica em nível de arranjo, através da alocação de inversores e caixas de junção AC, conforme tópico 5.3 do artigo.

### 3.14 - Análise de Risco de um Empreendimento Fotovoltaico: CCEAR-Disponibilidade x CCEAR-Quantidade

EDUARDO DE AGUIAR SODRÉ(1); JOEL GALDINO GOMES FILHO(2); Marina Oliveira Dantas(2); - CHESF(1);UPE - POLI(2);

Este trabalho propõe realizar um estudo de viabilidade técnico-econômica que leve em consideração as incertezas nas variáveis chave do fluxo de caixa de um empreendimento fotovoltaico que venda sua produção em um Leilão de Energia Nova do Governo Federal, comparando as métricas de risco VaR e CVaR entre o CCEAR-Quantidade e o CCEAR-Disponibilidade.

Perguntas e respostas:

- A) Se a regra do CCEAR quantidade prevê contabilização mensal, por que foi utilizada a geração e o PLD em base anual?
- B) Se pensou em utilizar um modelo do setor como o NEWAVE para geração de PLD? Se sim, por que não foi usado?
- C) Dado que a variância do PLD foi assumida, se cogitou usar os desvios de PLD históricos?

### 3.15 - Efeito da discretização temporal na estimativa da produção de energia de usinas fotovoltaicas

CRISTIANO SABOIA RUSCHEL(1); GUSTAVO PIRES DA PONTE(1); - EPE(1);

Para a simulação de produção de energia de projetos fotovoltaicos utiliza-se normalmente o ano meteorológico típico (TMY) para o local, com discretização horária. Contudo, estudos indicam que simulações utilizando bases horárias podem superestimar a produção de energia, pois a integralização de dados atenua valores de produção mais elevados, que na prática seriam cortados por ultrapassar o limite do inversor. Esse trabalho analisa esse efeito, com simulações em bases de 1 minuto, 10 minutos e horas, confirmando essas diferenças, e indicando que estas podem ser relevantes a depender do dimensionamento do projeto.

Perguntas e respostas:

- A) Na visão dos autores, qual a razão para a redução nos FDIs observada nos últimos leilões?

Provavelmente, um fator relevante para esta mudança no dimensionamento foi a redução dos custos dos módulos fotovoltaicos em relação aos demais equipamentos. Assim, é vantajoso instalar mais módulos, aumentando a potência CC, sem um incremento proporcional da potência CA, ainda que essa estratégia leve a cortes de produção por subdimensionamento dos inversores. O uso de rastreamento de um eixo pode ter contribuído, já que este tende a reduzir, em média, a geração nos horários próximos ao meio dia, reduzindo o carregamento do inversor nesses momentos, normalmente de maior irradiação

- B) Como são tratadas as capacidades de sobrecarga de curta-duração dos inversores no contexto do dimensionamento dos parques?

Embora possa haver capacidade técnica de sobrecarga, em princípio, os fabricantes não recomendam que a capacidade máxima do inversor seja ultrapassada, sendo a limitação inclusive programada no software do equipamento, a fim de garantir a vida útil do equipamento.

- C) Os autores tem conhecimento de situações observadas no âmbito operacional que corroboram as preocupações levantadas?

As usinas em operação atualmente não possuem fatores de dimensionamento de inversor tão baixo quanto os estudados no artigo. Por ser uma tendência recente, observada na etapa de projeto, deve-se monitorar o dimensionamento efetivo das usinas e, em se confirmando a tendência de redução (maior carregamento dos inversores), caberá uma avaliação da relevância desse efeito.

### 3.16 - Estudo da Viabilidade Técnica de Implantação de Sistemas Fotovoltaicos Flutuantes em Reservatórios de Usinas Hidrelétricas – Plataforma Fotovoltaica Flutuante de Sobradinho (BA)

PEDRO SINVAL FERREIRA RODRIGUES(1); EDUARDO BOUDOUX JATOBÁ(2); - CHESF(1);CHESF(2);

Esse trabalho tem o objetivo de apresentar uma análise da metodologia empregada para a implantação do sistema fotovoltaico flutuante (etapa 1 MWp) no lago da Usina Hidrelétrica de Sobradinho, como fruto do projeto de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P&D+I) intitulado "Exploração de Energia Solar em Lagos de Usinas Hidrelétricas". O estudo tem o propósito de avaliar a complementariedade da geração solar fotovoltaica com a geração hidrelétrica, através da instalação de usinas flutuantes de energia solar fotovoltaica, totalizando 10 MWp, nos lagos das hidrelétricas de Sobradinho/BA (5 MWp - Chesf) e Balbina/AM (5 MWp - Eletronorte).

Perguntas e respostas:

- A) Qual o potencial no Brasil para aplicação desta tecnologia?
- B) Como é o processo de fabricação de flutuadores?
- C) Como é realizada a integração entre a usina flutuante e a usina hidrelétrica? Quais as vantagens que decorrem da estratégia adotada?

**Comentário:** Ajustes solicitados atendidos.

### 3.17 - Aplicação do método TODIM à tomada de decisão do local de implantação de uma usina solar fotovoltaica no nordeste brasileiro.

JOSÉ RENATO FALCÃO DELGADO(1); Leonardo de Leon Dias(2); Kenia Carvalho Mendes(3); - UPE - POLI(1);UPE - POLI(2);UPE - POLI(3);

O Nordeste do Brasil tornou-se a principal região do país a desenvolver projetos de usinas solares fotovoltaicas de geração centralizada. Uma das principais razões deve-se a sua irradiação solar global estar entre as maiores médias do país, porém a escolha de determinado local nessa região envolve, ainda, a análise de múltiplos critérios, geralmente conflitantes entre si. Este trabalho teve como objetivo aplicar um Método de Apoio Multicritério à Decisão, denominado TODIM, a fim de contribuir no desenvolvimento de um modelo de suporte à tomada de decisão envolvendo múltiplos critérios acerca do local apropriado para instalação de usinas de fonte solar.

Perguntas e respostas:

A) Qual a razão para a escolha dos critérios? Houve consulta a outros especialistas?

São critérios de seleção localidades utilizados no setor. Quanto aos decisores responsáveis pela seleção dos critérios, eles fazem parte de um grupo composto por professor especialista na área de solar e por profissionais que operam no mercado deste tipo de empreendimento.

B) Quais foram os decisores envolvidos nos valores dos pesos? Como esse processo foi feito?

Os pesos foram definidos pelos próprios autores, com base na experiência acadêmica e profissional de cada um. O processo foi de Pontuação Direta conforme o modelo sugere, obedecendo uma escala de 01 a 10. Primeiro, elencou-se por ordem de importância os critérios (do maior para o menor), em seguida foram atribuídos pesos, em comum acordo, para cada critério, nesse momento foi fundamental a percepção técnica, econômica e financeira de cada decisor para esse processo.

C) Por que ao invés de criar um critério de radiação e temperatura, não fizeram uma simulação simples e criaram um critério de expectativa de geração?

O objetivo do estudo realizado foi testar os limites da ferramenta. Era importante ver as decisões não só baseadas em expectativas, mas em critérios que levassem em conta as vantagens e desvantagens de cada localidade, de modo que a escolha sugerida pela ferramenta resultasse na melhor escolha, de forma mais realista.

**Comentário:** Ajuste realizado.

### 3.18 - Definição de potência nominal de inversores fotovoltaicos de grande porte

CRISTIANO SABOIA RUSCHEL(1); GUSTAVO PIRES DA PONTE(1); ALINE COUTO DE AMORIM(1); BERNARDO FOLLY DE AGUIAR(1); - EPE(1);

Os fabricantes de inversores fotovoltaicos utilizam diferentes referências de temperatura para a potência de catálogo dos equipamentos. Tal indefinição trazia dificuldades de registro, e fez-se necessária uma discussão com o setor. Até a realização desse debate, considerava-se potência nominal do equipamento aquela que o inversor pode sustentar a temperaturas mais elevadas. Após pleitos, a EPE propôs que a potência nominal seria a da temperatura de operação mais baixa presente no catálogo, e caso necessário, poderia ser declarada uma restrição ao equipamento. Em consulta aos agentes do setor fotovoltaico, houve concordância, e a proposta passou a vigorar em novembro de 2018.

Perguntas e respostas:

A) Foi realizado uma comparação com o efeito da temperatura sobre os módulos fotovoltaicos?

Sim, conforme destacado no IT, os efeitos nos dois equipamentos são distintos. Enquanto nos módulos fotovoltaicos há uma queda linear de produção com o aumento da temperatura, por questões intrínsecas do material semiconductor, nos inversores a redução de produção ocorre para proteção do equipamento, sendo programada pelos fabricantes.

B) Os fabricantes foram consultados quanto a real capacidade de conversão de potência do inversor?

Antes da realização desse estudo, alguns fabricantes se manifestaram solicitando a alteração da potência considerada pela EPE para seus equipamentos. Durante a realização da consulta na qual a proposta foi baseada, os fabricantes foram questionados, e alguns deles inclusive se manifestaram, concordando com a nova definição.

C) Qual o efeito desta condição na geração de energia ofertada para um leilão?

Independente da condição nominal do equipamento, definida para fins de registro, é crucial que a redução da produção devido a altas temperaturas seja considerada na estimativa da Certificação de Produção de Energia. Ou seja, na simulação horária, sempre que a temperatura superar determinado limiar definido pelo fabricante, a curva de derating deve ser considerada, já que esta é a condição que será encontrada na prática. Parte dos softwares utilizados pelos projetistas e certificadores consideram esse efeito.

**Comentário:** Projeto apresenta uma nova visão de avaliação quanto à potência apresentada junto aos leilões, dando mais precisão à energia ofertada

### 3.19 - MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ENERGIA EM SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA - ANÁLISE DAS CAMPANHAS DE MEDIÇÃO DE TENSÃO E CORRENTE E CARACTERÍSTICAS DE INJEÇÃO DE HARMÔNICOS DOS SISTEMAS DE BAIXA, MÉDIA E ALTA TENSÃO

NELSON CLODOALDO DE JESUS(1); JOÃO ROBERTO COGO(2); LUIZ MARLUS DUARTE(3); LUIS FERNANDO RIBEIRO FERREIRA(4); ÉVERSON JÚNIOR DE MENDONÇA(5); LEANDRO MARTINS FERNANDES(6); JESUS DANIEL DE OLIVEIRA(7); - GSI(1);GSI(2);GSI(3);GSI(4);GSI(5);GSI(6);GSI(7);

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma avaliação da qualidade da energia elétrica em um sistema de geração de energia fotovoltaica. Serão apresentados os resultados obtidos nas campanhas de medição no ponto de conexão em 138 kV, verificando o desempenho nas condições de pré e pós-operação. Resultados específicos das medições internas ao sistema de geração serão abordados, incluindo a subestação coletora em 138 e 34,5 kV e os inversores de frequência. Serão detalhados os comportamentos obtidos no monitoramento e a comparação dos resultados com os indicadores recomendados, bem como as principais características de desempenho e perfil harmônico do sistema elétrico.

Perguntas e respostas:

A) Na visão dos autores, os procedimentos indicados na NT ONS 009/2016 são suficientes para a caracterização dos problemas de QEE relacionados à integração de usinas fotovoltaicas?

Nos últimos anos muito se tem discutido à respeito de como aprovar uma instalação a ser conectada ao SIN do ponto de vista de estudos de harmônicos, principalmente envolvendo mais diretamente a conexão de Complexos Eólicos. A Nota técnica ONS 009/2016 tem por objetivo apresentar informações e diretrizes quanto à realização de estudos e campanhas de medição, relacionados à avaliação do impacto de novas condições de conexão na Rede Básica no que diz respeito aos indicadores de conformidade de tensão, quais sejam, distorção harmônica, desequilíbrio e flutuação de tensão. Quanto aos procedimentos especificamente em relação aos harmônicos, existem dois tipos distintos, sendo que um se refere à realização de campanhas de medição de QEE e outro aos estudos de impactos de harmônicos. Entende-se que os procedimentos de medição estão mais consolidados para a comparação com os indicadores, caracterização das distorções e determinação do perfil dos componentes harmônicos, devendo ser verificadas as correções com as respostas em frequência dos transdutores, bem como evitar interferências causadas por possíveis influências de outros agentes nos resultados, quanto da análise específica de uma conexão ao sistema durante o período de realização das campanhas de medição no ponto de análise. Por outro lado, na fase dos estudos, são estabelecidos os procedimentos para a determinação das distorções pelo efeito dos componentes harmônicos. A referida Nota Técnica cita que "considerando que o objetivo do estudo de desempenho harmônico restringe-se a avaliar o impacto da nova instalação no PAC, e considerando as limitações ainda presentes nos estudos do tipo fluxo de harmônicos, quer seja do ponto de vista da validade dos modelos adotados para toda faixa de frequência de interesse, quer seja pela disponibilidade de dados, principalmente no que diz respeito à modelagem das cargas lineares, o método do lugar geométrico (LG) da impedância harmônica da Rede Básica, no plano complexo X versus R, constitui-se no procedimento recomendado pelo ONS, considerando diferentes cenários para a Rede Básica, presente e futuros, para estados diferentes quanto a níveis de carga (leve, média e pesada), bem como situações de operação degradada para compor os lugares geométricos?". Apesar do método do lugar geométrico ser amplamente utilizado para conexão de sistemas de transmissão HVDC e de compensadores estáticos, nestes casos, tem se verificado que os filtros tendem a ser mais em função de sua própria injeção característica de corrente do que de influência predominante da rede como um todo, como no caso de muitos estudos de parques eólicos e fotovoltaicos. Considerando notadamente ainda o fato de um grande número de indicações de possíveis necessidades de filtros pelos estudos, muitas vezes não característicos aos sistemas trifásicos (filtros de ordem par, de sequência zero, potências reduzidas, ordens não característicos), considera-se que a utilização da metodologia empregada não é totalmente suficiente para a caracterização de todos os possíveis problemas e não necessariamente pode identificar possíveis comportamentos de QEE relacionados à Integração de cargas não lineares, como os sistemas de geração de energias renováveis que utilizam inversores de frequência, tais como amplificadores de harmônicos de altas frequências ou a indução da instalação de filtros não efetivos ao sistema. Sobre a Nota Técnica do ONS, cabe destacar inclusive que, em sua última revisão (Março de 2018), ficou estabelecido que os filtros de ordem harmônica par (2ª, 4ª, 6ª, etc), como também de ordens superiores à 13ª que foram indicados nos estudos de desempenho harmônico, a priori, não devem ser implementados no sistema para complexos eólicos/fotovoltaicos, sendo mais um motivo de preocupação para com os resultados obtidos e a efetividade de aplicação da análise que vem sendo realizada com o uso da metodologia do Lugar Geométrico em relação aos possíveis impactos de conexões ao SIN. Por outro lado, as medições só representam algumas condições operacionais e, por este motivo, a princípio, prevalecem as orientações dos estudos propriamente ditos. Portanto, existe forte indicativo de resultados não convergentes com a operação após a entrada das cargas não lineares, sendo avaliada por muitos do setor como uma metodologia bem conservativa. Em função dos fatos citados, resultados de medições e vários tipos de empreendimentos (filtros atípicos), sugere-se ao menos que a avaliação careça de uma análise crítica, com possíveis melhorias em termos metodológicos ou adequações de procedimentos de análise, especialmente em se buscar uma validação mínima dos resultados, com base nas medições reais que definem o comportamento das distorções do sistema naquelas condições de operação. Este importante ponto de análise e verificação mais realista do comportamento do sistema, além de nortear, deveria servir como base aos estudos das demais condições operativas futuras a ser analisadas detalhadamente.

B) Os valores de distorção harmônica registrados foram confrontados com resultados de estudos?

Os resultados das distorções obtidos nas medições não foram confrontados diretamente com os resultados obtidos no estudo de harmônicos, mas existe um indicativo de que para o estudo e metodologia referenciada (vários cenários e contingências), seriam necessários filtros de harmônicos de baixa ordem, não identificados pelas medições. Como outro exemplo, neste caso, a medição indicou um aumento de componentes próximos ao harmônico de 48ª ordem, que mesmo com distorções relativamente reduzidas apresentou destaque, pois o mesmo somente foi observado após a entrada em operação do sistema de geração fotovoltaico. Para uma análise comparativa com os estudos, tal fato seria de difícil reprodução pelo resultado mais teórico do referido sistema, com base nas mesmas considerações relatadas anteriormente.

C) Em caso afirmativo, verifica-se aderência entre as conclusões obtidas?

Destaca-se para este caso particular, e como a própria Nota Técnica cita, e assim em total concordância, que realmente não se pode comparar diretamente os resultados obtidos com a metodologia de estudos de fluxo harmônico, com os valores das medições, pois a princípio seriam de função e objetivos distintos. Segundo o documento de referência ? efetivamente, as campanhas de medição, necessárias para verificação do desempenho da instalação, no momento de sua entrada em operação, captura somente um ou poucos cenários da Rede Externa, enquanto que através do estudo, considerando a metodologia descrita, é possível representar múltiplos cenários que poderão ocorrer ao longo do

período operacional da instalação ?. Esta comparação seria mais indicada se a análise fosse, além do uso atual do método do lugar geométrico, também aplicada à validação de resultados, como no cálculo de fluxo harmônico para casos determinísticos, baseados em simulações com métodos de injeção de correntes (fontes de harmônicos diretamente na representação do sistema elétrico), como são os casos envolvendo os sistemas industriais, muitas vezes comprovados por medições com a devida verificação dos resultados e eficácia dos filtros harmônicos instalados. Neste caso, entende-se, como uma forma de sugestão que seja realizado algum estudo para se estabelecer aperfeiçoamento técnico dos critérios de aplicação e utilização da metodologia base, utilizando de alguma forma uma análise em que se possam comparar efetivamente os resultados das simulações com os obtidos pelas medições, como forma de validação do estudo e, assim, realmente avaliar com maior assertividade quando e quantos seriam os filtros de harmônicos necessários à melhoria de desempenho do sistema em função da integração de cargas não lineares, principalmente no caso de sistemas de geração do tipo fotovoltaico e eólico.

**Comentário:** Os ajustes solicitados foram realizados.

### 3.20 - Testes de Comissionamento de Usinas Heliotérmicas

PABLO DE ABREU LISBOA(1); LEONARDO DOS SANTOS REIS VIEIRA(1); ANA PAULA CARDOSO GUIMARÃES(1); - CEPEL(1);

A previsão de produção de eletricidade para instalações utilizando fontes de energia renováveis intermitentes, são cruciais para avaliação econômica dos projetos das usinas. Para a energia solar fotovoltaica e a eólica, há um bom número de normas existentes fornecendo subsídio para os projetistas, contratantes e os entes financiadores, mesmo com a complexidade envolvida nas flutuações presentes nos processos. Para plantas heliotérmicas, esta estimativa de desempenho pode se tornar ainda mais complexa devido à possibilidade de armazenar a energia, controlando o momento do despacho, por meio da inserção de reservatórios térmicos e da hibridização com o uso dos combustíveis fósseis. Após o surgimento de diversas plantas heliotérmicas pelo mundo a partir de 2008, avançadas, principalmente, pelos incentivos governamentais praticados na Espanha, tornou-se necessária a padronização deste setor, no sentido de tentar reduzir os custos e aumentar a geração de energia. No entanto, somente em 2016 o SolarPaces lançou um guia com o intuito de contribuir para a elaboração de uma metodologia padronizada para avaliação de rendimento de uma planta, ainda na sua fase de projeto. Apesar dos benefícios trazidos para todas as partes envolvidas em um projeto de planta, o documento não contemplou o tema dos modelos de garantia de desempenho, elemento essencial em todos os contratos. O comissionamento de uma planta geradora de energia elétrica (Cepel) coordenou entre os anos de 2012 e 2017 um projeto de construção de uma planta piloto heliotérmica de 1 MWe para ser construída na região semi-árida do Nordeste Brasileiro. O projeto de pesquisa, denominado HelioTerm, foi financiado em sua maior parte pela FINEP e atravessou várias etapas. Um dos produtos obtidos foi uma especificação técnica para ser inserida na licitação de contratação da empresa especialista. Neste produto o Cepel contou com consultoria da empresa alemã Enolcon. A especificação consiste de diversos documentos detalhando o projeto, incluindo um documento específico sobre os testes de comissionamento da planta. Este documento contém, dentre outras coisas, a descrição dos diversos testes realizados e a definição rigorosa dos critérios de aceitação para cada um deles.

Perguntas e respostas:

A) Os Testes de Comissionamentos apresentados são aplicáveis a todas as tecnologias de geração heliotérmica?

Os testes de comissionamento descritos no artigo são aplicáveis a todas as tecnologias de geração heliotérmica que utilizem fluido térmico como elemento de ligação entre o campo solar e o bloco de potência. O artigo mostra valores de variáveis comumente utilizados com óleo térmico. No caso de operação com sais fundidos, os testes de comissionamento são equivalentes, porém as temperaturas operacionais devem ser ajustadas, pois o sal fundido suporta temperaturas mais altas de operação e possuem uma limitação operacional de baixa temperatura, abaixo da qual ele se solidifica (238°C). Por este motivo, para a operação de plantas com sal fundido, devem ser incluídos procedimentos adicionais de segurança para evitar a solidificação do sal e a temperatura mínima tolerada é de 280°C.

B) Qual a demanda técnica e econômica para realização dos testes de comissionamento apresentados?

Para a realização dos testes de comissionamento apresentados, é solicitada à empresa de EPC uma equipe consistindo de engenheiros capazes de conduzir os testes e de pelo menos um líder, responsável por sua execução. O tamanho da equipe necessária e os custos são dependentes do tamanho da usina e devem estar claramente identificados na proposta da empresa de EPC. Lembramos que, previamente à execução dos testes de comissionamento, devem ser emitidos os certificados de calibração de toda a instrumentação a ser utilizada e o plano de testes deve ser fornecido num prazo mínimo de 120 dias antes de sua realização.

C) Como os testes propostos se relacionam com as exigências de comissionamento impostas pelo ONS?

Os testes propostos incluem testes de conexão à rede, cujos critérios são os estabelecidos pela concessionária de energia e pelo operador do sistema. Os testes descritos neste artigo têm como objetivo avaliar a operação da planta e verificar as garantias de desempenho previstas no projeto e estabelecidas pela empresa de EPC. Diferentemente de um termelétrica convencional as condições operacionais dependem da irradiação incidente e, portanto, é necessário identificar qual a variação tolerada durante as medições a serem realizadas. Convém ressaltar que os testes de desempenho de longo prazo têm duração de 60 dias consecutivos e que, neste período, não deve haver restrições de rede para a exportação da energia líquida.

**Comentário:** Ajustes solicitados realizados.

### 3.21 - UTILIZAÇÃO DE UNIDADES TÉRMICAS TIPO CSP COMO RESERVA GIRANTE CONTROLADA PARA MITIGAR OS EFEITOS DA INTERMITÊNCIA DA GERAÇÃO EÓLICA EM ÁREAS DE GRANDE CONCENTRAÇÃO

ÁLVARO JOSÉ PESSOA RAMOS(1); RODRIGO BEZERRA VALENÇA(1); JOSÉ SANDRO VALENÇA DO NASCIMENTO FILHO(1); DÊIBSON JOSÉ GOMES DE SENA(1); JULIANA BARBALHO RAMOS(1); RAÍSSA SOUTO(1); - ANDESA(1);

A variabilidade na velocidade dos ventos e, portanto, na potência gerada pelas Centrais de Geração Eólicas (CGE) introduz na operação do sistema interligado incertezas que se traduzem em variáveis de difíceis previsão cujo controle demandam ações automáticas e contínuas em tempo real. Tais dificuldades operacionais se tornam crescentes na medida em que se eleva o montante e a concentração da geração eólica. Os sintomas de tais dificuldades já se fazem sentir atualmente no ano de 2019 onde variações de geração eólica superiores a 800MW ocorrem em períodos de uma hora. Estudos indicam que taxas de variação da ordem de 2000MW/hora ocorrerão até o ano 2021 com a previsão do crescimento da geração eólica prevista para ser instalada no Brasil. As variações não previsíveis e relativamente rápidas de geração eólica são momentaneamente compensadas principalmente pelos intercâmbios com as regiões Norte e Sudeste que apresentam regulação equivalente (MW/0,1Hz) maiores do que a área Nordeste onde a reserva operativa de geração hidráulica se encontra reduzida devido as condições energéticas desfavoráveis vigentes a pelo menos 9 anos. Por exemplo, uma redução de 1000MW no período de uma hora elevaria os intercâmbios para patamares fora dos valores programados ou mesmo em valores próximos aos limites de estabilidade previamente estudados. O ajuste do sistema, trazendo os intercâmbios para valores apropriados são feitos através da elevação da geração térmica da área Nordeste, todas situadas próximas as capitais e, portanto, no litoral. Este procedimento operacional, que não é automatizado, é realizado pela ação direta dos operadores do sistema e representa um grande remanejamento de geração das áreas de concentração da geração eólica para as unidades térmicas. Isto pode significar um rearranjo nos fluxos de potência do sistema que podem demandar ações adicionais em tempo real para ajustes das tensões do sistema. O presente trabalho discute aspectos conceituais e operacionais de uma possível alternativa de controle automático de geração fundamentado no conceito de áreas de concentração de geração eólica que operariam nos padrões TLB atuando em usinas térmicas solares tipo CSP (Concentrated Solar Power) que seriam instaladas internamente as áreas de concentração das gerações eólicas. Como se sabe, as usinas térmicas tipo CSP consistem de turbinas a vapor clássicas acionando geradores síncronos convencionais. Este fato significa que, além dos recursos de controle automático acima referidos, estas usinas térmicas também oferecem reserva de potência reativa para de controle de tensão, reserva girante frente a contingências de déficit de geração (contribuindo para eventos de subfrequência) como uma usina térmica normal. Além de menores custos operacionais dado que o insumo é o sol, esta CSP terá a grande vantagem de poder ser instalada nas áreas de grandes concentrações de energia eólica da região Nordeste onde também se dispõe de elevada irradiação solar. As térmicas a gás não se prestam para esta função, pois precisam ser instaladas em locais com fácil abastecimento de gás como no litoral.

Perguntas e respostas:

A) Qual a expectativa do custo financeiro para associação de usinas tipo CSP a uma usina eólica?

B) Que dificuldades práticas os autores vislumbram para implantação das novas áreas de controle propostas, considerando o envolvimento de um grande número de usinas e o ONS, por meio do COSR-NE?

C) Para as novas áreas de controle a proposta seria alocar toda a reserva da área nas CSPs e operar as usinas eólicas segundo a estratégia tradicional, ou seja, sem reserva. Neste caso, qual seria o montante de reserva estimado (em %) a ser alocado nas CSPs?

**Comentário:** Ajustes solicitados atendidos.

### 3.22 - Mapeamento geográfico da viabilidade da implantação de Usinas Heliotérmicas CSP por Cilindro-parabólicos nas diversas regiões brasileiras

EDUARDO CHIARANI(1); DANIELLE DRAGO(2); KRISTIE KAMINSKI KUSTER(3); LUIS ALEXANDRE CATUSSI PASCHOALOTTO(4); Ana Paula Oening(5); - LACTEC(1);LACTEC(2);LACTEC(3);CESP(4);LACTEC(5);

A geração de energia elétrica pela fonte solar tem crescido significativamente no Brasil. Entretanto, usinas de produção em larga escala, como plantas termosolares, ainda necessitam de maiores estudos e incentivos para sua consolidação e viabilização no país. Neste estudo do LACTEC em conjunto com a CESP, são mapeadas e analisadas as precondições de regiões do Brasil, verificando o seu potencial e reiterando que o Brasil contém parâmetros com viabilidade à implantação de usinas termosolares.

Perguntas e respostas:

A) Como ficou a classificação da cidade de Rosana, onde originalmente a CESP pretende construir uma CSP?

Segundo o modelo de viabilidade gerado, a classificação para a cidade de Rosana tem índice médio de 0,60. Isto significa que a região tem 60% das precondições julgadas necessárias para construção e funcionamento de uma CSP por CCP.

B) Os autores cogitaram utilizar os critérios como filtros para, em um primeiro momento, separar somente os hotspots?

Sim, foi cogitada. Porém, o objetivo é analisar regiões do estado de São Paulo e regiões do Brasil viáveis a tecnologia, para isso é necessário o uso de escalas cartográficas pequenas, que recobrem uma área maior, mas com nível de detalhamento menor. Isto influencia na escolha dos critérios e dados geográficos com menor nível de detalhamento. A indicação de somente hotspots seria interessante quando aliada a escalas cartográficas grandes, com maior nível de detalhamento, mas recobrendo uma menor área.

C) Qual a visão dos autores sobre uma rodada com especialistas para definição dos critérios? Percebem alguma vantagem em encontrar algum critério desconhecido?

Uma rodada com especialistas proporciona uma maior completude nas precondições das usinas, e pode tornar o modelo ainda mais preciso. Neste modelo, os critérios indicados inicialmente, foram discutidos por especialistas em uma iniciativa do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações e uma agência alemã de cooperação internacional, e a partir destes, foi analisada internamente pela equipe a relevância destes critérios. O uso de novos critérios pode beneficiar a representação do modelo, porém, a sua relevância deve ser analisada, pois quando irrelevantes, podem comprometer o modelo final. Para casos de grandes números de critérios, deve ser verificado a consistência do processo de análise.

**Comentário:** Ajustes solicitados atendidos.

### 3.23 - Proposta de geração híbrida termossolar-eólica aplicável à região do semi-árido brasileiro - Conceitos e Perspectivas.

AIRTON VIOLIN(1); EDSON DA COSTA BORTONI(2); VLADIMIR RAFAEL MELIAN COBAS(3); FELIPE EDUARDO RIBEIRO(4); JONATHAN WILLIAN DOS SANTOS(5); - UNIFEI(1);UNIFEI(2);UNIFEI(3);UNIFEI(4);UNIFEI(5);

Atualmente, uma preocupação do Operador Nacional do Sistema Elétrico (e de outros operadores no mundo) é com a segurança energética do Sistema Interligado Nacional devido à inserção de parques eólicos, com geração intermitente, e a redução das áreas dos reservatórios das novas hidrelétricas. O objetivo do artigo é apresentar o resultado de uma pesquisa, em caráter conceitual, sobre a viabilidade técnica de uma usina híbrida termossolar-eólica, com geração despachável, que possa ser implantada ao longo da região semiárida brasileira para atender a necessidade de segurança energética e ao mesmo tempo favorecer o desenvolvimento socioeconômico da região.

Perguntas e respostas:

A) Na estratégia proposta os aerogeradores do parque eólico operam isolados da rede elétrica, conectados apenas às suas respectivas cargas resistivas para produção de calor. Qual seria a estratégia de controle vislumbrada para os aerogeradores no que se refere ao balanço de energia, considerando as diferentes condições de vento ao longo da jornada diária?

B) Em relação aos processos de manutenção próprios deste tipo de planta de geração, quais as dificuldades adicionais vislumbradas pelos autores que decorrem da instalação no semiárido nordestino, em comparação com plantas de geração eólica e solar fotovoltaica.

C) Foi examinada a possibilidade da existência de excedentes não despacháveis? Qual a probabilidade considerando o volume e características do sistema de armazenamento proposto?

**Comentário:** O autor fez o ajuste recomendado.

### 3.24 - Influência de Estratégias e Parâmetros de Operação para o Armazenamento Térmico e Produção de Energia Elétrica em Usina Termossolares

RODRIGO CANESTRARO QUADROS(1); ALESSANDRO PRESZNHUK FILHO(2); KRISTIE KAMINSKI KUSTER(3); RENATO DE ARRUDA PENTEADO NETO(4); LUIS ALEXANDRE CATUSSI PASCHOALOTTO(5); Ana Paula Oening(6); - LACTEC(1);LACTEC(2);LACTEC(3);LACTEC(4);CESP(5);LACTEC(6);

Tecnologias de geração por concentração solar vêm atraindo atenções no setor elétrico, devido às suas características de maior despachabilidade, quando equipadas com sistemas de armazenamento térmico; em relação à outras tecnologias renováveis. Apresentam-se neste trabalho os tipos de tecnologia de concentradores solares e um estudo sobre influência de estratégias de operação no armazenamento e geração desenvolvido no projeto de P&D Estratégico da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) na Chamada Pública 019/2015: "Implantação de Usina Piloto por Meio de Integração da Fonte de Geração Termossolar ao Complexo de Energias Alternativas Renováveis da UHE Porto Primavera", desenvolvido conjuntamente à CESP.

Perguntas e respostas:

A) Para dimensionamento de usinas termossolares com reserva girante para utilização na fase de regulação primária (por exemplo de 5% de potência), como seriam afetados os critérios de projeto?

B) Há limitações importantes para as taxas de elevação ou redução de potência nas usinas, considerando as diferentes condições operacionais das mesmas?

C) Qual a expectativa dos autores em relação à expansão da utilização deste tipo de usina no Brasil e no mundo? Quais os maiores desafios?

**Comentário:** Os autores realizaram os ajustes solicitados.

### 3.25 - Estudo de viabilidade técnica e econômica da aplicação de chapas de alumínio anodizado no campo solar de plantas heliotérmicas

VANDERLEI AFFONSO MARTINS(1); PAULO CESAR FERNANDES DA CUNHA(2); MARIANA WEISS DE ABREU(3); FELIPE DA SILVA FERNANDES GONÇALVES(4); RAFAEL ANDRES SORIA PENAFIEL(5); RICARDO BICUDO(6); CAIO PORCIUNCULA(7); - FGV(1);FGV(2);FGV(3);FGV(4);FGV(5);FGV(6);FGV(7);

O trabalho analisa a viabilidade técnica econômica da aplicação de chapas de alumínio anodizado, no lugar de espelhos de vidro, no campo solar de plantas heliotérmicas de cilindro parabólico. Avalia-se a adaptação desta tecnologia para o caso brasileiro. A partir da análise qualitativa das especificações técnicas dos dois tipos de refletores, e das simulações realizadas no SAM, é possível concluir que os sistemas com refletores de vidro têm melhores propriedades do que os espelhos de alumínio, porém, desde o ponto de vista Econômico, os espelhos de alumínio permitiriam atingir viabilidade econômica a projetos que operam em faixas de temperatura média.

Perguntas e respostas:

A) Qual a expectativa dos autores em relação à expansão da utilização de usinas heliotérmicas no Brasil e no mundo?

B) Em que medida a aplicação de chapas de alumínio anodizado pode acelerar a aplicação desta tecnologia no Brasil?

C) Sob o ponto de vista da fabricação, as chapas de alumínio anodizado apresentam alguma vantagem competitiva no Brasil?

**Comentário:** A versão que está correta é o primeiro informe e não o que aparece como revisado

### 3.26 - Tratamento de Dados Solarimétricos - Comparação entre um Método Convencional que usa Correlação com o Uso de Redes Neurais Artificiais

ALCIDES CODECEIRA NETO(1); Eduardo de Aguiar Sodrê(2); José Bione de Melo Filho(3); - CHESF(1);UPE - POLI(2);IFPE(3);

Os estudos iniciados na CHESF com vistas à elaboração de projetos de energia solar exigem a necessidade de se conduzir medições solarimétricas nas áreas em que esses projetos serão implantados. Os dados de irradiação solar são essenciais para a modelagem e avaliação de desempenho de sistemas solares. Este Informe Técnico tem como objetivo apresentar um método para estimação da irradiação solar, considerando os dados medidos em solo para uma localidade do semiárido nordestino. Será utilizada a aplicação de uma Rede Neural Artificial (RNA), do tipo Multilayer Perceptron (MLP), usando a técnica de aprendizado supervisionado conhecida como back-propagation.

Perguntas e respostas:

A) Qual o percentual de desvio entre a medição em solo e a RNA?

B) Quanto tempo futuro pode ser previsto usando RNA com confiabilidade acima 95%?

C) Qual a relação do modelo RNA com as variações meteorológicas?

### 3.27 - Descrição e previsão de resultados do sistema de armazenamento de energia elétrica sob a forma de hidrogênio da CESP instalado junto à UHE Eng. Sérgio Mota (Porto Primavera).

ENNO PERES DA SILVA(1); JUAREZ CORRÊA FURTADO JÚNIOR(2); VITOR FEITOSA RIEDEL(3); DEMÓSTENES BARBOSA DA SILVA(4); DIOGO OLIVEIRA BARBOSA DA SILVA(4); THIAGO DIAS ALENCAR FERREIRA(5); - UNICAMP(1);UNICAMP(2);UNICAMP(3);BASE Energia(4);CESP(5);

Este informe técnico descreve o Sistema Completo de Armazenamento de Energia Elétrica (SCAEE) concebido através do projeto de pesquisa e desenvolvimento P&D-0061-0054/2016, que está sendo desenvolvido pela Companhia Energética de São Paulo (CESP), no âmbito da Chamada Estratégica n°21 da ANEEL. O SCAEE será instalado na Usina Hidrelétrica Eng. Sérgio Mota, local onde a CESP desenvolve projetos relacionados a fontes renováveis, e possui 1.050 kWp relativos a geração solar fotovoltaica, além de aerogeradores com potência instalada de 200 kW. Uma etapa natural desse conjunto de projetos é a integração dessas fontes ao SCAEE, visando maximizar o aproveitamento da energia renovável disponível.

Perguntas e respostas:

A) Já há resultados além da simulação?



O projeto está iniciando a fase de comissionamento, e portanto ainda não foram realizados os testes experimentais.

B) Pretendem efetuar uma análise financeira do custo da energia armazenada? Pois não há menção financeira no artigo, somente energética

Essa etapa, visa apenas a avaliação energética do projeto. Em etapas posteriores será feita uma análise econômica considerando os custos do projeto com base nos dados da literatura, uma vez que questões contratuais e de confidencialidade impedem a utilização dos custos reais do projeto.

C) Os autores pretendem indicar um plano de negócio para a viabilização do armazenamento? Por exemplo, um plano no mercado livre com a mesma carga simulada.

O objetivo do trabalho é apresentar o sistema contemplado no projeto de P

### 3.28 - Integração da geração hidrelétrica e solar fotovoltaica através de um sistema de armazenamento de energia elétrica a hidrogênio junto à UHE Itumbiara

ENNO PERES DA SILVA(1); JUAREZ CORRÊA FURTADO JÚNIOR(2); VITOR FEITOSA RIEDEL(3); DEMÓSTENES BARBOSA DA SILVA(4); DIOGO OLIVEIRA BARBOSA DA SILVA(4); JACINTO MAIA PIMENTEL(5); - UNICAMP(1); UNICAMP(2); UNICAMP(3); BASE Energia(4); FURNAS(5);

Esse informe técnico descreve o papel de um sistema de armazenamento de energia elétrica sob a forma de hidrogênio na integração entre a geração solar fotovoltaica e a geração hidrelétrica. Essa integração é um dos objetos de estudo do projeto de pesquisa e desenvolvimento PD 00394-1606/2016, conduzido por Furnas Centrais Elétricas S.A., no âmbito da Chamada Estratégia número 21 da ANEEL. Também é apresentada uma simulação do modo de operação do conjunto hidráulico/solar fotovoltaico na UHE de Itumbiara, considerando o dimensionamento da planta solar e sistema de armazenamento de energia que compense o déficit hídrico dos últimos anos.

Perguntas e respostas:

A) O sistema hidro-solar já não seria suficiente para a otimização de ambos os recursos sem a necessidade de H2 e baterias para uma capacidade menor?

A premissa de trabalho, é a de utilizar a capacidade ociosa da subestação. No caso de uma planta solar de menor capacidade instalada, não seria possível produzir toda a energia necessária para que a subestação opere de acordo com a sua capacidade máxima ao longo do dia, de modo a atender a premissa inicial do trabalho.

B) Pretendem efetuar uma análise financeira para verificar se a relação de FV sobre a hidro se justifica?

Futuramente, essa opção será analisada. No entanto, o objetivo do trabalho é apresentar o potencial da energia solar em conjunto com a hidráulica, bem como os requisitos necessários (numero de painéis fotovoltaicos, potencia do eletrolisador e da célula a combustível).

C) Os autores consideram a melhor maneira de otimizar o projeto híbrido de geração/armazenamento pela máxima utilização da subestação? Ainda por cima se levando em consideração a relação de potência instalada e energia média características das usinas brasileiras?

A premissa de trabalho, é a de utilizar a capacidade ociosa da subestação. Nesse caso no momento de pouca geração hidráulica, a energia solar complementa da a geração de modo que a energia drenada é equivalente a capacidade da subestação. No momento de máxima geração hidráulica, a energia solar é armazenada, de modo a ser utilizada para que possa ser utilizada no futuro.

**Comentário:** Ajustes solicitados realizados.

### 3.29 - Avaliação técnica de um sistema de armazenamento de grande porte no Sistema Isolado de Boa Vista - RR

MICHELE ALMEIDA DE SOUZA(1); ALINE COUTO DE AMORIM(1); CRISTIANO SABOIA RUSCHEL(1); GUSTAVO PIRES DA PONTE(1); JOÃO DANIEL DE ANDRADE CASCALHO(2); ALEXANDRE DE MELO SILVA(3); - EPE(1); MME(2); ONS(3);

As condições de atendimento do sistema Roraima, desde 2015, têm sido bastante críticas, com alto número de desligamentos com interrupção total das cargas do Sistema Boa Vista, sobretudo devido à topologia do sistema e à piora no desempenho da Interligação Brasil – Venezuela. Nesse sentido, foi avaliada a implantação de um sistema de armazenamento, para suprir parte da carga de Boa Vista quando de desligamento da Interligação Brasil – Venezuela, em substituição às medidas operativas com incremento de geração térmica. Verificou-se que as baterias poderiam prover autonomia, confiabilidade e reduzir os custos de suprimento, com potenciais benefícios adicionais.

Perguntas e respostas:

A) Qual as características técnicas principais das baterias utilizadas nas simulações?

Baterias de Íons de Lítio com 70 MW / 35 MWh.

B) Sob o ponto de vista técnico-econômico, uma sobrecarga de 50% por 1 minuto seria razoável? Qual o impacto esperado nas características dos inversores e no custo total do equipamento?

O SAE em questão estava previsto para, após o término de contrato com a Venezuela, operar em conjunto com novas fontes intermitentes, previstas para 2021. A fonte solar fotovoltaica é a que apresenta maior variabilidade em curtos períodos de tempo. Um estudo da NERC (2009), estima que sistemas fotovoltaicos podem apresentar variações de 50% em intervalos entre 30 e 90 segundos, e de 70% entre 2 min e 10 min. Assim, uma bateria de 70 MW seria capaz de acomodar a variabilidade de até 140 MW de usinas fotovoltaicas, caso se possua fontes que respondam em intervalos de 1 minuto, ou de 100 MW considerando resposta em alguns minutos. Ressalta-se que esta estimativa é conservadora, já que o estudo citado faz referência a usinas entre 3 MW e 10 MW. Perez e Hoff (2013) demonstram que essa variabilidade é significativamente reduzida com o espalhamento geográfico dos sistemas fotovoltaicos. A correlação entre rampas de curto prazo (segundos a alguns minutos) de dois sistemas decai rapidamente com a distância, de forma que para sistemas separados por poucos quilômetros as variações na produção, sejam positivas ou negativas, tendem a não ocorrer ao mesmo tempo. Devido a restrições de conexão, ainda que fosse contratada uma potência fotovoltaica da ordem de 100 a 140 MW, esta provavelmente se daria pela soma de algumas usinas menores, conectadas a pontos diferentes e, portanto, distantes entre si. Assim, segundo o exposto na literatura, a princípio, o sistema de armazenamento proposto possuiria potência suficiente para mitigar sua variabilidade. Assim, definiu-se a capacidade de sobrecarga como pré-requisito para que o sistema de armazenamento possa prover o benefício adicional de compensação da variabilidade instantânea da fonte solar. Do ponto de vista técnico, embora essa sobrecarga seja possível, os fabricantes de inversores usualmente limitam a potência dos equipamentos à sua capacidade nominal para assegurar sua vida útil, o que não foi avaliado no presente estudo.

C) O sistema de armazenamento proposto poderia ser utilizado como fonte de autorrestabelecimento da área?

De modo geral, a ideia inicial da aplicação do SAE era manter em operação a carga da SE Centro 69/13,8 kV quando da perda da interligação com o sistema venezuelano, o que formaria uma ilha elétrica do sistema de Roraima. Assim, o SAE deveria alimentar a carga desta SE até o restabelecimento da interligação. Neste contexto, o SAE foi pensado para atuar como Black-start na recomposição das cargas conectadas à SE Centro, quando de interrupções no fornecimento, sendo este um pré-requisito estabelecido na definição de critérios do sistema de armazenamento. Além desse, outros requisitos mínimos pensados foram: ? Operação em regime de frequência não nominal - de modo a garantir a operação do SAE até a recuperação do sistema; ? Injeção/absorção de potência reativa - para garantir a operação do SAE no controle de tensão do sistema; ? Operação em regime de tensão não-nominal ? para evitar o desligamento deste equipamento quando de variações de tensão no sistema (originadas por qualquer que seja o distúrbio); ? Participação no controle de frequência do sistema; e ? Capacidade de suportar sobrecarga transitória - em condições de perda da interligação.

**Comentário:** Os ajustes foram realizados.

### 3.30 - AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO PARA ARMAZENAMENTO DE ENERGIA HIDRELÉTRICA UTILIZANDO DADOS EXPERIMENTAIS OBTIDOS NA PLANTA DE PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO COM ELETROLISADOR ALCALINO DE ÁGUA INSTALADO NO PARQUE TECNOLÓGICO ITAIPU

RICARDO JOSÃO FERRACIN(1); VICTOR A. RIVAROLA BALBUENA(2); MARCELO MIGUEL(3); ANGEL AMBROCIO QUISPE(4); CARINA BONAVIGO JAKUBIU(5); ISNEL UBAQUE DIAZ(6); - FPTI(1); FPTI(2); ITAIPU(3); FPTI(4); FPTI(5); FPTI(6);

O objetivo desse trabalho é avaliar o potencial de produção de hidrogênio a partir da energia vertida turbinável por regiões do Brasil, cujos dados são disponibilizados pelo Operador Nacional do Sistema, e dados de eficiência elétrica de célula de combustível e de eletrolisador alcalino, ambos instalados no Parque Tecnológico Itaipu. De acordo com esses resultados, a eficiência global obtida foi de 32,1%. Considerando-se a energia vertida turbinável por regiões do Brasil, a produção de hidrogênio estimada é da ordem de 109 Nm<sup>3</sup> por ano. Desse modo, o Brasil apresenta condições técnicas para implementar com sucesso uma Economia baseada no Hidrogênio.

Perguntas e respostas:

A) Solicita-se esclarecer o motivo de terem sido utilizados dados de EVT até 2013. Qual foi o panorama da EVT no SIN nos últimos 5 anos e como os resultados e conclusões apresentados seriam afetados?

B) Os autores estimam em 1,6 milhões de automóveis por ano a frota que poderia ser abastecida com base na EVT entre 2009 e 2013. Quais as premissas utilizadas em relação à capacidade de armazenamento, uma vez que a EVT foi bastante diferente ao longo dos anos.

C) Qual a avaliação dos autores em relação à eficiência global alcançada pela planta?

**Comentário:** Os autores fizeram os ajustes recomendados.

### 3.31 - Impactos de um Sistema de Armazenamento de Energia de 1 MW na Rede de Distribuição de 13,8 kV - Desafios Técnicos, Econômicos e Regulatórios

LEONADO HENRIQUE DE MELO LEITE(1); LUCAS DE GODOI TEIXEIRA(2); WALLACE DO COUTO BOAVENTURA(3); EDUARDO NOHME CARDOSO(3); ANDREA SARMENTO MAIA(4); FELIPE DE OLIVEIRA RAMOS(4); GUILHERME ESTEVES MENDES CAMPOS(5); DANIEL CORREA RAMOS(5); Danilo Derick S. Alves(6); Alef Vinicius Araújo Gomes Passos(4); - FITec(1); FITec(2); UFMG(3); ITEM(4); CONCERT(5); Cemig D(6);

Os sistemas de armazenamento de energia por baterias, do inglês BESS – Battery Energy Storage Systems, despontam como uma promissora tecnologia de suporte e aprimoramento a redes de distribuição. Esse equipamento pode proporcionar melhorias na eficiência operacional, a postergação de investimento em infraestrutura, a suavização

de potência da geração de fontes renováveis e a execução de serviços auxiliares, tais como, a regulação de tensão, de frequência e peak-shaving. Esse Informe Técnico tem como objetivo apresentar a metodologia utilizada para a implantação de dois sistemas BESS, baseado nas tecnologias de Chumbo-Ácido e Lítio, abrangendo as fases de planejamento, aquisição, integração e comissionamento.

Perguntas e respostas:

A) Solicita-se aos autores informarem em que fase de implantação o projeto encontra-se.

Foram realizadas as especificações técnicas dos dois sistemas BESS a serem adquiridos. O processo de licitação encontra-se em andamento na CEMIG com previsão de conclusão em outubro/19. Atualmente, estamos realizando uma série de simulações no alimentador para avaliação dos impactos do BESS.

B) Solicita-se a apresentação de maiores detalhes relativos ao dimensionamento do banco de baterias.

BESS de chumbo-carbono: Potência Nominal/ Energia Nominal: 400 kVA / 750 kWh Tecnologia Base: Chumbo Carbono Tensão de Conexão: 13.8 kV Local de Conexão: Av. Pres Antônio Carlos, 6627, Unidade Adm. II - Pampulha - Campus UFMG, Belo Horizonte ? MG, 30161-970, Brasil Capacidade de Retenção: Sistema a ser dimensionado para manter pelo menos 80% da capacidade de início de vida (BOL) em 10 anos Frequência do Sistema: 60 Hz Emissão de Ruído: <60 dB Medido nas intermediações da instalação Comunicação com o SCADA: DNP3 Profile THDI:< 5% Tempo de Resposta: Tempo de resposta máximo de 20 milissegundos para alternância de descarga a 100% da potência nominal até carga a 100% da potência nominal BESS de Lítio: Potência Nominal/ Energia Nominal: 750 kVA / 1000 kWh Tecnologia Base: Íons de Lítio Tensão de Conexão: 13.8 kV Local de Conexão: Centro de Pesquisa e Recursos Hídricos 137, R. D, 43, Belo Horizonte - MG, 31360-420, Brasil Capacidade de Retenção: Sistema a ser dimensionado para manter pelo menos 80% da capacidade de início de vida (BOL) em 10 anos Frequência do Sistema: 60 Hz Emissão de Ruído: <60 dB Medido nas intermediações da instalação Comunicação com o SCADA: DNP3 Profile THDI: < 5% Tempo de Resposta: Tempo de resposta máximo de 20 milissegundos para alternância de descarga a 100% da potência nominal até carga a 100% da potência nominal

C) Na avaliação dos autores, de que forma os dispositivos BESS instalados na rede de distribuição poderiam impactar a operação da Rede Básica? Quais seriam os efeitos positivos e negativos esperados?

Os sistemas BESS serão instalados na Rede de Distribuição - 13.8 KV, para funções de suprimento de energia em condições de contingência, peak-shaving, controle de intermitência de fontes de geração solar fotovoltaica e regulação de tensão. Esses resultados poderão servir com o referencial para aplicações do BESS na rede Básica. Uma das funções potenciais seria o suporte ao controle de frequência.

**Comentário:** Os autores fizeram os ajustes recomendados.

### 3.32 - Avaliação do Comportamento Dinâmico do Sistema Elétrico Isolado de Roraima com Penetração de Fontes Renováveis Considerando Dispositivos de Armazenamento de Energia

IGOR DE OLIVEIRA BARRETO(1); ARMANDO MARTINS LEITE DA SILVA(2); JORGE LUIZ DE ARAUJO JARDIM(3); - ONS(1);PUC-Rio(2);HPPA(3);

Este trabalho avalia o comportamento dinâmico do sistema elétrico do estado de Roraima, através de uma metodologia desenvolvida para quantificar a penetração de energia renovável intermitente em sistemas isolados. É considerada a utilização de dispositivos de armazenamento de energia (Energy Storage Devices – ESD), observando as vantagens que tais dispositivos podem acarretar nesse sistema. Nas análises, foi possível constatar que a utilização de armazenamento pode promover um aumento significativo na penetração de usinas renováveis intermitentes, como eólica e fotovoltaica.

Perguntas e respostas:

A) Na representação do ESD, como foram modeladas as limitações de corrente total do conversor eletrônico?

Neste estudo, foi utilizado um modelo típico de fonte de corrente controlando a tensão terminal e a frequência do sistema para representação do ESD. No modelo, tanto a parcela de corrente ativa quanto a parcela de corrente reativa foram limitadas em 110% da capacidade nominal, garantindo que o limite máximo de corrente total fosse de 156% da capacidade nominal dos inversores. Alguns fabricantes garantem sobrecarga nos inversores do tipo Voltage Source Inverter (VSI) de até 200% da capacidade nominal em poucos segundos. Entretanto, pode ser utilizada uma estratégia nas lógicas dos controles que priorizem a parcela ativa ou reativa, em função da utilização desses dispositivos de armazenamento de energia.

B) Como foi simulada a redução de potência na geração fotovoltaica? Por meio de uma redução em degrau ou através de rampa?

As simulações se concentraram em contingências que provocaram reduções abruptas da geração fotovoltaica, ou seja, em degrau, que podem ser decorrentes de sombra nos painéis fotovoltaicos ou de perda do transformador elevador entre a planta solar e o sistema de subtransmissão.

C) Na visão dos autores, a estrutura do ERAC da região deveria sofrer adequação na hipótese de instalação de dispositivos de armazenamento de energia?

Os ajustes do ERAC do sistema Roraima não devem ser modificados considerando apenas a instalação de dispositivos de armazenamento de energia nos montantes simulados neste estudo. O benefício da utilização desses dispositivos, atenuando os problemas de subfrequência, sensibilizando menos estágios de ERAC, e até evitando blecaute, não reduziria a eficácia deste esquema de alívio de carga. Entretanto, para a entrada em operação de qualquer novo elemento que cause impacto significativo no desempenho dinâmico desse sistema elétrico, deve haver uma reavaliação dos estudos, verificando a necessidade de adequação dos ajustes do ERAC. Portanto, considerando a substituição de todo o parque gerador pelas soluções vencedoras no leilão de geração do sistema Roraima, novas simulações devem ser feitas para ratificar a eficácia do ERAC implantado atualmente.

### 3.33 - Projeto Sinergia Hidrossolar - associação entre as Fontes Hidroelétrica e Solar e o Armazenamento de Energia

MARCO ANTONIO GALDINO(1); JOSÉ GERALDO DE MELO FURTADO(1); CLÁUDIO GUTTLER(2); JACINTO MAIA PIMENTEL(2); - CEPEL(1);Furnas(2);

Este trabalho apresenta as principais características do Projeto Sinergia Hidrossolar, que contempla a associação de sistemas fotovoltaicos 1MWp de potência nominal, dos quais 0,2 MWp estarão em painéis flutuantes no reservatório de uma usina hidrelétrica, com sistemas de armazenamento de energia baseados em duas diferentes tecnologias: 300 kW / 600 kWh em baterias de Lítio-ion e 300 kW / 1.350 kWh sob a forma de Hidrogênio. O projeto se insere no segmento de geração de energia elétrica e visa sobretudo investigar as estratégias para operação combinada e otimização energética do sistema fotovoltaico, dos sistemas de armazenamento de energia e da geração hidráulica.

Perguntas e respostas:

A)

B)

C)

**Comentário:** O IT se limita a descrever um projeto apresentado a ANEEL, sem apresentar resultados ou comparação de tecnologias.

### 3.34 - Caminhos para a inserção de sistemas de armazenamento de energia na expansão do setor elétrico brasileiro: Uma análise de potenciais benefícios e obstáculos

WENDELL WILLIAM TEIXEIRA(1); GUILHERME FERRETI RISSI(2); GABRIEL CUNHA(3); JULIANA XAVIER(3); CELSO DALLORTO(3); - CPFL Energia(1);CPFL Energia(2);PSR(3);

Cada vez mais reguladores, operadores e agentes de toda a cadeia produtiva do setor elétrico vêm se preparando para a disseminação dos sistemas de armazenamento baseados em baterias (os chamados Battery Energy Storage Systems, ou BESS). Há um grande consenso que este tipo de sistema tem um potencial muito significativo e que será um tema chave para o futuro do setor elétrico. Os dois principais fatores que contribuem para esta elevada expectativa são (i) a trajetória de queda nos preços das baterias ao longo dos últimos anos, motivada por ganhos tecnológicos incrementais e aumento na demanda para aplicações como eletrônicos portáteis e veículos elétricos (vide Asif & Singh, 2017) e (ii) a disseminação de tecnologias de geração renovável em sistemas elétricos em todo o mundo, gerando preocupações no que diz respeito à intermitência dessas fontes e à necessidade de serviços auxiliares que poderiam ser prestados pelos BESS. Embora exista um profundo consenso no setor de que os BESS terão um papel fundamental no setor elétrico do futuro, ainda existe uma grande incerteza no que diz respeito a quais modelos de negócio prevalecerão e qual a melhor forma de extrair o máximo de benefícios para o sistema. Com a profunda evolução do interesse no mercado em tecnologias de armazenamento ao longo dos últimos anos, houve uma série de inovações estruturais neste ecossistema, dando um elevado grau de dinamismo ao segmento e levando a uma ampliação da gama de possibilidades de modelos de negócio viáveis. Em particular, por exemplo, destacam-se as iniciativas regulatórias que visam acomodar as características típicas dos BESS nos mercados atacatistas de eletricidade de curto prazo, tais como nos Estados Unidos (PV magazine USA, 2018) e no Reino Unido (Smartest Energy, 2016); além de iniciativas dos policymakers para a contratação direta de determinada quantidade de BESS por meio de licitações públicas, tais como a experiência no Reino Unido (KPMG, 2016) e na Austrália (Energy Storage News, 2017). O presente artigo tem como principais objetivos: (i) apresentar uma atualização desta análise de potenciais modelos de negócio para as tecnologias de baterias, realizando um levantamento sistemático dos serviços prestados e potenciais oportunidades e elencando seus principais pontos fortes e fracos, (ii) adaptar esta análise para o Brasil, indicando como elementos regulatórios, de organização do setor, ou da própria conjuntura macroeconômica do país afetam as expectativas para a evolução do setor de BESS nacional, e (iii) discutir aperfeiçoamentos regulatórios necessários para viabilizar cada um destes diferentes caminhos, buscando que o grau de investimento na tecnologia seja eficiente dadas as necessidades do sistema e atentando para potenciais fragilidades de um desenho de mecanismo sub ótimo. Para isto, buscou-se cobrir toda a gama de possibilidades de aplicações possíveis de BESS, desde equipamentos de pequena escala atrás do medidor até serviços de armazenamento de grande escala. As experiências internacionais demonstraram que as iniciativas para investimentos em BESS podem ser tomadas por diferentes agentes (governo, investidores, consumidores, geradores ou prestadores de serviço fio); e para alcançarem diferentes objetivos ? entre eles segurança de suprimento, aumento de qualidade de serviço, arbitragem de preços para redução de tarifas, e outros. Em geral, pôde-se concluir que internacionalmente as distribuidoras tendem a investir em BESS mais por questões de suporte à rede, enquanto que investidores mais por questões de balanço entre oferta e demanda. Os investimentos de planejadores e geradores variam, podem ser mais para serviços auxiliares e balanço entre oferta e demanda. Por fim, geralmente, os consumidores investem mais em BESS com intuito de se tornarem resilientes e autônomos e para equalizarem a oferta e a demanda, que inclui a arbitragem de preços para gerenciamento de tarifas de energia. Da mesma forma que setores elétricos em todo o mundo, o Brasil está passando por uma profunda transformação. Em particular, pode-se mencionar uma penetração cada vez maior de renováveis na matriz energética, com desafios significativos para a operação. Especificamente no caso da geração distribuída renovável, o efeito de elevação de tensão se torna presente, indicador pelo qual a distribuidora é responsável por manter dentro dos padrões dispostos na regulamentação. Conseqüentemente, a aplicação de BESS em determinados locais emerge como uma potencial solução para este desafio.

Perguntas e respostas:

A)

B)

C)

**Comentário:** O autor deve ajustar as referências bibliográficas citadas no texto conforme template; Revisão na diagramação do artigo, inclusive reduzindo o número de páginas.

#### **4.0 TÓPICOS PARA DEBATE**

Os seguintes tópicos são sugeridos para debates nas sessões técnicas:

- 1) Como o armazenamento energético pode viabilizar novos negócios usando as energias renováveis?
- 2) Qual o potencial dos projetos híbridos com fontes renováveis como uma opção competitiva na expansão da matriz elétrica?
- 3) A importância do ensino voltado fontes renováveis nos novos programas educacionais de governo (níveis técnico e superior e pós-graduação).
- 4) Mudanças na matriz energética e impactos da conexão de novas fontes na qualidade da energia em redes elétricas.
- 5) A importância do conhecimento do recurso energético para desenvolver projetos mais competitivos.
- 6) A importância das previsões mais acuradas dos recursos renováveis e a estabilidade do SIN.

#### **5.0 CONSTATAÇÕES FINAIS 1**

Desafios impostos pela natureza dos recursos eólico e solar intruzem a necessidade da aplicação de técnicas como inteligência artificial e uso massivo de dados para aprimorar a operação e manutenção das unidades geradoras e do sistema.

#### **6.0 CONSTATAÇÕES FINAIS 2**

Grande expectativa no uso de soluções de armazenamento para auxiliar a inserção de renováveis e a estabilidade do sistema elétrico, com destaque nas tecnologias emergentes como hidrogênio, armazenamento térmico (CSP), além das baterias.

#### **7.0 CONSTATAÇÕES FINAIS 3**

Tradicional discussão sobre o desafio na inserção das fontes, tendo como vetor de transformação do sistema muitos projetos de P&D e em particular destaque novos arranjos de projetos renováveis híbridos.