FOTOVOLTAICA UFSC:
Grupo de Pesquisa Estratégica em Energia Solar da Universidade Federal de Santa Catarina
www.fotovoltaica.ufsc.br

Coordenador
Prof. Ricardo Rüther

[P&D ENGIE/UFSC – Relatório de Operação da Bateria do Foco II – 200 kWh/100 kW]

MAIO / 2022

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....2
1. Introdução.....3
2. Sistema de aquisição de dados.....3
3. Protocolo de testes utilizado.....6
4. Acompanhamento de aquisição de dados 8

1. INTRODUÇÃO

O Projeto de P&D ENGIE/UFSC, da chamada estratégica P&D 021/2016 da ANEEL tem como um de seus objetivos aplicações em geração distribuída de porte comercial. No escopo, foi instalado um Sistema de Armazenamento de Energia (SAE) de 200 kWh/200 kW, no Laboratório Fotovoltaica/UFSC, no Sapiens Parque, em Florianópolis-SC, com o objetivo de avaliar o comportamento do sistema na referida UC. Este documento apresenta o relatório de operação deste sistema, com a descrição do funcionamento do sistema de aquisição de dados utilizado, bem como os testes realizados.

2. SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS

Para as análises dos testes realizados são monitoradas grandezas do SAE e de todos os sistemas auxiliares do mesmo. As grandezas são medidas através de multimedidores de grandezas elétricas instalados no QDCA do SAE (FIGURA 1), além das medições realizadas internamente pelos equipamentos (como PCS e BMS). Além das medições elétricas, são analisados dados de sensores de temperatura e umidade instalados no interior da sala de baterias do container. Os dados são concentrados pelo Energy Management System (EMS) e armazenados por um *datalogger* (FIGURA 2) e registrados em banco de dados SQL, com a resolução temporal de 1 min. Os dados armazenados são analisados e monitorados através do sistema supervisório do laboratório (Grafana - FIGURA 3). A programação dos testes a serem realizados é feita através da Interface Homem-Máquina (IHM) do sistema (FIGURA 4), que também permite a visualização de todos as medições de grandezas elétricas e ambientais do SAE, bem como a verificação e resolução de alarmes. A IHM também pode ser acessada remotamente, como mostrado na FIGURA 5, e permite a realização do agendamento de funções FIGURA 6.



FIGURA 1 – MULTIMEDIDORES DE GRANDEZAS ELÉTRICAS.



FIGURA 2 – DATALOGGER CONCENTRADOR DE DADOS DO SAE.

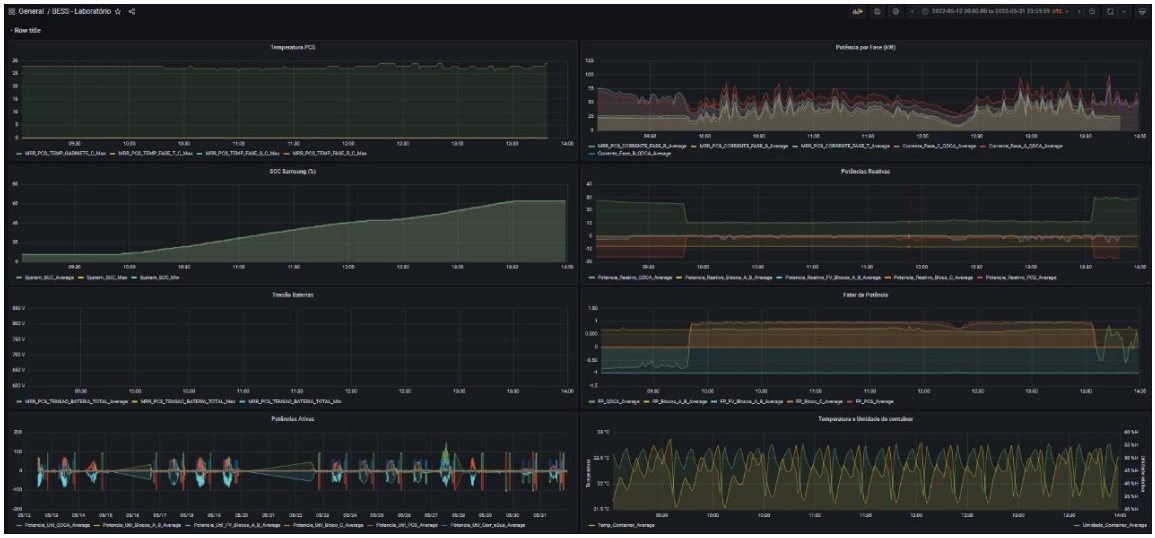


FIGURA 3 – VISÃO GERAL DA PLATAFORMA GRAFANA, UTILIZADA PARA VISUALIZAR E ANALISAR OS DADOS COLETADOS.

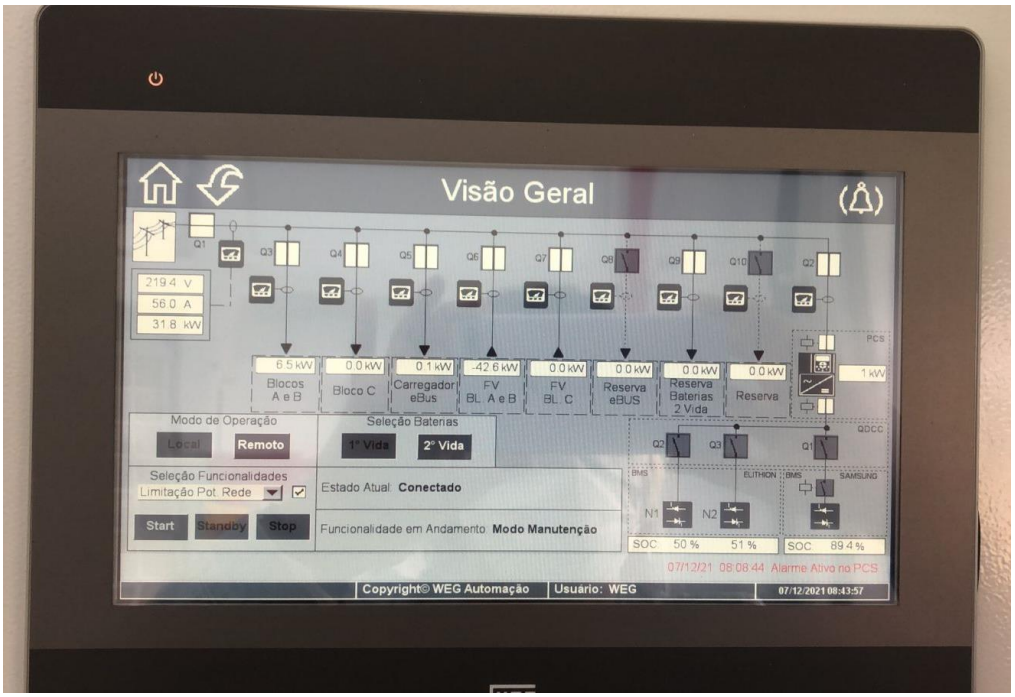


FIGURA 4 – TELA DA IHM DO SAE.

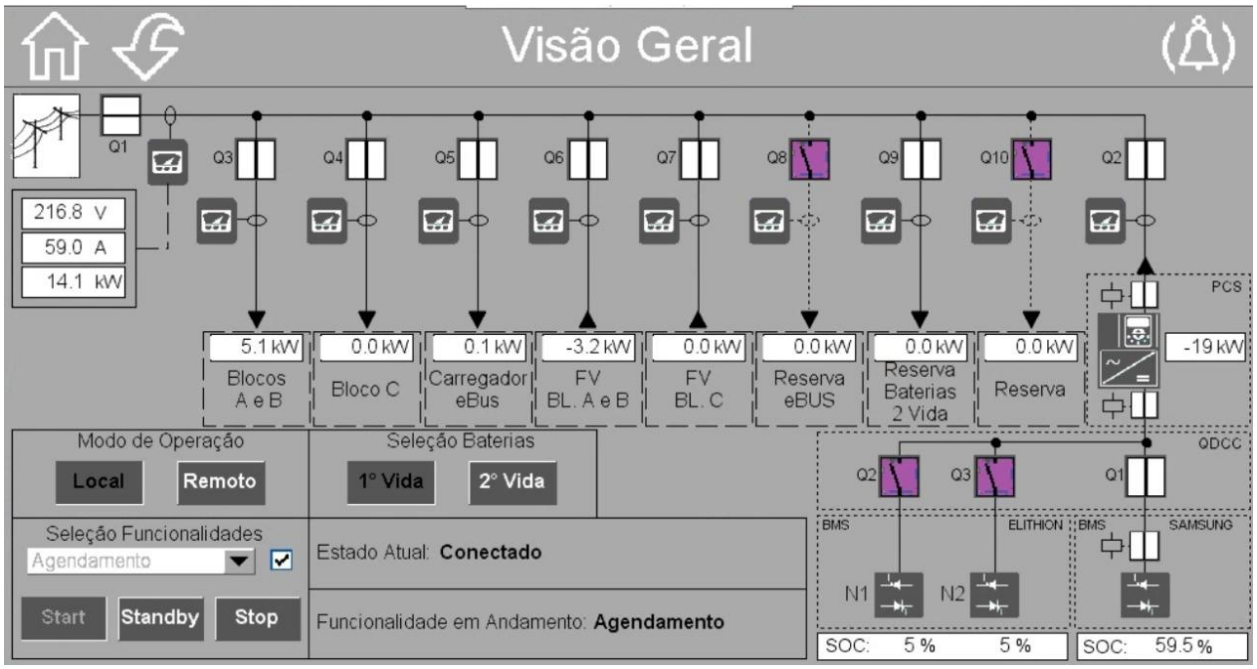


FIGURA 5 – VISÃO GERAL DO SAE OBTIDA ATRAVÉS DO ACESSO REMOTO À IHM DO SISTEMA.



FIGURA 6 – TELA DA IHM QUE PERMITE O AGENDAMENTO DE FUNCIONALIDADES DO SAE.

3. PROTOCOLO DE TESTES UTILIZADO

Os testes visam a validação do correto funcionamento dos sistemas de armazenamento, incluindo todos os componentes que o compõe, a segurança da operação dos mesmos e a análise cientifica de viabilidade técnico-econômica das funcionalidades deles. O protocolo de testes do SAE do Foco II é apresentado na **TABELA 1.**

Tabela 1 - Testes realizados com o SAE.

Teste	Objetivo	Descrição Detalhada
Teste de capacidade	Analisar a capacidade de carga e descarga de energia da bateria desde o seu comissionamento até o fim de sua vida.	Bateria é carregada até 90% e é descarregada até o mínimo de carga permitido. Durante os testes, são analisadas grandezas elétricas como potência ativa e reativa, corrente e tensão para avaliação da eficiência da bateria.
Tempo de Resposta do Sistema	Analisar o tempo de resposta do sistema a mudanças de condições abruptas, como geração fotovoltaica e consumo do prédio.	O sistema é configurado no modo economia de energia e é exposto a diferentes condições extremas como desligamento dos sistemas fotovoltaicos, ligamento dos sistemas fotovoltaicos em momento de alta geração e ligamento e desligamento de cargas relevantes da edificação. A cada evento, é observado o tempo de resposta do inversor

		para reagir aos mesmos e manter a função funcionando.
Tempo de Resposta do Agendamento	Analisar o tempo necessário para o sistema implementar um agendamento.	Um roteiro (conjunto de agendamentos) será implementado e será analisado o tempo necessário para que o sistema troque entre diversos tipos de agendamentos. Também será observado o comportamento do sistema durante a troca de agendamentos.
Tempo de Resposta do roteiro	Analisar o tempo necessário para o sistema implementar um roteiro (conjunto de agendamentos).	Diversos roteiros (conjuntos de agendamentos) serão implementados e será analisado o tempo necessário para que o sistema implemente e alterne entre os diferentes roteiros. Também será observado o comportamento do sistema durante a troca de roteiros.
Tempo de Ilhamento do Sistema	Verificar o tempo que o sistema demora para realimentar as cargas após o ilhamento.	O ilhamento é realizado de três maneiras: virtualmente (balanço energético com a rede é nulo, nenhuma energia é consumida ou injetada na rede elétrica), fisicamente de maneira programada (desconexão física com a rede programada pelo sistema) e fisicamente simulando uma queda da rede (desconexão física com o desligamento do disjuntor da rede). Após o ilhamento físico, a alimentação das cargas cessará e será observado o tempo requerido até que as cargas sejam realimentadas.
Tempo de Conexão à Rede do Sistema Ilhado	Após a operação em modo ilhado, verificar o tempo de realimentação das cargas após conexão com a rede elétrica	Após o ilhamento o sistema é reconectado à rede de três maneiras: virtualmente (balanço energético com a rede elétrica é diferente de zero), fisicamente de maneira programada (reconexão física com a rede programada pelo sistema) e fisicamente simulando o reestabelecimento da rede (reconexão física com o religamento do disjuntor da rede). Após o religamento físico, a alimentação das cargas cessará e será observado o tempo requerido até que as cargas sejam realimentadas.
Alternância entre Cargas Prioritárias	Verificar o correto funcionamento da alternância entre as cargas prioritárias de acordo com ordem pré-definida.	Com o sistema ilhado, a bateria suprirá todas as cargas do prédio até o completo descarregamento do sistema. À medida que a carga da bateria diminui, as cargas não-prioritárias devem ser desligadas, de acordo com ordem pré-estipulada.
Balanceamento do Sistema	Analisar o tempo necessário para equalizar (balancear) a tensão entre as células após o alarme de desequilíbrio de tensão entre células ser acionado.	Quando o alarme de desequilíbrio de tensão entre células for acionado, o tempo necessário para equalização da tensão entre as células será observado.

Teste de cada funcionalidade individualmente	Verificar se as funcionalidades especificadas estão implementadas da maneira correta e se funcionam adequadamente.	Cada funcionalidade (Set Point fixo, máximo e mínimo na rede e na bateria) será testada individualmente por uma semana.
Teste de roteiro de agendamentos com várias funcionalidades no mesmo dia	Verificar se o sistema irá fazer a troca adequada entre as funcionalidades agendadas.	O roteiro (conjunto de agendamentos) será comumente composto por várias funcionalidades sequenciais ao longo do dia. Assim, com este teste espera-se avaliar se o sistema fará as trocas entre os agendamentos de maneira adequada sem perturbações.
Integração com fontes intermitentes (Economia de energia)	Avaliar o desempenho do sistema de armazenamento em integração com fontes de energias intermitentes	Considerando a variabilidade das fontes renováveis de energia (solar), o sistema de armazenamento irá operar de forma a armazenar os excedentes produzidos por essas fontes injetar esta energia em momentos sem geração fotovoltaica.
Redução da demanda contratada	Avaliar o desempenho do sistema de armazenamento na utilização do mesmo para a redução da demanda contratada pela UC	Considerando os picos de consumo e geração de energia da UC, como o momento de maior uso de ar-condicionado e os momentos em que o ônibus elétrico é carregado, o sistema de armazenamento será agendado de modo a armazenar toda a energia renovável gerada acima de uma acima potência e suprir demandas de consumo acima de uma certa potência, possibilitando a redução da demanda contratada da UC.
Modo Backup / Ilhamento	Avaliar o desempenho do sistema de armazenamento em modo ilhado	O sistema será colocado em modo ilhado e serão avaliadas as características elétricas da rede formada, avaliando assim a qualidade em comparação aos parâmetros apresentados no PRODIST - Módulo 8
Operação Otimizada (Arbitragem Tarifária)	Avaliar o desempenho do sistema de armazenamento utilizando algoritmo de controle otimizado.	Será criada um roteiro (conjunto de agendamentos) de maneira a otimizar a operação do sistema, baseado em estudos de otimização técnico-econômica.

4. ACOMPANHAMENTO DE AQUISIÇÃO DE DADOS

Com a finalização parcial do comissionamento do SAE em 01/11/2021, em 02/11/2021, e a etapa de aquisição de dados e monitoramento da operação do sistema foi efetivamente iniciada. A **TABELA 2** apresenta os testes realizados no período de 02/11/2021 até o final do período deste relatório. O cronograma de testes foi adaptado em relação ao planejado, para se adequar à possíveis manutenções (como em 22/11/2021) e à substituição do PCS, realizada durante o mês de abril.

Foram realizadas “Testes de Caracterização e Controle” periódicos, que incluíram diversas medições de caracterização do sistema, de maneira a comparar os conjuntos de baterias de primeira e

segunda vida entre si e acompanhar o desgaste das baterias com o decorrer de sua vida útil. Entre 9 e 15 de novembro, os testes foram interrompidos por aparente aquecimento do indutor do transformador. A WEG realizou verificações em campo do equipamento e permitiu que testes continuassem.

Tabela 2 - Cronograma realizado de testes, operação e monitoramento do sistema de armazenamento do Foco II.

Instalação e Comissionamento WEG	2 meses	23/07/2021	01/11/2021
Testes de Caracterização e Controle	2 dias	02/11/2021	03/11/2021
Funcionalidade 1 - Economia de energia	5 dias	04/11/2021	08/11/2021
Paralização de testes – Sobreaquecimento do PCS	1 semana	09/11/2021	15/11/2021
Funcionalidade 1 - Economia de energia	2 dias	16/11/2021	17/11/2021
Testes de Caracterização e Controle	3 dias	18/11/2021	21/11/2021
Paralização de testes – Testes realizados pela WEG	3 dias	22/11/2021	24/11/2021
Funcionalidade 2 – Limitação de potência da bateria	1 semana	25/11/2021	02/12/2021
Testes de Caracterização e Controle	2 semanas	03/12/2021	13/12/2021
Agendamento 1 - Limitação da Demanda Contratada **Estabelecer valor máximo para potência da rede e a bateria supre o resto**	1 mês	14/12/2021	10/01/2021
Testes de Caracterização e Controle	1 semana	11/01/2022	16/01/2022
Operação Otimizada	1 mês	17/01/2022	18/02/2022
Testes de Caracterização e Controle	1 semana	21/02/2022	25/02/2022
Operação Otimizada	1 mês	26/02/2022	20/03/2022
Testes de Caracterização e Controle	3 dias	21/03/2022	22/03/2022
Operação Otimizada (com eBus)	1 mês	23/03/2022	30/03/2022
Paralização de testes – Substituição do PCS	1 mês	31/03/2022	14/04/2022
Operação Otimizada (com eBus e regulação do FP)	1 mês	15/04/2022	30/04/2022