SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 10kWp CONECTADO À REDE COM ARMAZENAMENTO DE ENERGIA EM CURITIBA

Adriana Schilive de Souza – adriana@neis.com.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, PPGSE
Juliana D'Angela Mariano – julianadangela@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, PPGEC
Jair Urbanetz Junior – urbanetz@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, PPGSE

Resumo. *Os sistemas fotovoltaicos (FV) estão cada vez mais presentes nos centros urbanos, no entanto a maioria dos consumidores residenciais e comerciais apresenta seu pico de demanda à noite, quando não há geração fotovoltaica, necessitando da rede elétrica para atender à demanda dessas instalações. O pico de demanda leva ao aumento de custos para esses consumidores e acaba prejudicando a qualidade da energia da rede. Uma solução possível para esses problemas listados é aplicando sistemas de armazenamento. Este artigo descreve as etapas de construção de um sistema fotovoltaico conectado à rede com armazenamento de energia no Campus Neoville da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), que está sendo utilizado para estudar estratégias de gerenciamento de energia usando um banco de baterias. O sistema consiste em 32 unidades de módulos policristalinos de silício de 335Wp e 80 unidades de baterias estacionárias de 60Ah. Neste artigo, serão apresentadas as principais etapas da implantação do projeto piloto, alguns detalhes de sua operação. No início do projeto, foi feita uma análise prévia dos equipamentos e do local, que determinou os critérios de instalação, melhor ângulo de inclinação e posicionamento dos módulos FV visando obter condições ótimas de produção de eletricidade. Através dos dados de irradiação do plano inclinado foi calculado a previsão de geração mensal e anual do sistema, e com esse projeto piloto espera-se demonstrar a importância da aplicação de sistemas de armazenamento com geração fotovoltaica, possibilitando seu maior conhecimento, visando ampliar a aplicação dessa energia.*

Palavras-chave: *Armazenamento de Energia, Sistemas Fotovoltaicos, Projeto-Piloto.*

1. INTRODUÇÃO

As tecnologias de armazenamento de energia são consideradas elementos-chave para um futuro sustentável no fornecimento de energia por meio da geração distribuída (Munzke *et al*., 2017). Nos sistemas fotovoltaicos em que a geração intermitente é considerável, o armazenamento de energia confere aos usuários maior flexibilidade para maximizar os benefícios e ajudar a atenuar os problemas de rede causados pelo aumento da geração intermitente (Wang *et al*., 2018).

Del Pero *et al*., (2018) afirmam que a energia pode ser armazenada e restabelecida posteriormente, em local diferente e em diferentes níveis de temperatura, para preencher a lacuna entre a oferta e a demanda de energia. Isto é possível com base nas leis termodinâmicas das transformações de energia entre diferentes formas de energia. Neste sentido, há 5 técnicas para armazenar a energia: mecânica, eletroquímica, química e térmica, conforme mostrado na Figura 1.

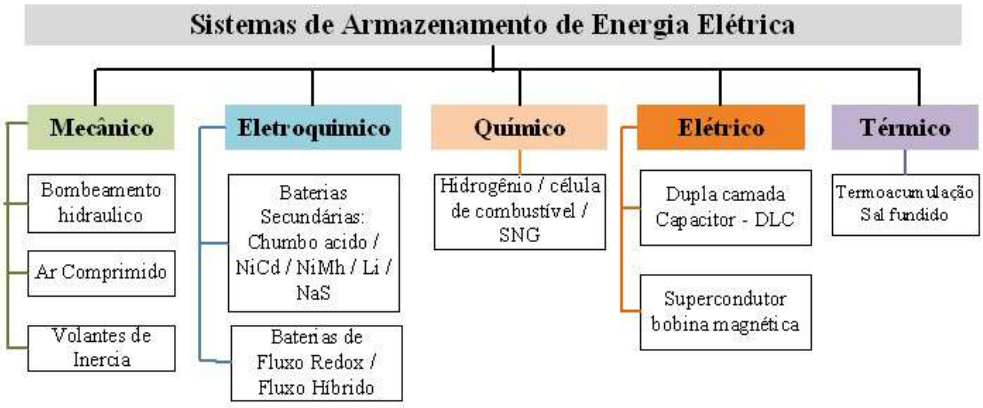


Figura 1 – Classificação das topologias de armazenamento.

Fonte: Adaptado de IEC (2019).

Diversas são as aplicações, ou seja, modos de operação quanto as tecnologias comercialmente disponíveis, e suas capacidades podem ser bastante variáveis quanto à resposta de carregamento ou descarregamento, o que interfere no porte do sistema. Na Tabela 1 são mostradas essa relação de aplicações diretas das tecnologias de armazenamento com relação ao tempo de descarga, potência nominal, densidade de energia, eficiência, vida útil e duração da carga/descarga.

Tecnologias	Potência	Densidade		Rendimento	Vida útil		Duração		Auto- Descarga
	MW	Wh/kg	W/kg	%	Anos	Ciclos	Carga	Descarga	% Dia
Armazenamento de Ar comprimido	10-100	2-6	1.5-3	40-75	20-40	>1300	2-24h	m-h	0
Aproveitamento Hídrico Reversível	100-1000	0.5-1.5	0.1-0.4	75-85	40-60	>1300	4-12h	h	0
Volante de Inercia	000.1-1	5-130	500-5000	90-95	15-20	10^5-10^7	s-min	<15min	20-100
Supercondensador	000.1-10	0.05-30	500-5000	85-98	>20	>5x10^5	ms-h	s-min	2-40
Supercondutor magnético	0.1-10	2-5	1000-5000	95-98	>20	>1000000	ms-8s	m-h	10-15
Células de combustíveis	0.01-1000	600	0.2-20	20-50	5-15	>1000	min-sem	h	0
Baterias de chumbo ácido	<70	30-50	75-300	70-90	3-15	500-2000	s-3h	8h-16h	0.1-0.3
Baterias de Niquel-Cadámio	<40	45-80	150-300	60-75	10-20	1000-2500	s-h	1h	0.2-0.6
Baterias de hidretos metálicos de Niquel	10^{-4}-0.2	60-120	70-756	60-75	5-15	200-1500	s-h	2h-4h	0.4-1.2
Baterias de íons de Lítio	0.1-5	75-250	230-340	85-98	5-20	1000-10^4	min-5h	min-h	0.1-0.3
Baterias de Sódio-Enxofre	0.05-50	150-244	90-230	75-90	10-20	2000-5000	5h-8h	9h	20

Tabela 1 – Principais características das tecnologias de armazenamento de energia.
Fonte: Lopes (2015).

Conforme ressaltado na Tabela 1, nota-se que as baterias de chumbo-ácido apresentam uma capacidade de armazenamento menor que as baterias de íons de lítio, densidade maior e vida útil reduzida, porém as baterias de chumbo-ácido ainda são bastante utilizadas devido às vantagens sobre as outras tecnologias, quanto ao seu baixo custo e nível de maturidade aprimorada, sendo mais facilmente encontradas comercialmente (Suberu et al., 2014) (Opiyo, 2016).

Akhil *et al*. (2013) descrevem alguns modos de operação possíveis para as funcionalidades de armazenamento de energia e seus usos simultâneos como: serviços auxiliares, serviços de transmissão, serviços de distribuição, arbitragem e gerenciamento de energia do consumidor. No que se referre à integração do armazenamento de energia com energias renováveis, é possível aplicar estas duas últimas categorias mencionadas, contemplando os seguintes modos de operação: deslocamento de carga (*time-shifting*), redução de pico de demanda (*peak-shaving*), *backup* de energia, gestão da demanda e consumo e gerenciamento de qualidade e confiabilidade. Com estes modos de operações, o sistema FV estará apto a descarregar sua energia através do armazenamento de energia durante um período, como por exemplo, no horário de ponta, em horários em que a tarifa é mais cara.

Estes modos de operação exigem a aplicação de tecnologias de armazenamento químico e mecânico, no entanto o armazenamento ativo por meio de volantes de inércia e supercapacitores (mecânicos), tem uma penetração de energia muito limitada para esses serviços e a tecnologia eletroquímica é a mais adequada. Segundo Del Pero *et al*., (2018), existem vários parâmetros que devem ser considerados dependendo da aplicação, a saber: potência, energia, profundidade da descarga, custo, segurança, condições garantidas pelo fabricante, temperatura ambiente, manutenção, como bem como a disponibilidade de espaço necessário para a instalação no edifício. Para esse tipo de aplicação, há uma variedade de tecnologias disponíveis no mercado, com parâmetros técnicos e capacidade nos seguintes tipos:

- Baterias de chumbo-ácido: estes são os dispositivos eletroquímicos recarregáveis mais antigos e mais usados, onde eletrodos de chumbo e óxido de chumbo são usados em um eletrólito contendo cerca de 37% de ácido sulfúrico (Akbari *et al*., 2018).
- Baterias de fluxo: são baterias em que a energia é armazenada diretamente na solução de eletrólitos para ciclos de vida estendidos e tempos de resposta rápidos (Akbari *et al*., 2018).
- As baterias de íon de lítio consistem em uma célula contendo dois materiais reativos capazes de sofrer uma reação química de transferência de elétrons (Akhil *et al*., 2013).

Dentro deste contexto, o objetivo do trabalho é descrever a as principais fases do projeto piloto de um sistema fotovoltaico de 10,8kWp conectado à rede com armazenamento de energia na cidade de Curitiba. O projeto em

desenvolvimento visa também analisar as estratégias de gerenciamento de energia, utilizando sistema de armazenamento de energia.

2. PLANTA PILOTO

Visando o melhor aproveitamento da energia gerada pelo sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFVCR's) da UTFPR, o Laboratório de Energia Solar (LABENS) aprovou um projeto de pesquisa e desenvolvimento (P&D) junto à Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL) ("PD 2866-0464/2017 - Metodologia para Análise, Monitoramento e Gerenciamento da GD por Fontes Incentivadas".), com diversos objetivos, dentre eles efetuar o gerenciamento da energia através da aplicação de baterias junto a geração FV.

Para atingir tal objetivo, foi elaborado o projeto piloto contemplando um SFVCR, com potência instalada total de 10,8 kWp, instalado nas condições ótimas de operação, ou seja, painel FV instalado com inclinação da latitude do local e orientados ao norte geográfico, porém instalado no solo, com inversor bidirecional e baterias na sede Neoville da UTFPR. O sistema proposto foi inaugurado em dezembro de 2019 e tem como objetivo demonstrar diversas operações, como por exemplo, reduzir as flutuações na geração fotovoltaica, *peak-shaving; backup de energia*; deslocamento de carga (*load-shifting*); operar de modo ilhado e independente da rede elétrica; regulação dos níveis de tensão; regulação de frequência e controle reativo de alimentadores.

A escolha do inversor bidirecional foi fundamentada na extensiva revisão do estado da arte de sistemas de armazenamento em edifícios FV, buscando equipamentos que pudessem atender o controle dessas redes inteligentes (*smart grids*) no contexto dos edifícios inteligentes (*smart buldings*). Esse sistema necessita de diversos equipamentos como: inversor, controlador de carga, sistema de gerenciamento de banco de baterias, podendo ser um equipamento totalmente integrado. A fim de atender estas especificações e os modos de operação citados, foi realizado um levantamento em vários fornecedores de equipamentos na Intersolar da Europa e do Brasil em 2018, onde verificou-se a presença de bastante opções disponíveis para aplicação.

Durante a fase de especificação do equipamento, houve uma grande oferta de inversores bidirecionais já disponíveis para comercialização no mercado brasileiro, presente nestas feiras. Então, foram estabelecidos contatos com 12 empresas fornecedoras de inversores bidirecionais, onde foram levantados dados como: modos de operação; tipo de tecnologia compatível; potência e tensão do equipamento; disponibilidade de venda no território brasileiro; tipos de aplicações (residenciais, comerciais e industriais); sistema de monitoramento; homologações e custos.

Os fornecedores de inversores contatados na Intersolar South America foram: Elgin; Weg; NHS; Ingeteam; ABB; Outback; Fronius; Growatt; SMA; Huawei; Sungrow e GoodWe. Dentre estes fornecedores apenas a NHS, Ingeteam; ABB; Outback e Growatt apresentaram equipamentos com a potência requerida para o projeto piloto e inversor integrado ao controlador de carga e sistema de monitoramento.

Estudando a folha de dados (*datasheets*) de cada fornecedor, identificou-se a existência de diversas vantagens na aplicação destes equipamentos, como por exemplo, o monitoramento e controle da planta através da aplicação do sistema de controle de supervisão e aquisição de dados (*Supervisory Control and Data Acquisition* - SCADA), ou outros equipamentos de diferentes protocolos de aplicação. Além disso, há limitação de operar com apenas um ou dois tipos específicos de tecnologia de bateria, dependendo do modelo do equipamento.

Devido à parceria estabelecida entre UTFPR para o desenvolvimento de tecnologia de equipamento que atenda a este P&D, a NHS foi a empresa escolhida a participar deste projeto piloto. Além do mais, existe maior acessibilidade quanto as fases de desenvolvimento do inversor, havendo grande interação entre fornecedor e instituição executora do projeto, com relação à acesso a dados, protocolo de comunicação e atualização das funcionalidades exigidas. Na Figura 2 são mostrados o inversor especificado e seus dados técnicos.

DADOS	
Parâmetros CC	
Potência Máxima CC	5400 W
Tensão Máxima CC	430 Vcc
Faixa de tensão MPPT	220- 400 Vcc
Corrente Máxima CC	25 A
Tensão de rede nominal	220 Vac
Corrente máxima CA	25 A
Frequência da rede	60 Hz
Potencial Nominal CA	5 kVA
Tensão das baterias	192 Vcc
Tensão de Operação das Baterias	168 - 232 V
Máxima corrente de carga e descarga	25 A Vcc
Tipo de bateria compatíveis	Chumbo Ácido – Íons de Lítio
Eficiência	-
Topologia	Não isolado
Temperatura de Operação	0 - 50 °C
Faixa do Fator de Potência	Padrão>0,99; 0,8 cap; 0,8 ind
Peso	22 Kg
Índice de Proteção	IP65

Figura 2 – Inversor da NHS e seus dados técnicos
Fonte: Dados fornecidos pela NHS.

Para atender as especificações desse projeto, o sistema foi composto por um gerador FV de 10,8 kWp, 2 inversores monofásicos bidirecionais de 5 kW, e o sistema de armazenamento composto por 80 elementos de baterias do tipo

chumbo ácido estacionárias modelo DF1000 do fabricante Heliar Freedom 60Ah-12V, totalizando 57,60 kWh em capacidade de armazenamento de energia, sendo sua configuração composta por 4 racks, sendo 2 racks conectados em paralelo ao inversor bidirecional, com 20 baterias em cada rack conectadas em série. Em vista disso, sua autonomia de fornecimento de energia é variável e será testada com o estudo proposto, a fim de operar nos horários coincidentes ao atendimento do horário de ponta. Quanto a profundidade de descarga no banco de baterias será considerado e analisado a menor taxa, a fim de prolongar sua vida útil, de acordo com folha de dados da bateria, já que estudos sobre envelhecimento deste tipo de tecnologia feitos por Krieger *et al*., (2013), confirmam que a profundidade de descarga máxima pode ser de até 50%. Além do mais, é possível prolongar sua vida útil, evitando condições críticas de operação, como sobrecarga e descarga profunda (Duryea *et al*., 1999).

Na Figura 3 é representado um esquema simplificado de conexões do inversor, composto por: painel FV, banco de baterias e suas respectivas interligações com rede elétrica e consumidor contemplado com o SFVCR-B.

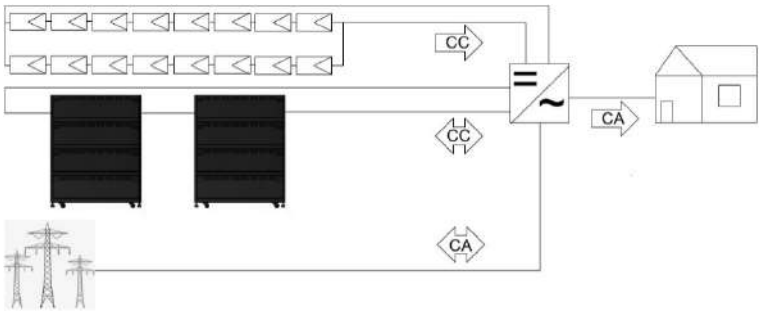


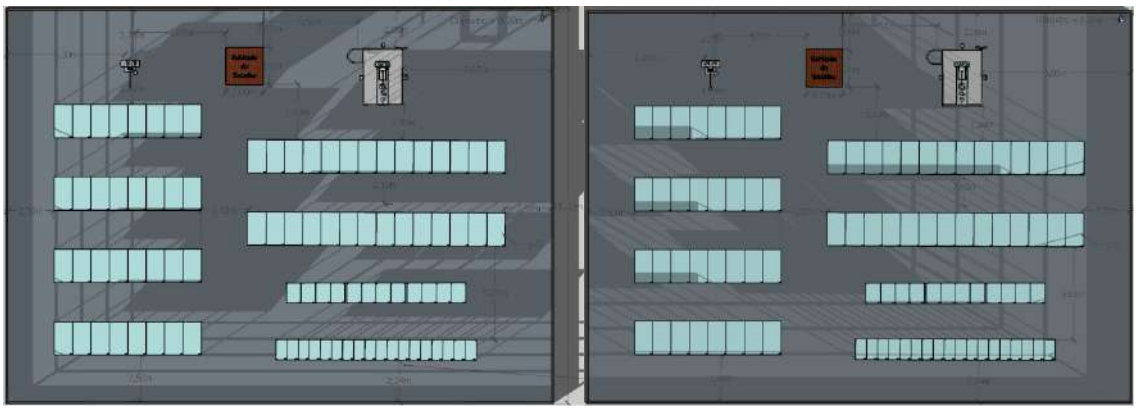
Figura 3 - Conexões do inversor.

Com a implementação desse projeto, espera-se analisar os modos de operações mais adequados para o uso na UTFPR com implementação dos sistemas de armazenamento junto a geração FV, possibilitando o maior aproveitamento dessa energia. Assim com a elaboração de cenário de interação entre geração, demanda e carregamento de bateria pretende-se aumentar a autonomia de consumidores comerciais, testando quais são as melhores estratégias de gerenciamento para o caso analisado, com a operação flexibilizada entre consumidor e rede elétrica.

3. ETAPAS DE IMPLANTAÇÃO

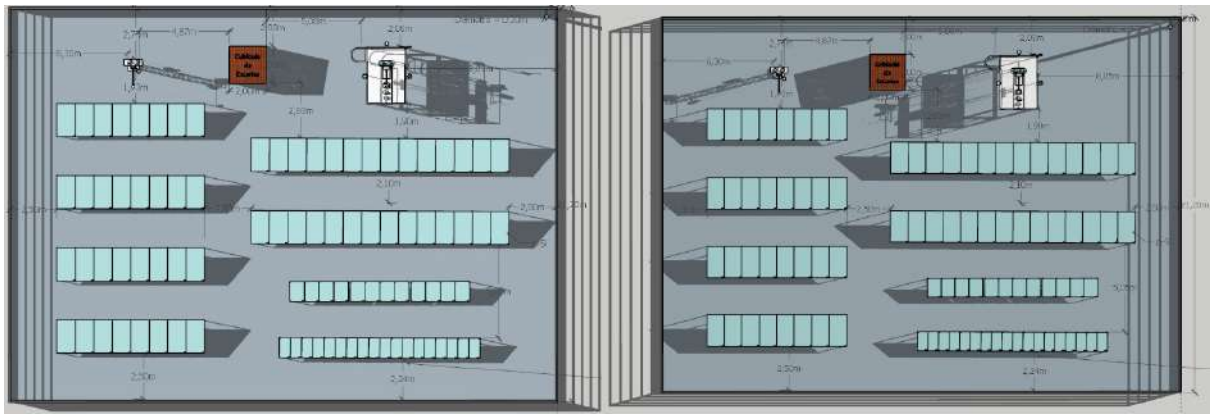
Nas etapas de implantação do projeto-piloto, foram desenvolvidas várias estudos de sombreamento, produtividade e integração do sistema de armazenamento visando atender uma parcela da demanda da universidade.

As análises de sombreamento foram feitas a partir da localização geográfica do local estudado, por meio da variação de diferentes inclinações dos módulos FV, resultando na inclinação nas condições ótimas de operação, que neste caso é de 25,5º igual a latitude do local e com desvio azimutal de 0º para o Norte. Com auxílio do software SketchUp foram verificados os piores e melhores cenários, em diferentes estações como no inverno (a, b) e no verão (c, d), e estes resultados são representados pelas figuras 4 e 5.



A B

Figura 4 – Análise de sombreamento no período do inverno (a) 21/06 – 8:00 e (b) 21/06 17:00.



c D

Figura 5 – Análise de sombreamento no período do verão (c) 21/12 – 8:00 e (d) 21/12 17:00.

Conforme mostrado nas figuras 4 e 5, nota-se os módulos posicionados à 25º foi o que resultou na inclinação mais adequada para os cenários estudados. Após concluída essa etapa, iniciou-se a preparação da área de instalação do projeto piloto, com a demarcação de uma área de aproximadamente 636m² com dimensões de 30m de largura por 21,20m de comprimento. Em seguida, foi efetuado a nivelação da área, com supressão da vegetação da camada superficial de 5cm, demarcação das distâncias das sapatas e preparação das caixas para concretagem. Posteriormente, as sapatas foram construídas com fundação enterrada no solo e altura variando de 0,20m a 0,50m acima do nível da superfície acompanhando o nível do solo. A etapa de preparação das sapatas é mostrada na figura 6a. A etapa seguinte contemplou a instalação dos suportes de aço galvanizado e a colocação de uma camada de brita nº 2 de 5cm sobre o solo, para evitar a proliferação de vegetação rasteira. Na figura 6b é mostrado a instalação das estruturas metálicas para posterior instalação dos módulos FV, mostrados na Figura 7a e Figura 7b.

a B

Figura 6 – Preparação das sapatas para instalação da estrutura metálica (a) e estruturas metálicas.

a B

Figura 7 – Etapas de instalação dos módulos FV (a) e (b).

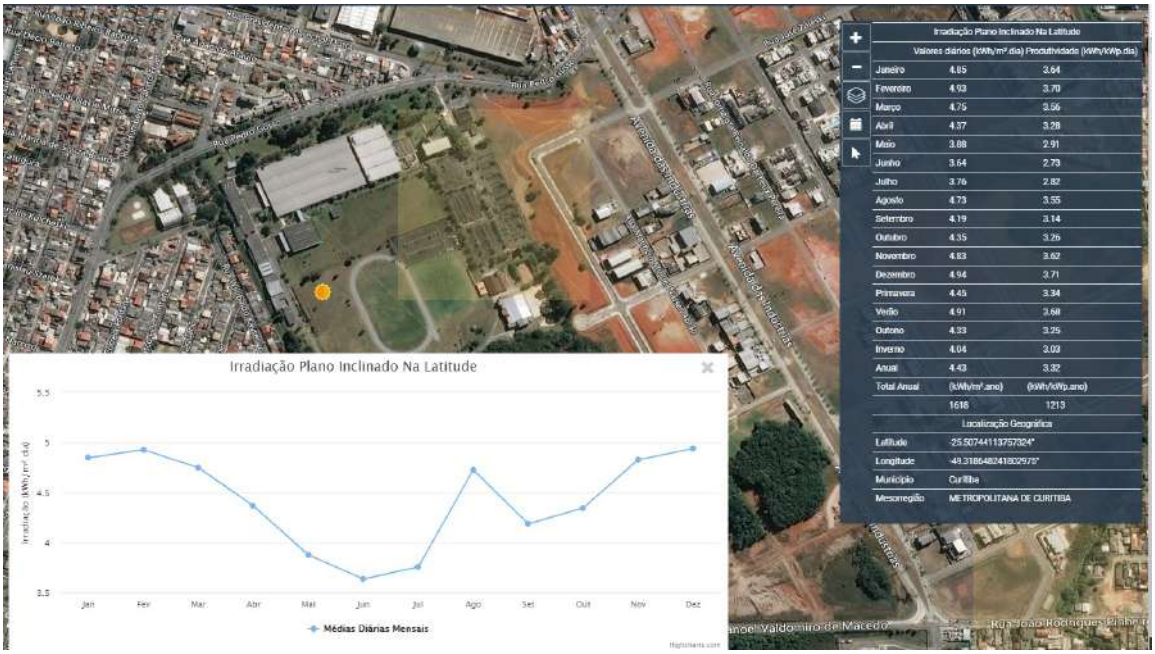
A última etapa compreendeu a instalação do banco de baterias e inversores bidirecionais no abrigo em alvenaria com dimensões 2,00x2,00x2,20mts (comprimento x largura x altura), mostradas na Figura 8.

Figura 8 – SFVCR-B e inversores bidirecionais na sede Neoville da UTFPR

No presente momento, o sistema se encontra em fase de operação, porém as estratégias de gerenciamento de energia utilizando o sistema de armazenamento se encontram em fase de desenvolvimento.

4. RESULTADOS ESPERADOS

O cálculo da geração de energia mensal e anual estimada foi efetuada utilizando dados de irradiação global horizontal provenientes da base de dados do Atlas Paranaense de Energia Solar (Tiepolo *et al*, 2017). Na Figura 9 são mostrados os dados utilizados para esta estimativa e a visão área do local de instalação.



Irradiação Plano Inclinado Na Latitude		
Valores diários (kWh/m² dia)	Produtividade (kWh/kWp.dia)	
Janeiro	4.85	3.64
Fevereiro	4.93	3.70
Março	4.75	3.56
Abril	4.37	3.28
Maio	3.88	2.91
Junho	3.64	2.73
Julho	3.76	2.82
Agosto	4.73	3.55
Setembro	4.19	3.14
Outubro	4.35	3.26
Novembro	4.83	3.62
Dezembro	4.94	3.71
Primavera	4.45	3.34
Verão	4.91	3.68
Outono	4.33	3.25
Inverno	4.04	3.03
Anual	4.43	3.32
Total Anual	(kWh/m².ano)	(kWh/kWp.ano)
	1616	1213
Localização Geográfica		
Latitude	-25.50744113757324°	
Longitude	-49.31864824180297°	
Município	Curitiba	
Mesorregião	METROPOLITANA DE CURITIBA	

Figura 9 – Dados de irradiação solar do local de estudo.
Fonte: Tiepolo *et al*., (2017).

Obtidos os valores de irradiação diários médios mensais no plano do painel fotovoltaico, estima-se a geração diária média de energia elétrica através da Eq. (1) (Pinho e Galdino, 2014).

$$E = \frac{P_{FV} \times H_{TOT} \times PR}{G} \quad \text{.....(1)}$$

Onde: E: energia elétrica diária média (Wh/dia); P_{FV}: potência fotovoltaica de pico instalada (Wp); H_{TOT}: irradiação solar diária média mensal para a localidade em questão (Wh/m².dia); PR: Taxa de Desempenho ou Performance Ratio, tipicamente entre 70 e 80% (80% para esta análise); G: irradiância nas Condições Padrão de Teste (1.000 W/m²).

Os resultados calculados de estimativa de geração mensal e anual são apresentados na Figura 10.

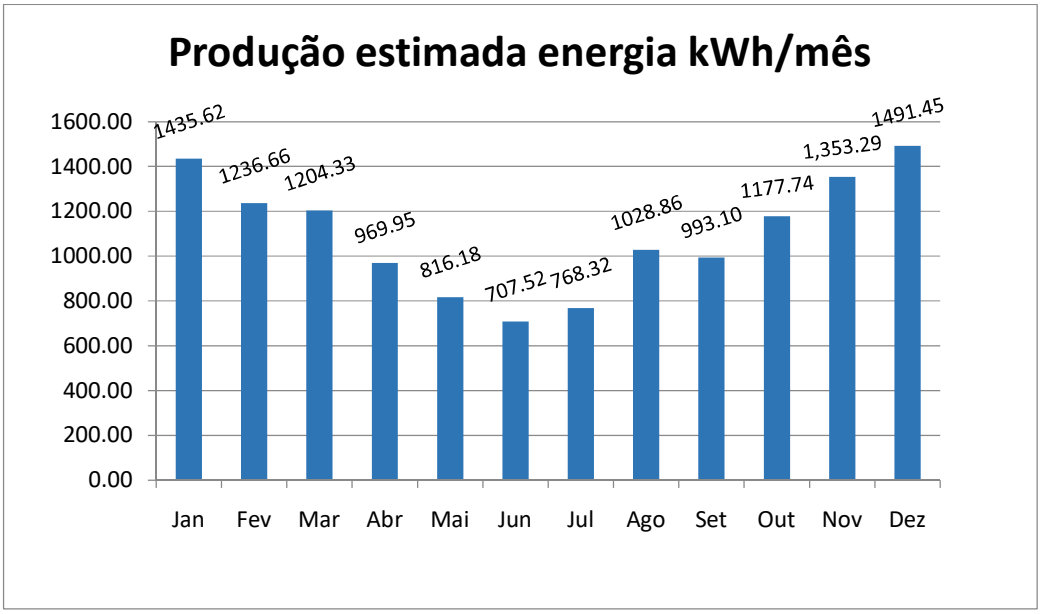


Figura 10 – Geração calculada mensal do sistema de 10,8kWp.

Como o processo de armazenamento é baseado em estados carga (SOC) e descarga (DOD) da bateria, para o projeto piloto serão definidas as taxas adequadas para SOC e DOD, visando a operação segura das baterias de chumbo-ácido. Logo, para cada modo de operação estabelecido para este sistema, a premissa de carga/descarga deve ser considerada na atuação do inversor bidirecional.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluída a etapa de implantação do sistema fotovoltaico conectado à rede com armazenamento de energia na Sede Neoville da UTFPR em Curitiba, a equipe do LABENS está trabalhando nos protocolos de comunicação e no desenvolvimento das funções dos inversores bidirecionais de 5kW da NHS, para que os mesmos possam injetar a energia armazenada dos bancos de baterias no horário de ponta que é o horário em que o kWh custa mais caro. Um inversor bidirecional está em laboratório, sendo efetuados testes de comunicação com o equipamento, além disso, estão sendo desenvolvidas e testadas as rotinas das estratégias de gerenciamento de energia do inversor. Na Figura 11 é apresentado um gráfico do software Grafana, de um teste de autoconsumo em que estão sendo monitorados as grandezas Corrente (I) e Tensão(V) das baterias, potência do sistema fotovoltaico e da rede.

Figura 11 – Imagem do Grafana de monitoramento das baterias, SFVCR e da rede.

A expectativa de geração de energia elétrica anual do sistema é de 13,2MWh, podendo haver a injeção programada da energia de 56,7kWh na rede durante o horário de ponta, compreendido entre 18:00 – 21:00, visando atender uma parcela de demanda por energia elétrica da universidade.

Com a implementação deste projeto piloto na universidade, espera-se demonstrar a viabilidade da aplicação de sistemas de armazenamento com geração fotovoltaica, possibilitando o maior uso dessa energia. Assim, com a elaboração do cenário de interação entre geração, demanda e carregamento de baterias, pretende-se aumentar a autonomia dos consumidores comerciais, testando quais são as melhores estratégias de gestão para o caso analisado, com a operação flexível entre consumidor e rede elétrica.

Portanto, através do projeto piloto será possível analisar as estratégias e cenários capazes de atender a necessidade do local e viabilizar a aplicação desta solução inédita no cenário brasileiro em consumidores de todos os portes, viabilizando um cenário com menores incertezas com relação às variáveis e regulação da operação destes sistemas em ambientes urbanos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à UTFPR pelo apoio e infraestrutura disponibilizada para o desenvolvimento desta pesquisa e a COPEL-Distribuição, pelo apoio e financiamento dos recursos para realização desde projeto de P&D "ANEEL PD2866-0464/2017 - Metodologia para Análise, Monitoramento e Gerenciamento da GD por fontes incentivadas. Os autores também agradecem ao Institutos Lactec pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

Akbari, H. et al., 2018 Efficient energy storage technologies for photovoltaic systems. Solar Energy.

Akhil, A. A. et al., 2013 DOE/EPRI 2013 electricity storage handbook in collaboration with NRECA. Albuquerque, NM: Sandia National Laboratories.

Del Pero, C. et al., 2018 Energy storage key performance indicators for building application. Sustainable cities and society, v. 40, p. 54-65.

Duryea, S., Islam, S., Lawrance, W., 1999. A battery management system for stand alone photovoltaic energy systems. In: Conference Record of the 1999 IEEE Industry Applications Conference. Thirty-Fourth IAS Annual Meeting (Cat. No. 99CH36370). IEEEp. 2649-2654.

IEC - International Electrotechnical Commission. Electrical Energy Storage – WhitePaper., 2011, acesso em 28/11/2019. Disponível em: https://www.iec.ch/whitepaper/pdf/iecWP-energystorage-LR-en.pdf.

Krieger, E. M., Cannarella, J., Arnold, C. B., 2013. A comparison of lead-acid and lithium-based battery behavior and capacity fade in off-grid renewable charging applications. Energy, v. 60, p. 492-500.

Munzke, N., Schwarz, B., Barry, J., 2017. The Impact of Control Strategies on the Performance and Profitability of Li-Ion Home Storage Systems. Energy Procedia, v. 135, p. 472-481.

Opiyo, N., 2016. Energy storage systems for PV-based communal grids. Journal of Energy Storage, v. 7, p. 1-12.

Pinho, J. T., Galdino, M. A., 2014. Grupo de Trabalho de Energia Solar (GTES). CEPEL - GTES. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro, 529 p.

Lopes, S. A. S., 2015. Tecnologias de Armazenamento de Energia para Fornecimento de Serviços de Sistema. Dissertação de Mestrado..

Suberu, M. Y., Mustafa, M. W., Bashir, N., 2014. Energy storage systems for renewable energy power sector integration and mitigation of intermittency. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 35, p. 499-514.

Tiepolo, G. M., Pereira, E. B., Urbanetz Junior, J., Pereira, S. V., Goncalves, A. R., Lima, F. J. L., Costa, R. S., Alves, A. R. 2017.Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná.

Wang, Z.; Gu, C.; Li F., 2018. Flexible operation of shared energy storage at households to facilitate PV penetration, Renewable Energy, v. 116, pp. 438-446.

10kWp GRID CONNECTED PHOTOVOLTAIC SYSTEM WITH ENERGY STORAGE IN CURITIBA

Abstract. *The Photovoltaic (PV) systems are increasingly present in the urban centers, however, most residential and commercial consumers have their peak demand at night, when there is no photovoltaic generation, requiring the electricity grid to supply these facilities. Peak demand leads to increased costs for these consumers and ends up harming the quality of the grid's energy. One possible solution to these listed problems is to apply storage systems. This article describes how to build a photovoltaic system connected to the energy storage network at the Neoville Campus of the Federal Technological University of Paraná (UTFPR), which is being used to study energy management studies using a battery bank. The system consists of 32 units of 335Wp polycrystalline silicon modules and 80 units of 60Ah stationary batteries. In this article, the main stages of implementing the pilot project, some details of its operation, will be used. At the beginning of the project, a previous analysis of the equipment and location was carried out, which determined the installation requirements, the best angle of inclination and the positioning of the PV modules to obtain the best options for electricity production. Through the irradiation data of the inclined plane it was calculated with the forecast of monthly and annual generation of the system, and this pilot project is expected to demonstrate the importance of the application of storage systems with photovoltaic generation, allowing its greater knowledge, using the use of applications of that energy*

Key words*: Energy Storage, Photovoltaic Systems, Pilot Project.*