



Analysis of Operational Scenarios of a Residential Microgrid

Anna Dulce Espíndola, Amiron Wolff Serra,
Patricia de Sousa Santos, Silvangela Lilian Barcelos,
Osvaldo Ronald Saavedra, Rafael K. Carneiro and
Rafael Gomes Bento

EasyChair preprints are intended for rapid dissemination of research results and are integrated with the rest of EasyChair.

November 1, 2024

Análise de Cenários de Operação de uma Microrrede Residencial

Anna D. Espindola* Amiron W. Serra* Patrícia de S. Santos*
Silvângela L. Barcelos* Osvaldo R. Saavedra* Rafael K. Carneiro**
Rafael G. Bento***

* Instituto de Energia Elétrica, MA, (e-mail: [anna.dulce](mailto:anna.dulce@ufma.br),
[amiron.wolff](mailto:amiron.wolff@ufma.br),santos.patricia1@discente.ufma.br;
silvangelabarcelos@ufma.br; o.saavedra@ieee.org).

** Universidade Estadual de Campinas, SP, (e-mail:
rafael.k.carneiro@gmail.com).

*** CPFL Energia Campinas, SP, (e-mail:rafaelbento@cpfl.com.br).

Abstract: Residential condominium microgrids are characterized by agglomerations of consumers with typically residential loads, which may have individualized or centralized distributed generation units, as well as storage systems. Associated with spaces of common use in condominium microgrids, there may be own generation systems, to meet the demand of these areas and/or the public lighting system of the condominium, as well as a common energy storage system. In this paper, the modeling and the results of the analysis of scenarios for the operation of the electrical grid that are part of an existing condominium microgrid are simplified, through a representation in the software PSCAD/EMTDC, composed of photovoltaic generation, residential loads and storage system. Simulation results considering islanded and grid-connected operation scenarios are presented and discussed. In on-grid mode, the generation mix injects energy into the driver's grid and there is no violation of voltage limits. In off-grid mode, voltage overshoots occur during the transient regime.

Resumo: Microrredes de condomínios residenciais são caracterizadas por aglomerações de consumidores com cargas tipicamente residenciais, que podem possuir unidades de geração distribuída individualizadas ou centralizada, bem como sistemas de armazenamento. Associados aos espaços de uso comum em microrredes condominiais, pode haver sistemas de geração próprios, para atendimento da demanda destas áreas e/ou do sistema de iluminação pública do condomínio, assim como um sistema de armazenamento de energia comum. Neste artigo, são apresentadas a modelagem e os resultados da análise de cenários de operação da rede elétrica que faz parte de uma microrrede condominial existente, através de uma representação no software PSCAD/EMTDC, composta por geração fotovoltaica, cargas residenciais e sistema de armazenamento. Resultados de simulação considerando cenários de operação ilhada e conectada à rede são apresentados e discutidos. No modo conectado a rede, o mix de geração injeta energia na rede da concessionária e não há violação dos limites de tensão. No modo ilhado há a ocorrência de *overshoots* de tensão durante o regime transitório.

Keywords: Residential Microgrids; Photovoltaic generation; Energy Storage; Operational Scenarios; Distribution Grid.

Palavras-chaves: Microrredes residenciais; Geração fotovoltaica; Armazenamento de Energia; Cenários Operacionais; Rede de Distribuição.

1. INTRODUÇÃO

As microrredes residenciais são sistemas de energia de pequena escala que atendem residências individuais ou pequenas comunidades. Essas microrredes são projetadas para fornecer eletricidade confiável e eficiente, muitas vezes integrando fontes de energias renováveis e sistemas de armazenamento de energia, Gjorgievski et al. (2021). Vários trabalhos de pesquisa e estudos discutem os aspectos técnicos, econômicos e políticos de microrredes residenciais, incluindo projeto de sistema, a otimização, envolvimento da comunidade e estruturas regulatórias. As microrredes

residenciais oferecem várias vantagens, incluindo maior resiliência energética, redução da dependência da rede principal, potencial economia de custos por meio da autogeração e a capacidade de integrar fontes de energia renováveis, etc. Elas também podem contribuir para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e promover a independência energética local, Laour et al. (2018).

As microrredes residenciais podem operar tanto no modo conectado à rede quanto no modo ilhado. No modo conectado à rede, há conexão com a rede elétrica principal, permitindo a troca de energia bidirecional, Zheng et al. (2021).

As microrredes podem ser classificadas de acordo com sua finalidade. Dentre elas estão microrredes que atendem a consumidores residenciais, comerciais, instituições de educação e militares, bem como localidades remotas, Bellido et al. (2018), Barcelos et al. (2019) e Soshinskaya et al. (2014). O tipo de consumidor a ser atendido por uma microrrede está diretamente relacionado a com a topologia de rede elétrica de distribuição, com o conjunto de fontes que compõe o mix de geração e com as funções e perfil de operação desempenhadas pela microrrede Barcelos et al. (2019), Ribeiro et al. (2021), Castelo Branco et al. (2022). Cabe ainda ressaltar a relação consumidor/concessionária diante das funcionalidades propostas para um determinado tipo de microrrede.

A caracterização da operação de microrredes permite um melhor entendimento de seus perfis de operação através do levantamento dos cenários de operação esperados para esses tipos de redes elétricas. Uma alternativa para a caracterização de microrredes é a obtenção de modelos de simulação que considerem todos os componentes que fazem parte das mesmas (Mix de geração, cargas, rede elétricas e demais controles), possibilitando assim, a realização de análises de sua operação, por exemplo, quando são consideradas injeções de potência pelas fontes de geração ao longo da microrrede, em que modos de operação distintos são assumidos ou mesmo os cenários em que ocorram variações no perfil de carga intencional (corte de carga) ou por conta do perfil dinâmico de consumo da microrrede.

Em Barcelos et al. (2019) e Barcelos et al. (2020), são apresentados resultados de estudos com um modelo de simulação de uma microrrede remota, que permitiu a caracterização da operação da microrrede e a realização de análises de sua operação em diferentes cenários. Em Rocha et al. (2022) e Serra et al. (2022) são apresentados os resultados da análise do desempenho de uma microrrede instalada em Campus universitário, considerando a operação de sistemas fotovoltaicos, do sistema de armazenamento de energia (BESS - *Battery Energy Storage System*) e de um gerador a gás associados ao mix de geração dessa microrrede.

Neste artigo, são apresentadas a modelagem e os resultados da análise do desempenho da microrrede condominial ConGrid, através de uma representação no *software* PS-CAD/EMTDC PSCAD (2021). São apresentados resultados de simulação considerando a representação do BESS, como seguidor de rede e formador de rede, e dos sistemas Fotovoltaicos (FVs) através de modelos equivalentes de Geração Intermitente (GI). As cargas atendidas pelo mix de geração da ConGrid são modeladas no formato de blocos de cargas para atender cenários de operação aproximados aos esperados para essa microrrede.

A organização do artigo é a seguinte: A seção 2 apresenta a caracterização da microrrede ConGrid; O detalhamento da modelagem realizada para cada componente da microrrede é apresentado na seção 3. As características de modelagem da microrrede no PSCAD/EMTDC são apresentadas na seção 4. Na seção 5 constam os resultados do desempenho dinâmico da ConGrid. Finalmente, são apresentadas as conclusões na seção 6.

2. DESCRIÇÃO DA MICRORREDE RESIDENCIAL

A microrrede ConGrid faz parte de um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) financiado pela Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL). Trata-se de um projeto piloto que considera um condomínio da região de Campinas, São Paulo, sendo composto por sistemas FVs, um BESS e contará com um sistema de gerenciamento de energia. Tal microrrede poderá operar tanto em conjunto com a rede de distribuição da CPFL, quanto ilhada (UNICAMP (2019)).

2.1 Características da rede de distribuição e das Unidades Consumidoras (UCs)

Os principais componentes ConGrid são mostrados no diagrama unifilar da Figura 1, com 47 UCs (45 UCs são residenciais e 2 UCs são espaços de uso comum do condomínio), atendidas em baixa tensão. São 11 UCs atendidas através de circuitos bifásicos (2 Fases+Neutro) e 36 UCs atendidas com circuitos trifásicos (3 Fases+Neutro).

Conforme Figura 1, a rede de baixa tensão do condomínio é composta por 14 nós e está conectada ao alimentador de média tensão BGE11, que tem origem na subestação de Barão Geraldo - Campinas. O condomínio é atendido através de um transformador trifásico 11900/220 V, Delta-Y aterrado, com potência nominal de 150 kVA. Há ainda, um transformador abaixador (nó 12 deste diagrama), que permite a conexão do BESS à rede de distribuição do condomínio.

2.2 Características dos microgeradores FVs

Dentre as 47 UCs, 27 possuem microgeradores FVs. Cada sistema FV é constituído por 9 painéis de 265 W_p , totalizando 2,385 kW por UC. A conexão com a rede elétrica é feita em Componente Alternada (CA) por meio de inversores de 2,5 kW de potência nominal. A geração fotovoltaica total atinge em média, cerca de 64,395 kW_p em Componente Contínua (CC), o que corresponde a 95,4% de sua capacidade instalada.

2.3 Características do BESS

Conforme representação mostrada na Figura 2, o BESS está conectado ao nó 12 da rede de baixa tensão da ConGrid, por meio de um transformador de 120 kVA - 480/220 V (Δ/Y). A capacidade nominal deste sistema de armazenamento é de 100 kW/255 kWh, com tensões CA de magnitude igual a 480 V (60 Hz) e tensão CC de 720 V. Os modos de operação assumidos para o BESS são os seguintes: a) Seguidor de Rede - em que a rede de distribuição da CPFL fornece as referências de magnitude da tensão e de frequência para a microrrede e o BESS opera fornecendo/absorvendo potência; b) Formador de Rede - o BESS é responsável por gerar os valores regulados de tensão e frequência em seu Ponto de Conexão Comum (PCC) com a rede de distribuição da ConGrid.

3. MODELAGEM DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO E CARGAS DA CONGRID

Os cabos que formam a rede de distribuição da ConGrid são dos tipos:

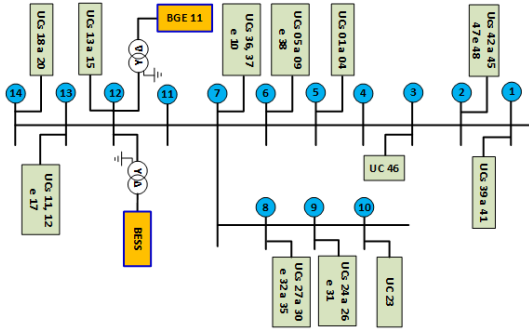


Figura 1. ConGrid: Diagrama de barras/nós.

- a) Alumínio NU (2 AWG), com $RCC(20^\circ) = 0,8567 \Omega/km$, $RCA(75^\circ) = 1,044 \Omega/km$, raio médio geométrico igual a $0,00269 m$ e $X_L = 0,4462 \Omega/km$ (Nexans (2023)).
- b) Quadruplex XLPE ($3 \times 120 + 70 mm^2$), com $RCA(90^\circ) = 0,324 \Omega/km$ e $X_L = 0,0916 \Omega/km$ (Prysmian (2022)).

Por se tratar de uma rede de distribuição em baixa tensão com distâncias pequenas, o efeito das capacitâncias associadas a cada trecho pode ser desprezado. Com base nos parâmetros dos cabos, pode-se determinar as impedâncias longitudinais ($Z = R + jX_L$) dos diferentes trechos da rede de distribuição da ConGrid, conforme mostrado na Tabela 1.

A modelagem das UCs, baseia-se em perfis de cargas típicos de consumidores residenciais, CPFL (2016), caracterizados em termos da impedância equivalente por fase com a finalidade de representar o desbalanço existente entre as cargas da microrrede. Na ConGrid, há cargas bifásicas e trifásicas. Assim, para fins de representação, considerou-se o agrupamento dessas cargas em blocos trifásicos (circuito resistor-indutor série - conexão em Y aterrado), afim de representar o desequilíbrio existente na rede de forma simplificada. Por exemplo, os valores de potência ativa por fase das cargas associadas ao bloco B1 corresponde a 282,27 W, 282,27 W e 115,66 W e 174,94 VAR, 174,94 VAR e 71,68 VAR para as fases A, B e C, respectivamente.

A impedância equivalente, calculada com base na metodologia de agrupamento de cargas, Rocha et al. (2022), para o bloco B1 de cargas é observada na linha 1 da Tabela 2. Os valores dos demais blocos de cargas da ConGrid também encontram-se nesta Tabela.

4. REPRESENTAÇÃO DA REDE NO PSCAD/EMTDC

Nesta seção são apresentados os detalhes da representação obtida para ConGrid no PSCAD/EMTDC, Figura 2. A rede elétrica da CPFL é representada através do equivalente de Thevenin, com tensão de linha igual a 11,9 kV e $Z=1,2543+j2,6 \Omega$.

4.1 Modelagem equivalente do sistema FV

Na Figura 3 é mostrado um diagrama de blocos simplificado do Gerador Intermitente (GI). GIs foram associados aos nós da ConGrid que conectam UCs que possuem geração fotovoltaica. A representação de cada sistema FV da ConGrid considerou o modelo equivalente de GI aplicado em Barcelos et al. (2020), Rocha et al. (2022) e Serra et al.

(2022). Trata-se de uma fonte com injeção controlada de corrente, sintetiza potências reais (p_c) e imaginárias (q_c), baseada na teoria pq (Akagi et al. (2017)), e no referencial síncrono para definição das correntes a serem injetadas em fase com a tensão no PCC com a rede elétrica.

Tabela 1. Características dos trechos da rede de distribuição da CONGRID.

Nó (De)	Nó (Para)	Comprimento (m)	Condutores	RCA (Ω)	L (mH)
1	2	28,87	A	0,0301	0,034
2	3	34,45	B	0,0111	0,0083
3	4	26,04	B	0,0084	0,0063
4	5	19,01	B	0,0062	0,0046
5	6	36,14	B	0,0117	0,0087
6	7	28,68	B	0,0093	0,0069
7	8	29,22	A	0,0305	0,034
8	9	35,28	B	0,0114	0,0085
9	10	32,25	A	0,0337	0,038
7	11	20,19	B	0,0065	0,0049
11	12	35,83	B	0,0116	0,0087
12	13	33,50	B	0,0108	0,0081
13	14	30,78	B	0,0100	0,0074

Tabela 2. Impedância equivalente dos blocos de cargas.

Bloco	R(Ω)		L(H)		R(Ω)		L(H)	
	A	B	A	B	C	C	C	C
B1	41,283	0,068	41,283	0,068	100,751	0,166		
B2	21,531	0,035	32,566	0,054	21,531	0,035		
B3	173,294	0,285	173,294	0,285	173,294	0,285		
B5	22,834	0,038	22,834	0,038	22,834	0,038		
B6	27,926	0,046	14,925	0,025	14,925	0,025		
B7	22,734	0,037	121,696	0,200	22,734	0,037		
B8	14,181	0,023	14,181	0,023	21,140	0,035		
B9	42,759	0,070	33,337	0,055	33,337	0,055		
B10	160,751	0,264	160,751	0,264	160,751	0,264		
B12	54,660	0,090	54,660	0,090	54,660	0,090		
B13	37,276	0,061	37,276	0,061	37,276	0,061		
B14	35,573	0,058	20,838	0,034	20,838	0,034		

4.2 BESS

Neste estudo, considerou-se o modelo dinâmico do BESS, cuja representação básica, como seguidor de rede, encontra-se disponível em PSCAD (2021) e cuja modelagem completa como seguidor de rede e formador de rede foi desenvolvida em Serra et al. (2022). Na Figura 4 há um diagrama de blocos do sistema de controle do BESS modelado no PSCAD/EMTDC, sendo composto basicamente por um banco de baterias do tipo Íon de Lítio, um conversor CC-CC do tipo Buck/Boost (Serra et al. (2022)) e um conversor CC/CA. Conforme essa representação, quando as chaves CH1 e CH2 estão na posição 1 o BESS assume o modo seguidor de rede, e assume o modo formador de rede quando as mesmas estão na posição 2.

O controle do conversor CC/CA para o modo seguidor de rede é composto de malhas que permitem as seguintes possibilidades de controle: controle da potência ativa e potência reativa, da tensão no elo CC, da tensão CA de saída e da corrente injetada. O controle do conversor CC/CA para o modo formador de rede é composto por: a) uma malha de geração do ângulo de referência (Θ_{ref}) para realizar a transformação das tensões, do referencial dq para abc e, b) um controlador Proporcional Integral (PI) para regular a tensão no ponto de conexão do BESS (V_c) com a rede de distribuição da ConGrid. Este controle foi implementado baseando-se na estratégia proposta em Serra et al. (2022).

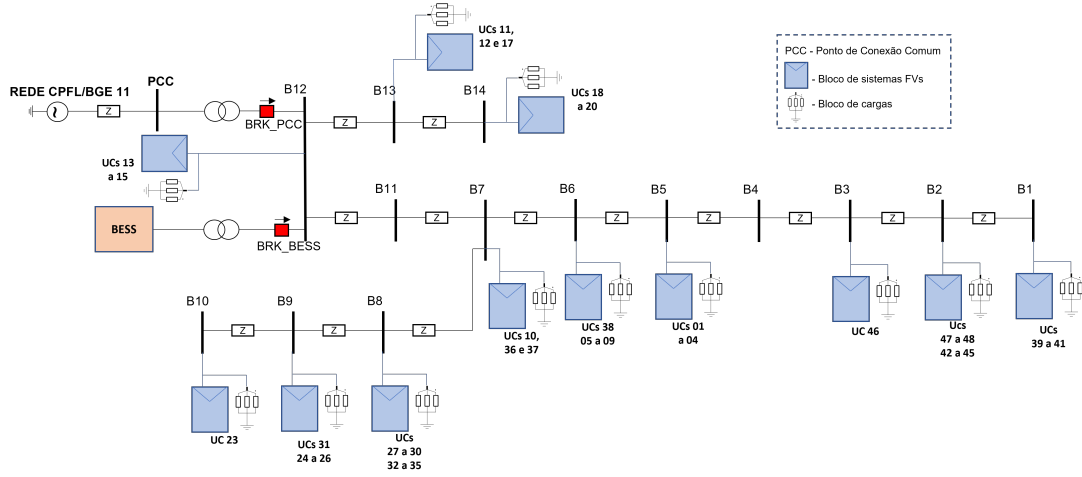


Figura 2. Representação da ConGrid no PSCAD/EMTDC.

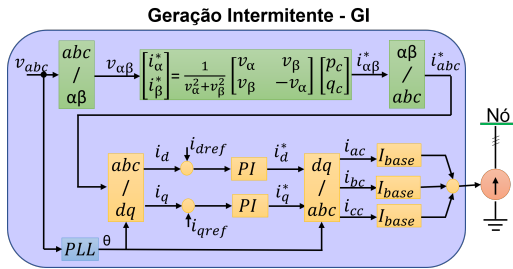


Figura 3. Diagrama de blocos do GI. Fonte: Barcelos et al. (2020).

referências de potência fornecidas para os sistemas FVs equivalentes a cada 1 s de simulação, conforme Figura 5.

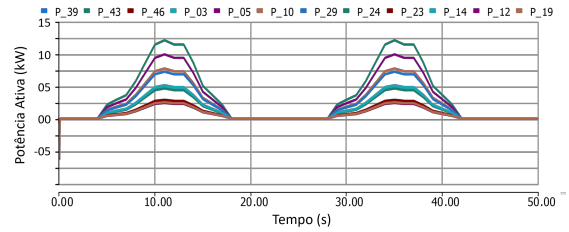


Figura 5. Potência ativa fornecida pelos sistemas FVs.

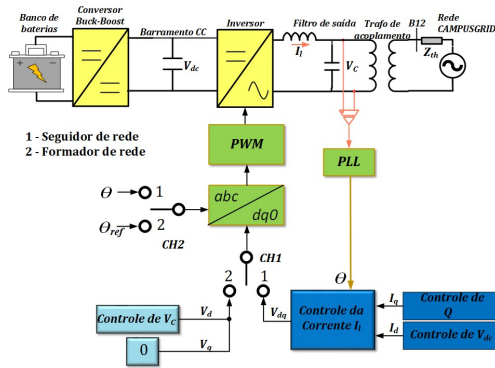


Figura 4. Diagrama de controle do BESS. Fonte: Serra et al. (2022)

5. RESULTADOS DE SIMULAÇÃO

Nesta seção, são apresentados os resultados da análise da operação da ConGrid no PSCAD/EMTDC. Nos cenários analisados, considera-se uma demanda média de aproximadamente 14 kW para a ConGrid. Os dados de geração usados como referências para os sistemas FVs correspondem aos valores horários relativos a um período de operação de 50 horas, com amostragem de 1 em 1 hora. No entanto, para diminuir o esforço computacional resultante de 50 horas de simulação e mesmo a escassez de dados, optou-se por considerar um tempo de simulação de 50 s, em que os valores de potência horários passam a corresponder às

Pode-se observar na Figura 5, que a redução no tempo de simulação preserva os perfis de geração dos sistemas FVs, simulando condições desde a mínima até máxima geração fotovoltaica, não havendo perda de informação.

A microrrede deve possuir um elemento para determinar as referências de tensão e frequência. No modo conectado, a CPFL fornece essas referências, no modo ilhado é o BESS. Neste último caso, um PLL (*Phase Locked Loop*) é usado para manter a microrrede funcionando na frequência determinada pelo formador de rede. Os resultados de simulação estão divididos nos seguintes cenários:

5.1 Operação conectada entre ConGrid e rede CPFL

Neste cenário, o papel de formador de rede é da concessionária. O BESS está conectado no modo seguidor de rede, junto com os geradores fotovoltaicos do condomínio. Inicialmente, o BESS está em fase de carregamento. Na Figura 6 (a) são apresentadas as potências ativa e reativa medidas nos terminais do BESS. Observa-se, que a potência absorvida pelo BESS é de aproximadamente 10 kW.

Em $t = 18 s$, o BESS passa a fornecer aproximadamente 19 kW para a microrrede. Na Figura 6 (b) são apresentadas as potências ativa e reativa medidas no PCC da ConGrid para este cenário de operação. Foram utilizados dois eixos de tempo (um em segundos e o outro em horas), sendo o primeiro relativo ao tempo de execução da simulação, e o segundo eixo com tempo real dos eventos considerados na simulação. Por exemplo, às 9 horas da

manhã ($t \approx 4,5 \text{ s}$), os sistemas FVs começam a injetar potência ativa na microrrede. Nesse momento, a potência fornecida pela CPFL começa a diminuir (o fluxo de potência ativa no PCC se inverte). Quando o BESS passa a fornecer potência para a ConGrid, o excesso de potência ativa passa a ser injetado na rede elétrica da CPFL.

O perfil de geração dos sistemas FVs mostrado na Figura 5, foi adotado neste cenário. Na Figura 7 são mostrados os valores, em pu, das tensões de linha medidas em cada um dos postes da microrrede (medição em cada nó). Observa-se que, mesmo diante dos máximos valores de potência injetados pelos sistemas FVs, não houve violação dos limites de tensão.

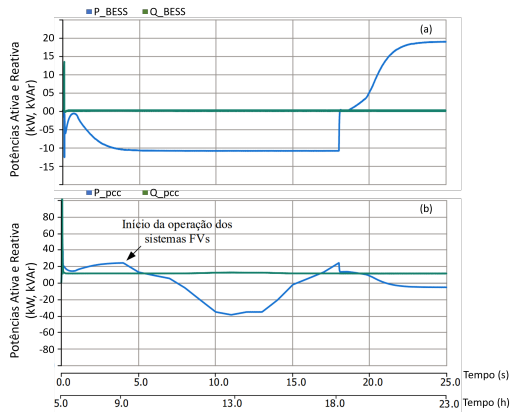


Figura 6. Potências ativa e reativa: (a) terminais do BESS e (b) PCC.

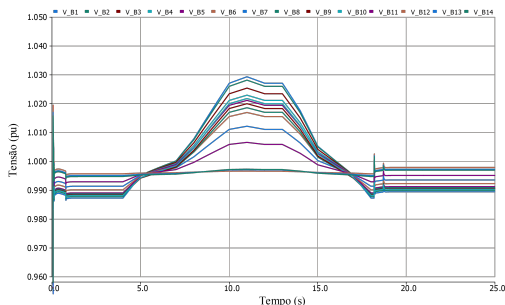


Figura 7. Tensão de linha nos postes.

5.2 Transição do modo conectado à rede para o modo ilhado

Neste caso, a ConGrid passa, de forma programada, de modo conectado para o modo de operação ilhado. Logo, o BESS passa a operar no modo formador de rede. Prévio à transição de modo, são tomadas medidas para criar condições necessárias para o ilhamento da microrrede, tais como a desconexão dos sistemas fotovoltaicos, e o acionamento do formador de rede para tornar nula a potência no PCC.

Prévio ao ilhamento, a microrrede opera conectada à rede externa e os sistemas FVs operam conforme perfil de geração mostrado na Figura 5, enquanto que o BESS fornece cerca de 100 kW à microrrede, conforme Figura 8 (b). Logo, há injeção de potência ativa na rede da CPFL,

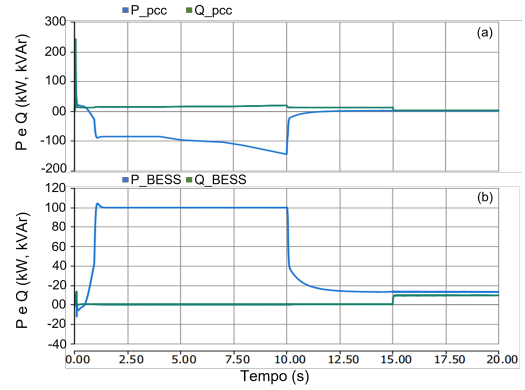


Figura 8. Potências ativa e reativa: (a) PCC e (b) BESS.

conforme Figura 8 (a). Em $t = 10 \text{ s}$, medidas de controle que antecedem o ilhamento programado são tomadas. Os sistemas FVs foram desconectados e sua geração substituída pela rede da concessionária, na Figura 9 observa-se as potências ativas dos sistemas FVs sendo zeradas nesse instante. A potência ativa fornecida pelo BESS é reduzida, de modo a zerar o fluxo de potência ativa injetada na rede da concessionária local (condição necessária para o ilhamento), Figura 8. Em $t = 15 \text{ s}$, ocorreu o ilhamento

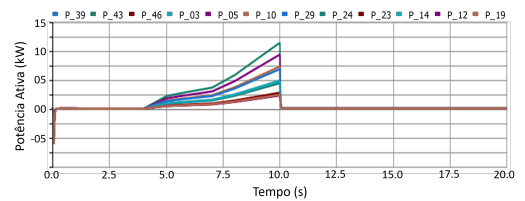


Figura 9. Potências ativa fornecidas pelos sistemas FVs.

programado da ConGrid. A partir desse instante, o BESS passa a suprir toda demanda das cargas conectadas à ConGrid. Destaca-se que o BESS, além de fornecer potência ativa demandada pela microrrede, também fornece a mesma quantidade de potência reativa que era suprida pela rede da concessionária antes do ilhamento, Figura 8. O controle do BESS garante fluxo de potência zero no PCC para transição entre os modos de operação.

Na Figura 10 a) são mostradas as tensões de linha, em pu, nos terminais do BESS. Observa-se, que mesmo diante das variações de potência, não houve violação dos limites. A tensão nos terminais do BESS é regulada em aproximadamente 0,1 s, com *overshoot* de cerca de 3,5% durante o regime transitório, sendo uma resposta adequada, que garante um rápido estabelecimento das condições de fornecimento de energia às cargas da ConGrid.

Na Figura 10 b) são mostrados os valores, em pu, das tensões de linha medidas em cada um dos postes. As tensões nos postes apresentaram *overshoot* de cerca de 8% durante o regime transitório. Embora as tensões nos postes tenham superado os limites operacionais estabelecidos pelo PRODIST durante o transitório, retornam rapidamente a níveis aceitáveis. Usualmente é aceitável um *overshoot* de 5%, sendo necessário melhorar o projeto do controlador para mitigar os efeitos apresentados.

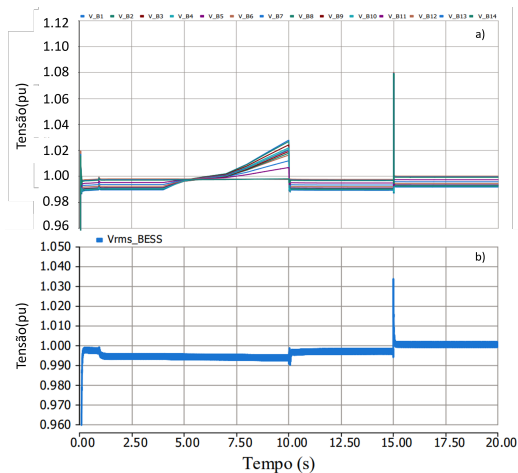


Figura 10. Tensão de linha RMS: a) BESS e b) postes.

6. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou os resultados obtidos com o desenvolvimento de um modelo de simulação da microrrede residencial ConGrid no PSCAD/EMTDC, com foco na análise de diferentes cenários operacionais. Este modelo de simulação permitiu a avaliação da contribuição das fontes que compõem o mix de geração (sistemas FVs + BESS) para atender a demanda das UCs, bem como avaliar cenários de operação em que o excedente de energia gerado por essas fontes é exportado para a rede da concessionária. O conjunto de resultados de simulação apresentados mostra que os nós da microrrede apresentam índices de qualidade de energia elétrica compatíveis com os especificados no Módulo 8 do PRODIST. Apesar de observar *overshoots* durante o regime transitório, os níveis de tensão atingem um ponto de operação estável de regime e atendem aos limites normativos. Além disso, os resultados da simulação também mostraram que os controles associados aos sistemas fotovoltaicos e BESS responderam satisfatoriamente às condições transitórias de operação da microrrede.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA), Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) e do Programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento do Setor Elétrico (ANEEL), por meio do projeto CPFL Merge: Desenvolvimento de Microrredes Eficientes, Confiáveis e Sustentáveis (Código ANEEL PD-00063-0058/2019).

REFERÊNCIAS

Akagi, H., Watanabe, E.H., and Aredes, M. (2017). "Instantaneous Power Theory and Applications to Power Conditioning". IEEE Computer Society Press.

Barcelos, S.L., de Matos, J.G., and Ribeiro, L.A.d.S. (2020). "Análise de Diferentes Cenários de Integração de Geração Intermitente na Microrrede Isolada da Ilha de Lençóis Através de Modelagem no PSCAD/EMTDC". Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos - SBSE.

Barcelos, S.L., Gomes de Matos, J., and Ribeiro, L.A.d.S. (2019). "Modelling and Analysis of the Isolated Microgrid Installed at the Lençóis Island Using PSCAD/EMTDC". IEEE 15th Brazilian Power Electronics Conference and 5th IEEE Southern Power Electronics Conference (COBEP/SPEC), pp. 1-6, 2019.

Bellido, M.H., Rosa, L.P., Pereira, A.O., Falcão, D.M., and Ribeiro, S.K. (2018). "Barriers, Challenges and Opportunities for Microgrid Implementation: The Case of Federal University of Rio de Janeiro". Journal of Cleaner Production, p. 203–216.

Castelo Branco, C.A.S., Moraes, F.P., Oliveira, H.A., Neto, P.B.L., Saavedra, O.R., de Matos, J.G., Oliveira, C.B.M., Ribeiro, L.A.d.S., Oliveira, A.C., Júnior, M.F.A., et al. (2022). "Mission Critical Microgrids: The Case of the Alcântara Space Center". Energies, vol. 15.

CPFL (2016). "GED-3738 - Projeto Ligação de Clientes", companhia paulista de força e luz.

Gjorgievski, V.Z., Cundeve, S., and Georghiou, G.E. (2021). "Social arrangements, technical designs and impacts of energy communities: A review". Renewable Energy, vol. 169, p. 1138-1156.

Laour, M., Akel, F., Bendib, D., and Chikh, M. (2018). "Residential Microgrid Load Management and Optimal Control in grid connected and Islanded Mode". 2018 6th International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC).

Nexans (2023). "Cabos de Alumínio Nu - CA (Série AWG)". Disponível em: <https://www.nexans.com>. Acesso em: 01 abr. 2023.

Prysmian (2022). "Cabo Multiplexado 0,6/1kV". Disponível em: <https://br.prysmiangroup.com>. Acesso em: 30 mai. 2022.

PSCAD (2021). "Knowledge Base". Disponível em: <https://www.pscad.com>. Acesso em: 15 fev. 2022.

Ribeiro, L.A.d.S., de Matos, J.G., Saavedra, O.R., Caracas, J.V.M., de Carvalho Farias, G., de Paula Assunção Pinheiro, L., and Pinheiro, N.M. (2021). "DC-AC Bidirectional Converters for Application in Isolated Microgrids". Journal of Control, Automation and Electrical Systems, vol. 32, p. 1087-1098.

Rocha, A.D., Serra, A.W.d.S., Santos, P.d.S., França, L.d.M., Barcelos, S.L.d.S., Saavedra, O.R., and Bento, R.G. (2022). "Estudos Preliminares da Microrrede CAMPUSGRID Usando PSCAD/EMTDC". Congresso Brasileiro de Automática - CBA.

Serra, A.W., Rocha, A.D., Santos, P.S., Barcelos, S.L., Saavedra, O.R., and Bento, R.G. (2022). "Analysis of Scenarios for the Operation of a University Campus Microgrid Using PSCAD/EMTDC". 2022 IEEE International Autumn Meeting on Power, Electronics and Computing (ROPEC), vol. 6, 1-6.

Soshinskaya, M., Crijns-Graus, W.H., Guerrero, J.M., and Vasquez, J.C. (2014). "Microgrids: Experiences, Barriers and Success Factors". Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 40, p. 659–672.

UNICAMP (2019). "Campus Sustentável". Campinas. Disponível em: <https://www.campus-sustentavel.unicamp.br/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

Zheng, S., Huang, G., and Lai, A.C. (2021). "Techno-economic performance analysis of synergistic energy sharing strategies for grid-connected prosumers with distributed battery storages". Renewable Energy, vol.178.