

DESENVOLVIMENTO DE UMA INTERFACE DE CONTROLE PARA SIMULAÇÃO DE UMA REDE ELÉTRICA NO SOFTWARE OPENDSS**Thiago Ferro de Oliveira*, João Vincent Franco Castello Branco*, Igor Cavalcante Torres*, Chigueru Tiba****

* Engenharia de Energia, Universidade Federal de Alagoas- Centro de Ciências Agrárias, BR 104 Km 85 s/n, Rio Largo, 57.100-000, Alagoas, Brasil, secretariacecaufal@gmail.com

**Departamento de Energia Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rego 1235 - Cidade Universitária, Recife, 50670-901, Pernambuco, Brasil, faleconosco@ufpe.br

<https://doi.org/10.34637/cies2020.1.1012>

RESUMO

A crescente demanda por eletricidade, devido ao aumento populacional e industrial, demandou soluções baseadas em fontes renováveis de energia com baixo impacto ambiental, tendo em vista os altos níveis de poluição das fontes atuais, uma vez que a maior parte da matriz elétrica do mundo corresponde a fontes não renováveis. A energia solar fotovoltaica tem se mostrado um método promissor devido a um aumento exponencial de sua contribuição para o complexo nacional de energia elétrica, com grande parte de sua geração como resultado das unidades de geração distribuída (DGU). Portanto, torna-se necessário o planejamento adequado das redes de distribuição elétrica e, para isso, a simulação de múltiplos parâmetros sistêmicos é um ponto-chave para o desenvolvimento de projetos que identifiquem possíveis falhas e reduzam as perdas e danos elétricos causados à rede. O software OpenDSS permite que a simulação ocorra em diferentes sistemas de energia elétrica (SEP), oferecendo a possibilidade de moldagem tradicional ou avançada. Visando diminuir a taxa de erro nas linhas de código, este trabalho focou no desenvolvimento de uma interface gráfica em Python para controlar o OpenDSS, o projeto a seguir desenvolve uma ferramenta computacional para inserir com segurança a geração distribuída de energia, facilitar as simulações de SEP e reduza a taxa de erro na programação do circuito.

PALAVRAS-CHAVE: Energía Solar, Actas Congreso, Instrucciones

ABSTRACT

The growing demand for electricity, due to the population and industrial increase, demanded solutions based on renewable energy sources with low environmental impact, in view of the high pollution levels of current sources, since most of the world's electricity matrix corresponds to non-renewable sources. Photovoltaic solar energy has been shown as a promising method due to an exponential rise of its contribution to the national electrical energy complex, with great parts of its generation as a result of the distributed generation units (UGD). Therefore, the adequate planning of the electrical distribution networks becomes necessary, and for such the simulation of multiple systemic parameters is a key point to the development of projects that identify possible flaws and reduce the electrical forfeits and damages caused to the network. The software OpenDSS allows the simulation to occur in different electrical power systems (EPS), giving the possibility of traditional or advanced moulding. Aiming the decrease the error rate at the codelines, this work focused on the development of a graphical interface in Python to control OpenDSS, the following project develops a computational tool to safely insert the distributed generation of energy, to facilitate the SEP simulations and to reduce the error rate in circuit programming.

KEYWORDS: Solar Energy, Congress Proceedings, Instructions

INTRODUÇÃO

A energia elétrica é um produto fundamental nos dias atuais, uma vez que é necessária para a realização das tarefas executadas por toda a sociedade, seja no contexto comercial, industrial ou residencial. O aumento da qualidade da vida associado ao crescimento tecnológico fomenta excessivamente o uso demorado de dispositivos elétricos e eletrônicos, necessitando cada vez mais de um aumento complementar no suprimento de energia elétrica. Neste contexto, a demanda energética requisitada pela sociedade moderna exige dos sistemas elétricos de potência uma energia de qualidade, confiável e ininterrupta (HEBLING, 2018). O objetivo global de um sistema elétrico de potência (SEP) foi inicialmente formulado para conduzir o fluxo de energia elétrica unidirecional, sendo direcionado da fonte para a carga. Os meios utilizados para o fornecimento da energia elétrica são obtidos através de um sistema elétrico de potência, onde o mesmo pode ser dividido em estágios, sendo: geração, transmissão, subtransmissão, distribuição primária e distribuição secundária. Conceitualmente, o sistema elétrico de potência é definido como um conjunto de equipamentos e instalações destinados ao serviço de fornecimento elétrico (SILVA, 2016). Como qualquer serviço, a regulamentação nos processos desde a geração até a distribuição, é realizada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), responsável por informar através de suas resoluções as condições garantidoras da qualidade do serviço.

Os sistemas de transmissão e distribuição de eletricidade apresentam alto nível de complexidade (SILVA, 2004), os circuitos de transmissão, na grande maioria, são necessariamente extensos e apresentam um grande porte estrutural em função dos níveis de tensão e potência, em contrapartida os alimentadores de distribuição possuem uma menor extensão relativa, associada a essa topologia tem-se uma maior ramificação e densidade de carga, exigindo uma maior atenção operacional dos centros integrados de operação. Com advento tecnológico, o monitoramento e atuação nos sistemas elétricos de potência vem ganhando força exponencialmente, integrando novas técnicas facilitadoras a modernização das redes elétricas, aliando-se positivamente aos órgãos e empresas controladoras de energia. Através da Fig. 1, têm-se uma visão periférica de um sistema elétrico de potência evidenciando suas etapas:

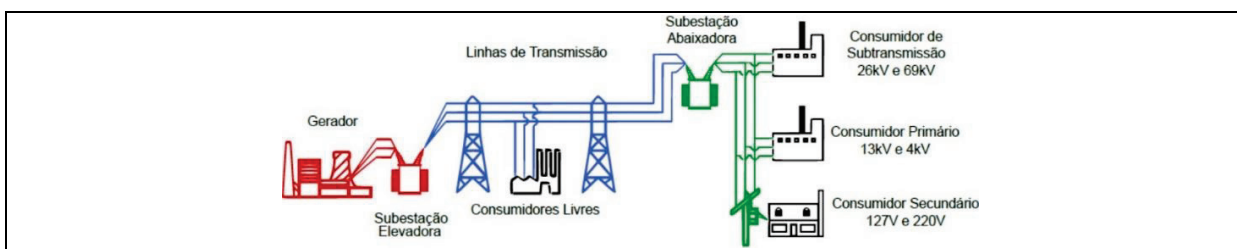


Fig. 1. Sistema Elétrico de Potência. Adaptado: (SILVA, 2016).

Ainda em referência a Figura 1, observa-se que há uma classificação em relação as unidades de consumo (UC), envolvendo a tensão de atendimento. Segundo a resolução normativa 414/2010 ANELL, onde estabelece as condições gerais para o fornecimento de energia elétrica, citando os deveres e direitos dos consumidores, dessa forma, as UC's enquadram-se em virtude da sua tensão de atendimento, sendo direcionadas aos grupos A ou B em decorrência da carga instalada (ANEEL, 2018). Com relação a comercialização de energia elétrica, existem faixas específicas de demanda para a contratação no mercado livre, este papel é basicamente desempenhado pelos agentes comercializadores incumbindo-os de comprar e vender energia elétrica através de transações (ITO, 2016). Os consumidores secundários que não contratam demanda e os consumidores primários que tem baixa contratação demanda são atendidos pela distribuidora local, compondo o mercado regulado.

Com a reestruturação do mercado do setor elétrico brasileiro (SEB), em 2004, foi lançado um novo modelo pelo governo federal, sustentado pelas Leis de nº 10.847/04, 10.848/04 e o decreto nº 5.163/04, objetivando a garantia do suprimento energético, promover as modalidades tarifárias e inserção social (FARAGE, 2018). Ainda (Farage, 2018) apresenta de forma sintetizada, algumas características podem ser relatadas, como: a quebra vertical do setor; planejamento, regulação e operação centralizada; concorrência na geração; livre negociação entre geradores; atuação de empresas públicas e privadas. Com o atual cenário, os consumidores tornaram-se aptos para poder contratar o tipo de energia, incentivada ou convencional. As fontes incentivadas baseiam-se nas energias renováveis, como centrais eólicas, solar, biomassa, hidráulica ou cogeração qualificada (ANEEL, 2016). As fontes convencionais são as hidrelétricas de grande porte ou termelétricas.

Paralelamente a estas ações, o incentivo do uso de fontes renováveis de energia está figurando entre os consumidores do mercado cativo, inicialmente apoiada pela resolução normativa 482/2012 da ANEEL que estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, mediante sistema específico de compensação de energia elétrica (ANEEL, 2012) é possível que um consumidor comum, residencial ou industrial, possa optar por gerar sua própria eletricidade e o excedente possa ser computados como créditos para uso posterior. Dentre as tecnologias existentes, a fotovoltaica (FV) está maior evidência, equipando os sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica (SFVCR). A grande vantagem desse tipo de gerador é sua versatilidade de instalação, incorporação e manutenção, dispensando o uso de acumuladores (Urbanetz et al., 2018), em contrapartida apresenta o grande inconveniente de operar sob condições estocásticas da radiação solar (TORRES, 2019). Decorrente deste processo de normatização e aliado ao forte potencial para utilização do recurso solar no Brasil, 99,8% de todas as conexões de micro e minigeração distribuída são da fonte solar fotovoltaica, totalizando aproximadamente 254 mil unidades geradoras (ABSOLAR, 2020). Em capacidade instalada, o Brasil encontra-se com um potencial de aproximadamente 3.3 MWp (ANEEL, 2020).

Em função de uma significativa inserção no SEP de fontes intermitentes, como a FV, surge uma forte preocupação entre os profissionais e pesquisadores a respeito das consequências nocivas que esse tipo de geração pode ocasionar. Entretanto, a inserção desta modalidade é uma realidade no Brasil, com isso desperta-se o interesse em desenvolver novas pesquisas, reanalisar o comportamento do fluxo de potência e seus efeitos em alimentadores de baixa tensão (BT).

FLUXO DE POTÊNCIA

Os circuitos de distribuição das redes elétricas operam mediante as condições de restrições impostas pelos módulos resolutivos da ANEEL, em especial o módulo 8 do Procedimento de Distribuição (PRODIST) (ANEEL, 2017). O estudo do fluxo de carga é uma das ferramentas mais atuais empregadas para a verificação do estado operativo de uma rede, podendo ser simplesmente resumindo como uma ferramenta determinante das grandezas elétricas do sistema em regime permanente (OLIVEIRA, 2017). A não trivialidade da solução matemática leva o estudo a composição de um sistema algébrico de equações não lineares, tornando-se muito difícil adquirir a factibilidade da solução. A partir da formulação geral do problema, reconhecimento da topologia da rede e modelagem de todos os equipamentos envolvidos, executa-se o processo de cálculo através do algoritmo iterativo, sendo os mais comuns: Newton-Raphson, Gaus-Seidel ou Método da varredura (Backward-Forward), por fim, obtém-se os valores de tensão nas barras, módulo e ângulo, perdas elétricas técnicas ao longo do circuito entre outros índices (MONTICELLI, 2003). Como já citado anteriormente, a entrada de geradores fotovoltaicos na geração distribuída (GDFV), pode intensificar a o fluxo de carga, porém sem sentido reverso. A Fig 2, esboça uma ilustração representativa de um fluxo de potência numa rede singela, trafegando em modo direto e em modo reverso.

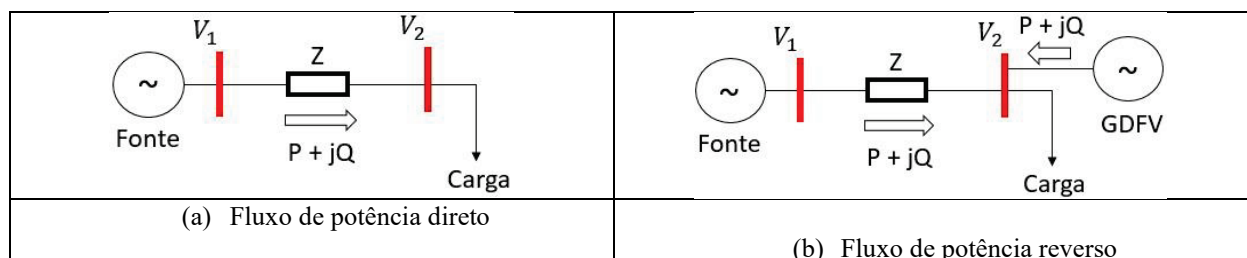


Fig. 2. Representação dos fluxos de potência direto e reverso.

Como este trabalho contempla o panorama de distribuição, as redes configuram-se radialmente, ou seja, fracamente malhadas, predominando a componente resistiva (R) nos elementos da linha, enquanto baixa reatância (X) na linha, apresentando-se com altíssima relação R/X. Para este tipo de aplicação, é prudente utilizar algoritmos de varredura, comumente conhecido como o método da soma das potências (MSP), devido ao seu alto potencial e eficiência na convergência da solução (TÓRRES, 2016). O fluxograma a seguir, idealiza as etapas que o algoritmo progride para o alcance da convergência.



Fig. 3. Fluxograma simplificado do algoritmo MSP.

Vale ressaltar, que o algoritmo simplificado da Fig. 3, pode ser incrementado com o estágio do cálculo e atualização das perdas elétricas diante da não convergência iterativa.

FERRAMENTA COMPUTACIONAL – OPENDSS

Com a modernização das redes elétricas e a inclusão de dispositivos modernos, a complexidade para a realização das análises e simulações dos sistemas elétricos tornaram-se mais trabalhosas e complexas. Este fato motivou o desenvolvimento de ferramentas computacionais, a fim de buscar uma maior agilidade no desempenho dos cálculos, a exemplo, têm-se a ferramenta *Distribution System Simulator* (DSS), recentemente comprada pela *Electric Power Research Institute* (EPRI) em 2004, adotando o critério de código aberto, *OpenDSS*, a fim de possibilitar contribuições para o contexto das smart grids (RADATZ, 2015).

A formulação do problema no software OpenDSS, é fundamentada em linhas de códigos, cabendo ao usuário ser capaz de conhecer a sintaxe específica para efetivar a representação de todo o circuito elétrico e seus componentes. Dada a versatilidade da ferramenta, o programador pode optar por modelar um alimentador diretamente na interface independente do OpenDSS, possibilitando leituras de arquivos externos no formato de texto. A Fig. 4 destaca os possíveis meios iterativos e a dinâmica de superficial de entrada e saída de dados.



Fig. 4. Ordenação funcional do software OpenDSS.

A programação via linhas de comando em grande parte pode ser exaustiva e demorada, ainda assim quando pretende-se fazer estudos constantes e determinísticos em um determinado alimentador elétrico. Mediante as possibilidades de conexão aos ambientes de desenvolvimento externo, é permitido que programadores experientes criem suas próprias interfaces customizadas para diferentes cenários de simulação (ROCHA, 2016).

METODOLOGIA

A interface de controle do OpenDss foi elaborada na linguagem Python, interligando diretamente com o ambiente de modelagem da rede elétrica. Através dos objetos de comunicação e arquivos .DLL integrado com Python 3.7. Uma das bibliotecas utilizadas foi a “PyQt5” onde possibilita a criação de uma interface totalmente modelada pelo usuário com a possibilidade do uso de muitos gadgets onde cada um é responsável por uma determinada função, com isso, é suficiente para satisfazer e cumprir muitos objetivos e projetos. Outra biblioteca utilizada foi a “pywin32” que é responsável por ler e receber os dados dos arquivos .dss que carregam os dados dos sistemas elétricos para os estudos e simulações. Os arquivos .dss utilizados na construção desse projeto são um conjunto de arquivos que carregam dados para construção de um sistema, lidos por um arquivo principal, onde o mesmo é capaz de ler e armazenar esses dados resultando num sistema de criação da rede.

A Fig. 5 apresenta a versão final da interface onde é possível o usuário alterar manipular os elementos do sistema elétrico de forma bastante simplificada, podendo assim alterar parâmetros como: curva de carga, distância de trechos e ramais, potência da geração distribuída entre outros. A verificação do estado da rede pode ser exportado pela própria interface, quando o usuário clica no botão “plotar”.

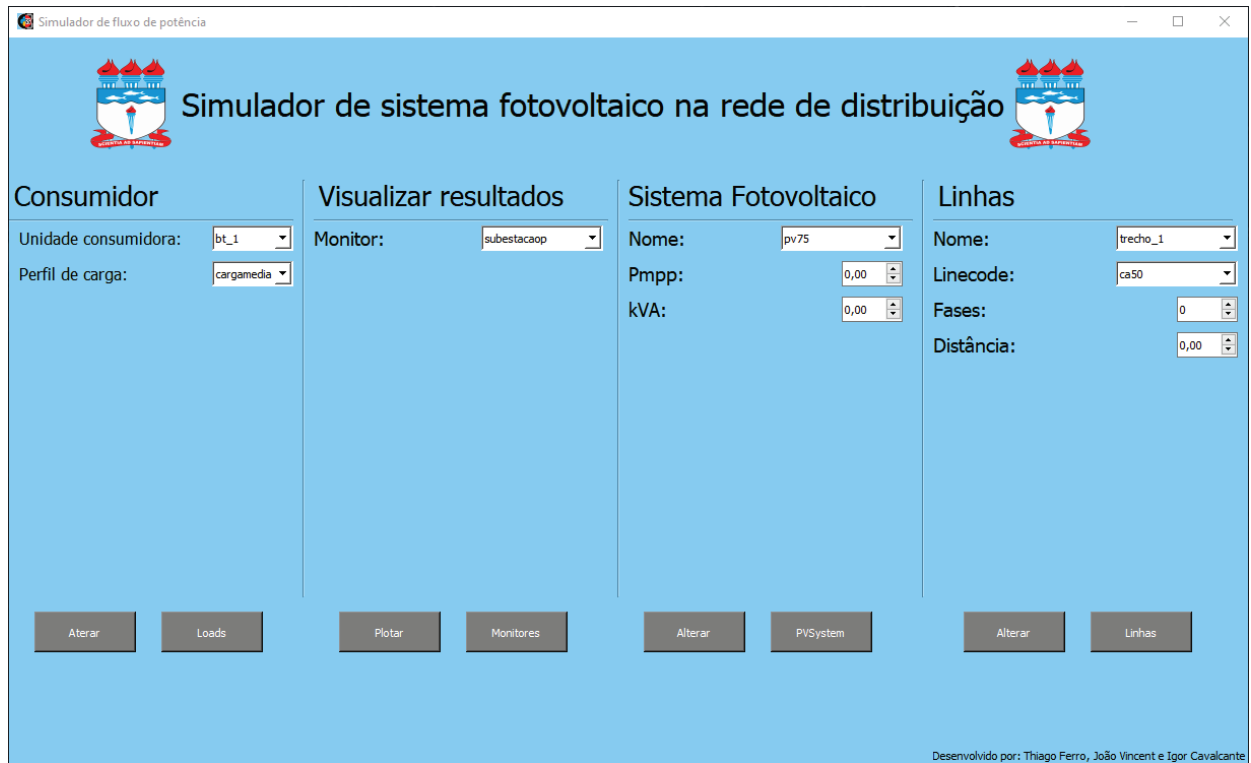


Figura 5- Interface do simulador de sistema fotovoltaico na rede de distribuição

RESULTADOS

Este artigo não tem como foco apresentar detalhes técnicos de um sistema elétrico, apenas limitando-se a apresentar a versatilidade da ferramenta desenvolvida. A imagem na Fig. 6 ilustra os resultados durante um período de 24 horas em uma das unidades consumidoras, após realizar mudanças no perfil de carga da mesma unidade consumidora é realizada outra plotagem Fig. 7 onde o gráfico mostra um período de 48 horas, deixando registrado as 24 horas iniciais e as 24 horas seguintes após a mudança no perfil de carga.

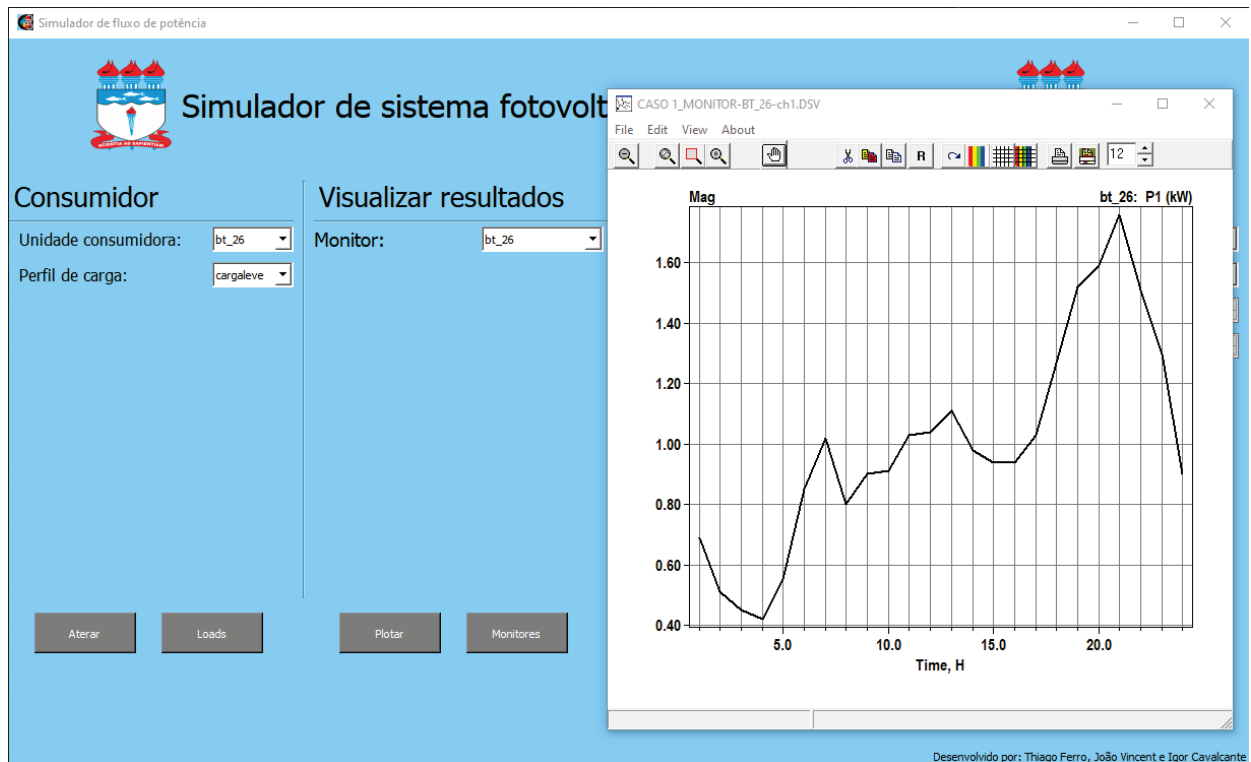


Figura 6- Plotagem gráfica de uma unidade consumidora (24 horas) sem alteração

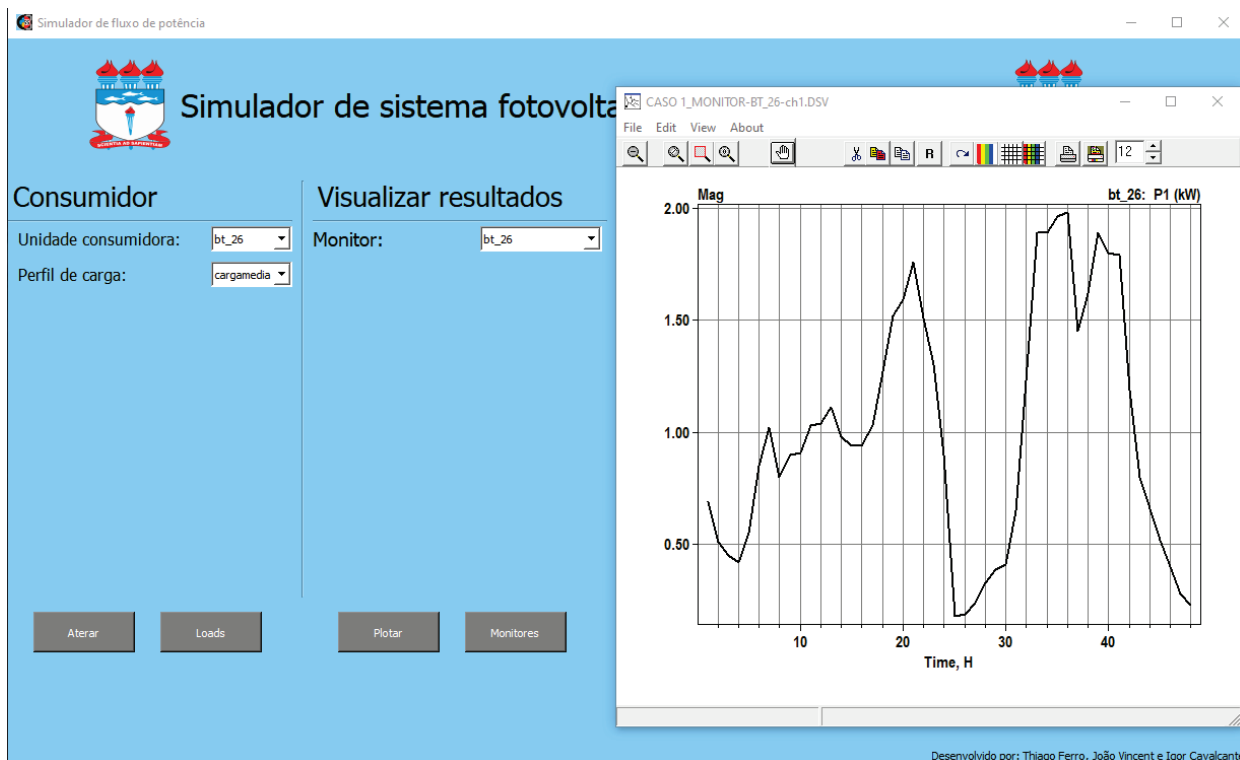


Figura 7- Plotagem gráfica de uma unidade consumidora (48 horas) após alteração do perfil de carga

Neste contexto, a ferramenta se demonstrou muito prática para operadores de sistemas de potência, quando o objetivo é realizar simulações sob um determinado alimentador de distribuição de energia. O uso de uma interface para fins de simulação evita que o usuário manipule diretamente a codificação referente a modelagem da rede, diminuindo a incidência de erros e inconsistências nos resultados.

REFERÊNCIAS

- HEBLING, G. M. Cálculo do fluxo de potência em redes de distribuição malhadas. Trabalho de Conclusão de Curso. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, São Paulo, 2018.
- SILVA, D. M. K. Fluxo de potência para sistemas de distribuição considerando redução de barras. Centro de Tecnologia e Urbanismos, Universidade Estadual de Londrina. Londrina, Paraná, 2016.
- SILVA, F. L. Modelagem de transformadores de distribuição para estudos de fluxo de potência. Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, Minas Gerais, 2004.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Resolução normativa de nº 414/2010: Condições gerais de fornecimento de energia elétrica. pp. 1-85. Brasília, Distrito Federal, 2018.
- ITO, L. C. K. Um estudo sobre o mercado livre de energia elétrica no Brasil. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, São Paulo, 2016.
- FARAGE, F. R. Migração para o mercado livre de Energia: Estudo de caso do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Por Dentro da Conta de Luz: informação de utilidade pública. 7ª ed. Brasília, Distrito Federa, 2016.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Resolução normativa 482/2012 de 17 de abril de 2012. Brasília, Distrito Federal, 2012.

URBANETZ, I. V., NETTO A. M., SCOLARI, B., LEITE, V., URBANETZ, J. J. Panorama Atual e Cenário 2025 da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil. *Smart Energy 2018*, Curitiba-PR, 2018, Brasil.

TORRES, I. C., NEGREIROS, G. F., TIBA, C. Theoretical and Experimental Study to Determine Voltage Violation, Reverse Electric Current and Losses in Prosumers Connected to Low-Voltage Power Grid. *Energies*, vol. 12, article 4568, 2019.

ABSOLAR. Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. *Infográfico Absolar*. São Paulo: 2020. Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/infografico-absolar.html>>. Acesso em 30 de julho de 2020.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Outorgas e Registros de Geração: Unidades Consumidoras com Geração Distribuída. Disponível em: < http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Estadual.asp>. Acesso em 30 de julho de 2020.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST, Módulo 8 - Qualidade da Energia Elétrica. v. 9, n. Resolução Normativa no 767/2017, p. 1–76, 2017.

OLIVEIRA, R. C. Metodologia para o cálculo de perdas técnicas e não técnicas de alimentadores de distribuição via estudo do fluxo de carga pelo método somatório de potências modificado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pará. Belém, Pará, 2017.

MONTICELLI, A, GARCIA, A. Introdução a sistemas de energia elétrica. Editora UNICAMP, Campinas, São Paulo, 2003.

TÔRRES, A. A. P. Método da soma das potências e de Newton para solução do fluxo de carga em redes de distribuição com geração distribuída. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, Paraíba, 2016.

RADATZ, P. R. R. F. Modelos avançados de análises de redes elétricas inteligentes utilizando o software OpenDSS. Trabalho de Conclusão de Curso, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.

ROCHA, C. H. S. R. Análise e mitigação de impactos da conexão de geração distribuída, microgeração distribuída e armazenadores em alimentadores de distribuição utilizando o software OpenDSS. Trabalho de Conclusão de Curso, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2016.