

# ANÁLISE DO IMPACTO DA GERAÇÃO DISTRIBUIDA FOTOVOLTAICA NA REDE ELÉTRICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

**Felipe Cirolini Lucchese** – felipecluchese@gmail.com

Universidade Federal de Santa Maria – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

**Felipe Anselmini** – fe\_ansel@hotmail.com

Universidade Federal de Santa Maria – Engenharia Elétrica

**Criciéle Castro Martins** – cricielecastro@gmail.com

Universidade Federal de Santa Maria – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

**Mauricio Sperandio** – mauricio.sperandio@uol.com.br

Universidade Federal de Santa Maria – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

## 4 Conversão fotovoltaica

**Resumo.** Os custos cada vez mais elevados na utilização da energia de origem fóssil combinado a com a questão ambiental culminou na busca por novas fontes de energia. A resposta encontrada para expandir a geração de energia e diversificar a matriz energética foi a utilização de energia provinda de fontes renováveis, como energia solar e eólica, encontradas em abundância em diferentes localidades. Sendo a energia solar fotovoltaica uma promissora fonte de energia, pois diferentes de grandes plantas centralizadas, a geração distribuída (GD) fotovoltaica não compete pelo uso do solo, sendo incorporada a edificações já existentes e próxima a carga. A geração solar também apresenta desafios, pois causa um grande impacto em todo o sistema de transmissão e distribuição de energia, uma vez que altera toda a concepção do sistema atual. A inserção desta fonte em uma rede elétrica pode gerar vantagens e desvantagens no que diz respeito a qualidade da energia entre o cliente e a distribuidora. Sendo assim, este estudo busca fazer a análise dos parâmetros elétricos do sistema elétrico da Universidade Federal de Santa Maria frente a inserção de geração distribuída fotovoltaica, visando: fluxo de potência, níveis de tensão e perdas. Para isso é utilizado o programa Distribution System Simulator (OpenDSS), onde serão feitas as simulações, utilizando-se dos dados adquiridos na própria instituição.

**Palavras-chave:** Fontes Renováveis, Geração Distribuída Fotovoltaica, Parâmetros Elétricos

## 1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica é fundamental para a sociedade atual, sendo imprescindível no desenvolvimento na economia do país e na qualidade de vida da população. No Brasil, fontes hídricas geram a maior parte da energia, contudo para complementar a matriz energética faz-se uso de energia térmica de forma estratégica (como em períodos de estiagem), pois esta pode ser produzida em uma quantidade constante durante o ano inteiro, diferentemente das hidrelétricas, as quais possuem a produção dependente do nível de rios.

Sabendo que usinas termelétricas utilizam recursos não renováveis (carvão, petróleo, xisto, etc.), sendo consideradas por fontes “sujas” devido a poluição gerada no seu consumo, cada vez mais se buscam recurso energéticos renováveis e limpos. Além disso, o crescente aumento da população, e consequentemente do consumo de energia, combinado com uma maior preocupação com impactos ambientais, causados principalmente pela queima de combustíveis fósseis, resultou na busca por novas fontes intermitentes de energia, destacando-se a energia solar e eólica.

Grande parte das usinas fotovoltaicas são de pequeno porte, caracterizando uma Geração Distribuída (GD), ou seja, fonte de geração localizadas próximas aos centros de carga, onde o consumidor deixa de ser passivo e passa atuar com um mini ou micro gerador de energia, dependendo da potência instalada. Além de ser uma peça chave para a sustentabilidade e geração de energia limpa, a geração distribuída vem ganhando importância no mercado de energia, especialmente em países desenvolvidos. O crescente investimento em fontes renováveis vem contribuindo para a queda dos custos dessas tecnologias de geração, tornando-as mais acessíveis ao consumidor final.

A descentralização da geração traz consigo diversos benefícios como: postergação de investimentos em expansão do sistema de distribuição e transmissão; menor impacto ambiental; redução no carregamento das redes e transformadores; redução nas perdas; aumento da confiabilidade; diversificação da matriz energética do país, entre outras. Uma das formas de incentivar a expansão deste tipo de geração parte da remuneração da energia ou nos financiamentos para sua compra. No Brasil, a política de remuneração adotada é a de compensação de energia, e permite que sejam usadas fontes de energia renováveis, onde a energia gerada pelos painéis solares é abatida da conta de energia elétrica dos consumidores pela distribuidora contratada (GRABOLLE, 2010).

Contudo, com a geração distribuída conectada às redes de distribuição, particularmente na média e baixa tensão, introduz novas questões na operação dessas redes. Do ponto de vista técnico o circuito apresenta uma configuração radial

e, portanto, grande parte de suas proteções operam somente observando uma direção no fluxo de energia. O recurso solar utilizado na geração fotovoltaica, é uma fonte intermitente, o que pode alterar a lógica radial, provocando a inversão no fluxo de potência e flutuações na tensão e frequência. Sendo assim, é necessário avaliar os principais efeitos que a geração fotovoltaica pode causar em uma rede elétrica de distribuição, principalmente tratando de: limites de tensão; harmônicos; ajuste da proteção para curto-círcuito; operação ilhada; fluxo reverso (TREVISAN, 2011).

Este trabalho apresenta estudos referentes a rede elétrica da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), onde se apresentam suas características físicas e comportamento de carga. Além disso, são realizadas simulações na rede com a introdução da GD fotovoltaica analisando parâmetros elétricos como: variação da tensão, fluxo de potência, capacidade dos condutores e perdas elétricas. Para as simulações utilizou-se de análises conhecidas como *Quasi-Static Time-Series*, sendo estas realizadas a partir do software *Distribution Power System* (OpenDSS) afim de observar a qualidade da energia e padrões requeridos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

## 2. RECURSO SOLAR E SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Define-se como radiação solar, a radiação eletromagnética emitida pelo Sol, sendo toda a energia incidente sobre a superfície terrestre (BASTOS, 2015). A variabilidade da mesma pode ser causada pela intervenção de nuvens, além de aerossóis e vapor de água, podendo ser prejudiciais às usinas solares. A célula fotovoltaica é o principal elemento de um sistema fotovoltaico, sendo um dispositivo semicondutor que converte a onda eletromagnética do sol em eletricidade, de modo que um painel, nada mais é do que a associação em série e/ou paralelo de células, e a associação de painéis, ou simplesmente de células, formam os arranjos fotovoltaicos.

Para demonstrar o comportamento de dispositivos fotovoltaicos tem-se duas curvas características principais, sendo a curva I x V, que mostra o comportamento da corrente de saída do equipamento em função da tensão de saída do mesmo e curva característica P x V, que traz a variação da potência de saída em função da tensão de saída do dispositivo. A Fig. 1 apresenta as características elétricas do painel fotovoltaico Risen SYP250P, sendo este utilizado nos estudos do presente trabalho.

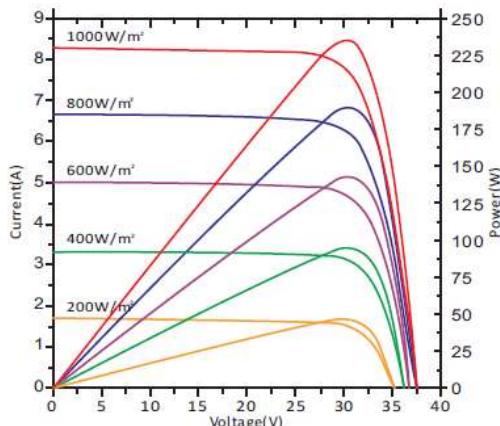


Figura 1 – Influência da variação da irradiância solar (25°C).

Com o aumento da irradiância e/ou da temperatura ambiente, a temperatura de operação da célula se eleva, acarretando na redução de sua eficiência. Isso pode ser explicado pois a tensão da célula diminui significativamente com o aumento da temperatura, enquanto que sua corrente sofre uma pequena elevação, quase desprezível (PINHO; GALDINO, 2014).

Geradores fotovoltaicos podem ser aplicados tanto em uma pequena residência quanto em uma grande usina solar. Pequenos geradores que necessitam de inversores para conectar-se à rede de baixa tensão devem basear-se na estrutura demonstrada na Fig. 2 (ESCO-GD, 2017), de modo que o medidor mostrado representa um medidor bidirecional, possibilitando o registro tanto da energia gerada quanto consumida.



Figura 2 – Gerador fotovoltaico conectado à rede de distribuição.

### 3. MODELAGEM E METODOLOGIA

#### 3.1 Rede de distribuição da UFSM

A rede de média tensão foi criada com o surgimento da UFSM em 1960, atendendo os poucos prédios existentes no campus, em uma rede comum ao bairro Camobi. Com o aumento da quantidade de cursos, construção de novos centros universitários e ampliação do território, observou-se um aumento do fluxo de potência e a necessidade de realizar-se modificações na rede. Inicialmente as mudanças foram supridas pelo aumento dos alimentadores existentes, substituição de condutores e alteração de contratos de demanda. Estas medidas foram tomadas durante muitos anos até se observar a necessidade uma nova estruturação da rede, alterando o nível de tensão de fornecimento e implantação de uma subestação própria para atender sucessivos aumentos de carga.

Um levantamento de dados foi realizado a campo, para se ter dados precisos da dimensão da rede. Foram obtidos 106 transformadores, dos quais 23 estão abrigados e 83 expostos ao tempo (fixos em postes), e também identificados 8 tipos diferentes de condutores, totalizando 18,1 km de extensão. A rede foi transcrita para *software CAD*, sob o atual plano diretor da UFSM, que é georeferenciado, e assim obtém-se seu traçado com a exata disposição de cada poste (cônico, duplo T ou madeira), localização de cada transformador bem como sua potência, tipo de rede (convencional ou compacta) e qual o tipo de condutor em cada trecho, conforme a Fig. 3.

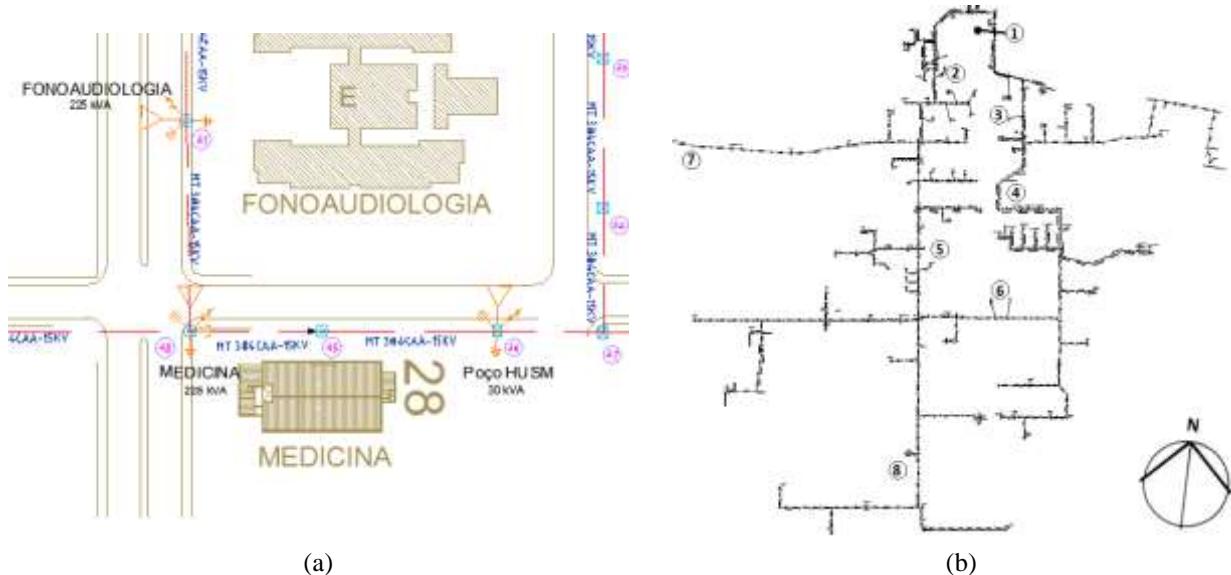


Figura 3 – (a) Exemplo de desenho da rede de distribuição em AutoCAD; (b) visão geral da rede de distribuição da UFSM.

São apresentados, ainda, alguns pontos para melhor entendimento da distribuição da rede:

- 1 - Arco de Entrada da UFSM;
- 2 - Centro de Tecnologia;
- 3 - Hospital Universitário;
- 4 - Restaurante Universitário Central;
- 5 - Planetário;
- 6 - Reitoria UFSM;
- 7 - Jardim Botânico;
- 8 - Hospital Veterinário.

A caracterização do consumo de cada transformador deu-se na forma de levantamento das curvas de carga de alguns prédios, utilizando-se de analisadores de energia – PowerNET P-600 (IMS, 2016). Estes registram valores de tensão, corrente e fator de potência para as 3 fases, que posteriormente pode-se trabalhar com estes dados e obter mais informações, como potência ativa, reativa e ângulo entre tensão e corrente. Nos casos onde não foi possível realizar a medição devido a indisponibilidade de analisadores e dificuldade de acesso a transformadores aéreos, criou-se uma curva de carga padrão normalizada e referida para cada potência de transformador.

Com os dados de toda a rede em mãos cria-se um modelo matemático que descreve as linhas para posterior utilização no *software OpenDSS*, determinando para os 8 tipos de condutor os parâmetros físicos: raio médio geométrico ( $r_{mg}$ ), a resistência elétrica CC do cabo corrigida para 75°C, o raio médio geométrico indutivo ( $RMG_L$ ) e o capacitivo ( $RMG_C$ ).

Para calcular os parâmetros elétricos e determinar as características de cada cabo, calcula-se a indutância ( $L$ ) e a capacitância ( $C$ ), consequentemente, tem-se a reatância indutiva ( $X_L$ ) e a susceptância ( $B_C$ ).

### 3.2 Simulações Elétricas

Para as simulações elétricas foram-se utilizadas as análises *Quasi-Static Time-Series* – QSTS, estas a partir do software OpenDSS. A escolha de tais análises se deu com o intuito de avaliar a iteração entre a variação diária de geração e de carga de forma sequencial, de modo que o termo *Quasi-Static* se refere ao fato de que a resolução do fluxo de potência estático em regime permanente está sendo efetuado em um sistema não-estático, que sofre variações ao longo do tempo (MATHER, 2012).

Assim, primeiramente é feita a declaração dos parâmetros da rede elétrica, na forma de texto, conforme a linguagem do software. No código devem ser declarados os modelos dos cabos com seus parâmetros físicos e elétricos, transformadores com suas conexões, tensão, potência, as linhas apontando onde estas se conectam. Ainda, a inserção das curvas de carga em arquivo de texto (criadas pelos analisadores de energia), e as cargas onde são associadas o comportamento das mesmas (*loadshapes*).

Para a inserção de geradores fotovoltaicos, os dados de irradiação solar ( $\text{W/m}^2$ ) foram adquiridos a partir do sistema fotovoltaico instalado no Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, localizados no telhado do Bloco E. O sistema é composto de um inversor Fronius Galvo 3.1-1 (Tab. 1) conectado a um arranjo de 14 módulos fotovoltaicos (Tab. 2).

Tabela 1 – Características do inversor.

Marca	Fronius
Modelo	Galvo 3.1-1
Potência nominal de saída	3100 W
Tipo	Topologia com transformador de alta frequência
Quantidade	1

Tabela 2 – Características dos módulos fotovoltaicos.

Marca	Risen
Modelo	SYP 250P
Potência unitária (STC)	250 W
Tipo	Silício poli cristalino
Quantidade	14
Potência total	3500 W <sub>p</sub>

O registro de dados é feito num período de 5 em 5 minutos, gerando assim 288 aquisições a cada dia completo de medição. Além da irradiação, tem-se o registro da potência gerada (W) e da temperatura em que os módulos se encontram (°C). No que diz respeito ao OpenDSS, existe o modelo de um arranjo fotovoltaico e um inversor para a conexão à rede elétrica, podendo ser visto na Fig. 4 (OPENDSS, 2011).

O fator de potência máxima desse sistema é definido a partir da curva mostrada na Fig. 5 (a), sendo a curva de eficiência do painel fotovoltaico Risen SYP250P (RISEN ENERGY CO., 2016), este apresenta uma temperatura nominal de operação de  $45 \pm 2$  °C e seu coeficiente de temperatura para máxima potência é de  $-0,39\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ . Logo, pode-se observar à máxima potência fornecida pelo arranjo fotovoltaico, em pu, para uma dada temperatura de operação da célula. Já a potência de saída do inversor e também do sistema fotovoltaico, é dada pela multiplicação da potência de saída do arranjo pelo rendimento do inversor, em pu, de modo que o valor de rendimento do inversor é obtido através da curva demonstrada pela Fig. 5 (b), sendo característica do inversor Fronius, modelo Galvo 3.1-1 (FRONIUS, 2017).

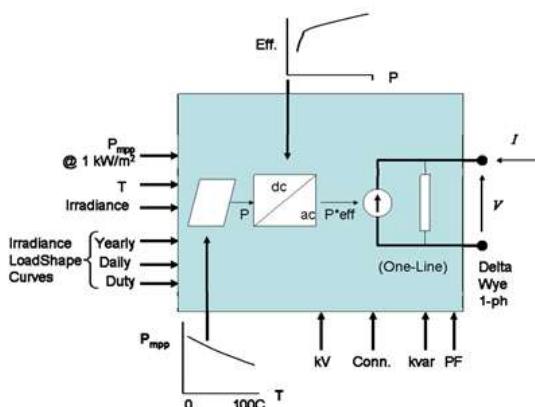


Figura 4 – Modelo de um sistema fotovoltaico no OpenDSS.

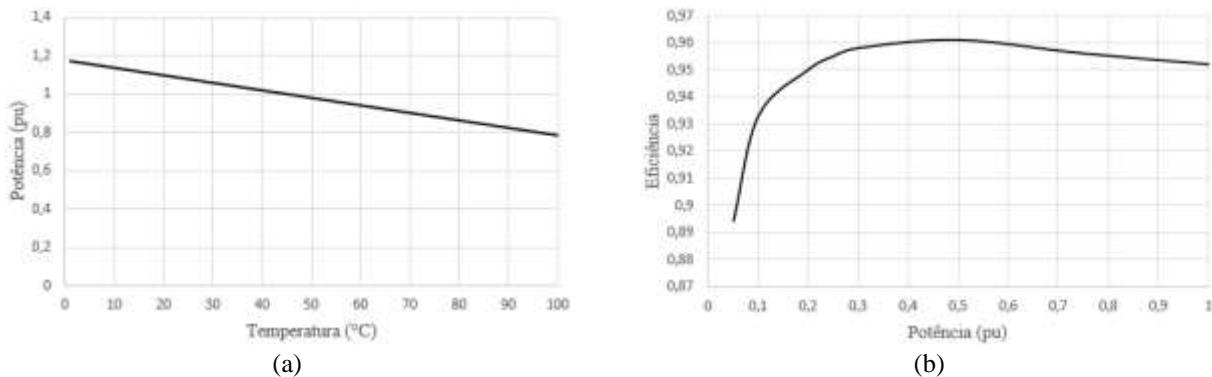


Figura 5 – (a) Curva com o valor máximo de potência em função da temperatura. (b) Curva de eficiência energética do inversor.

Por fim, com todos os dados da rede original da UFSM é possível então realizar simulações que apresentam a real situação de perdas de energia, carregamento da rede, níveis de tensão em cada ponto e ainda a inserção de fontes renováveis. Na Fig. 6 é apresentada a curva de carga simulada pelo *software* OpenDSS, onde é possível perceber os horários de maior carregamento da rede, em torno das 9h e as 13:30h.

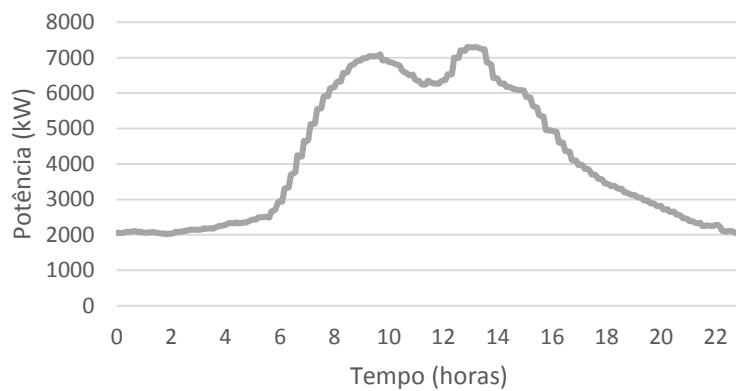


Figura 6 – Curva de carga na saída da Subestação.

#### 4. ESTUDO DE CASO

A partir do levantamento de dados feito na universidade tornou-se possível repassar tais parâmetros para o programa OpenDSS e assim, realizar a simulação de diferentes cenários de inserção da geração distribuída fotovoltaica. Para este estudo serão analisados os níveis de tensão em alguns pontos da rede, o fluxo de potência na subestação de entrada da universidade e as perdas elétricas no circuito. Para a escolha do melhor local para inserção dos painéis, primeiramente foi simulado o caso atual da universidade em períodos de 5 em 5 minutos para um dia, em busca do horário mais crítico para o sistema e assim, obter a localização mais eficiente para os geradores.

Com a simulação do caso atual, encontrou-se o horário mais crítico, sendo o das 14:45 horas, onde a sua carga máxima beira os 7 MW de carga. Para observar os pontos mais problemáticos neste horário pode-se utilizar o gráfico de tensão (pu) pelo comprimento da rede elétrica (Fig. 7), de forma que o programa OpenDSS proporciona tais gráficos em seus resultados.

Os valores mínimos e máximos de tensão podem ser identificados pelo traçado em vermelho no gráfico, estes se encontram entre 0,95 e 1,05 pu, de acordo com o Módulo 8 do PRODIST (ANEEL, 2017). Como podemos observar, os alimentadores do circuito apresentam valores abaixo do mínimo, alguns abaixo de 0,90 pu, de modo que estes valores foram utilizados na escolha da inserção da geração distribuída fotovoltaica. A Tab. 3 apresenta os valores críticos da simulação em cada ramo.

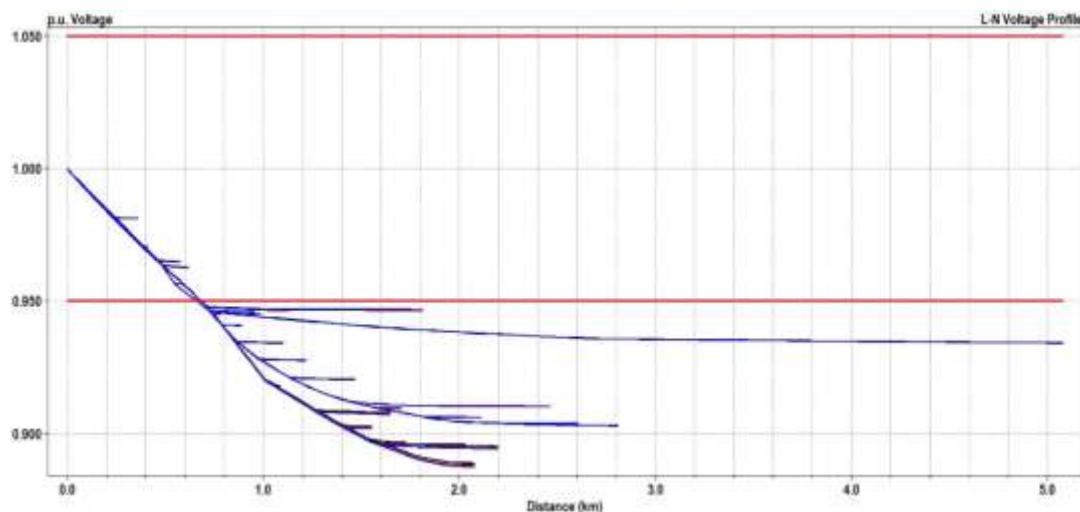


Figura 7 – Tensão pela distância da rede.

Tabela 3 – Valores mínimos de tensão dos alimentadores.

Barra	Tensão (pu)
316	0,888
273	0,895
229	0,910
423	0,946

A potência do circuito original é um importante fator a ser observado, pois dependendo destes fluxos podemos obter as regiões que mais utilizam energia na universidade e assim, trazer mais eficiência para a geração solar. Com a inserção de geradores nos alimentadores podemos esperar mudanças neste comportamento e nos valores de perda. A Fig. 8 apresenta a densidade de fluxo de potência (em azul) no campus da UFSM e os pontos em vermelho indicam as quatro localizações escolhidas para a inserção das gerações distribuídas fotovoltaicas. Como pode ser observado grande parte do fluxo se concentra no tronco principal dos alimentadores e depois se dissipam pelos ramos com menor concentração de carga.

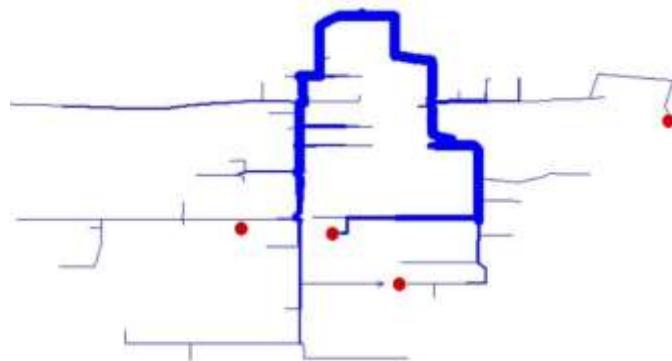


Figura 8 – Mapa do fluxo de potência da rede caso base.

#### 4.1 Simulações e Resultados

Nesta sessão explora-se o estudo de caso citado anteriormente com a introdução de quatro arranjos de geradores distribuídos fotovoltaicos nas barras com menor de tensão, junto com a modelagem utilizada para esses geradores no software OpenDSS. A simulação foi feita para corresponder a um dia, onde a cada intervalo de 5 minutos são analisados os valores de tensão, potência e perdas. São estudados três cenários com diferentes valores de capacidade de geração, sendo que os valores utilizados pelos geradores correspondem a uma porcentagem total da carga (10, 15 e 20%), e assim são analisados os valores de tensão para as barras críticas do sistema, o fluxo de potência na subestação de entrada e as perdas totais dos sistemas, comparando-os ao caso atual da universidade. Os cenários testados são:

- Caso 1 – Sistema padrão original;
- Caso 2 – Sistema com introdução de geração distribuída (10% da carga);

- Caso 3 – Sistema com introdução de geração distribuída (15% da carga);
- Caso 4 – Sistema com introdução de geração distribuída (20% da carga).

Os valores de potência e tensão foram observados nas barras ao longo do sistema utilizando-se os monitores que o programa apresenta, assim como um medidor de energia para contabilizar as perdas a partir da entrada do sistema. Os geradores fotovoltaicos ficaram concentrados em 4 pontos distintos da UFSM, como já citado anteriormente, estes operando com a mesma potência e supondo que estarão recebendo a mesma incidência solar. A curva de radiação ( $\text{W/m}^2$ ) considerada pode ser observada na Fig. 9, sendo esta a partir de dados do arranjo fotovoltaico instalado no telhado do bloco E do Colégio Politécnico.

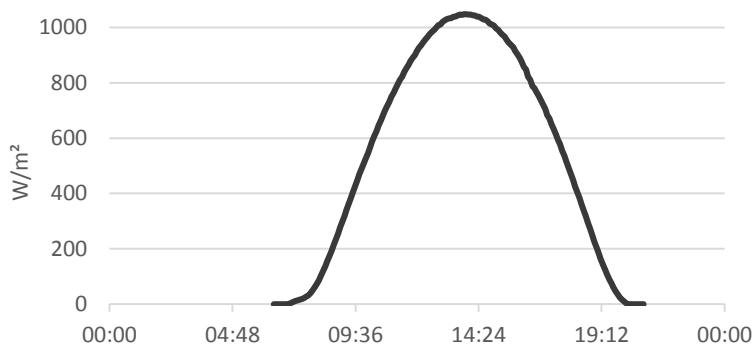


Figura 9 – Curva de irradiância solar do dia 19/janeiro/2017.

#### Níveis de Tensão

Com a geração distribuída se espera uma melhora nos níveis de tensão do sistema, podendo a energia gerada pelos painéis solucionar o caso de subtensão nas barras apontadas como críticas no sistema. A Tab. 4 apresenta os resultados das tensões obtidas para cada caso de geração distribuída inserida.

Tabela 4 – Valores de tensão

Casos \ Tensão (pu)	316	273	229	423
Caso 1	0,888	0,895	0,91	0,946
Caso 2	0,955	0,959	0,941	0,976
Caso 3	0,989	0,991	0,955	0,993
Caso 4	1,023	1,023	0,969	1,008

Os resultados obtidos mostram uma melhora significativa no perfil de tensão das barras mais críticas da rede, onde o aumento da potência de geração, no caso 4, soluciona todos os problemas de subtensão. Para observar melhor o efeito da geração distribuída na rede, são apresentados os gráficos da tensão pelo comprimento nas Fig. 10, 11 e 11.

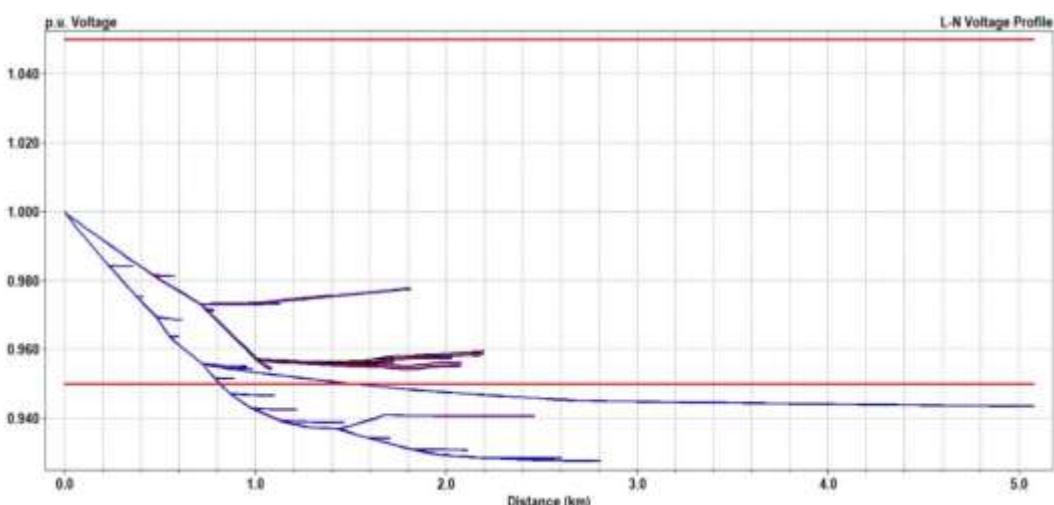


Figura 10 – Gráfico de tensão caso 2.

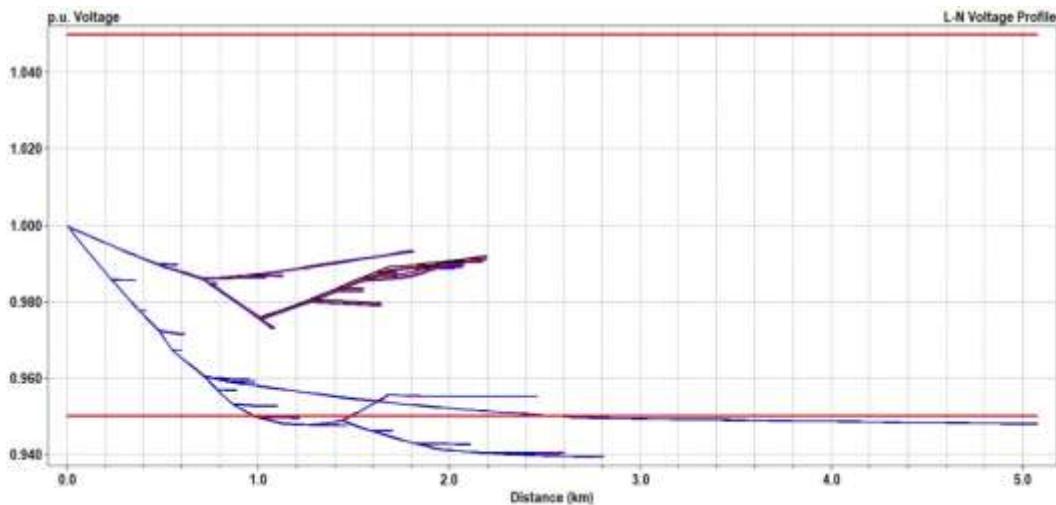


Figura 11 – Gráfico de tensão caso 3.

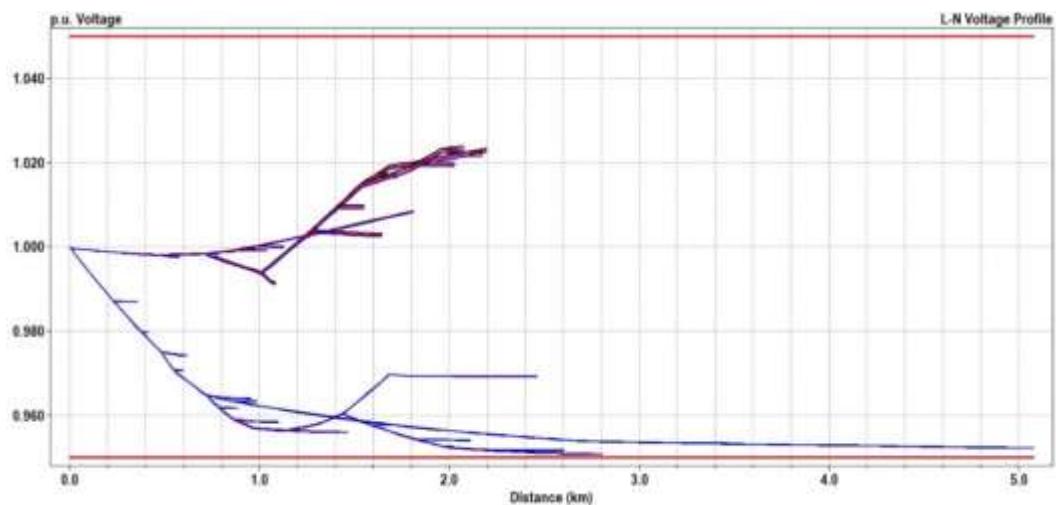


Figura 12 – Gráfico de tensão caso 4.

### **Fluxo de Potência**

No caso da potência, o objetivo é obter a menor necessidade de abastecimento por meio da subestação de entrada do campus, e com isso uma maior independência para a geração de energia no caso de um desligamento da rede principal. A Fig. 13 apresenta a variação do fluxo de potência para os diferentes níveis de geração solar.

Observa-se que, assim como os níveis de tensão, o caso 4 também se destaca pelo deslocamento no fluxo de potência. Dada uma maior inserção de geração, 20% da capacidade total da carga do sistema, a potência exigida da subestação de entrada torna-se menor.

### **Perdas Elétricas**

Pode-se observar as perdas elétricas do circuito através dos relatórios finais, essas perdas podem ser divididas entre comerciais e técnicas. Neste estudo foram consideradas apenas as perdas técnicas, ou seja, perdas devido ao transporte de energia ao consumidor final, de modo que grande parte destas se concentram nos cabos e transformadores da rede. Os valores de perdas para cada situação podem ser observados na Tab. 5.

Tabela 5 – Valores de perdas.

Casos	Potência Total (kW)	Perdas Totais (kW)	Perdas Totais (%)
1	6628	546,2	9,42
2	7022,8	266,0	4,96
3	7144,7	205,4	4,05
4	7240,9	281,5	3,89

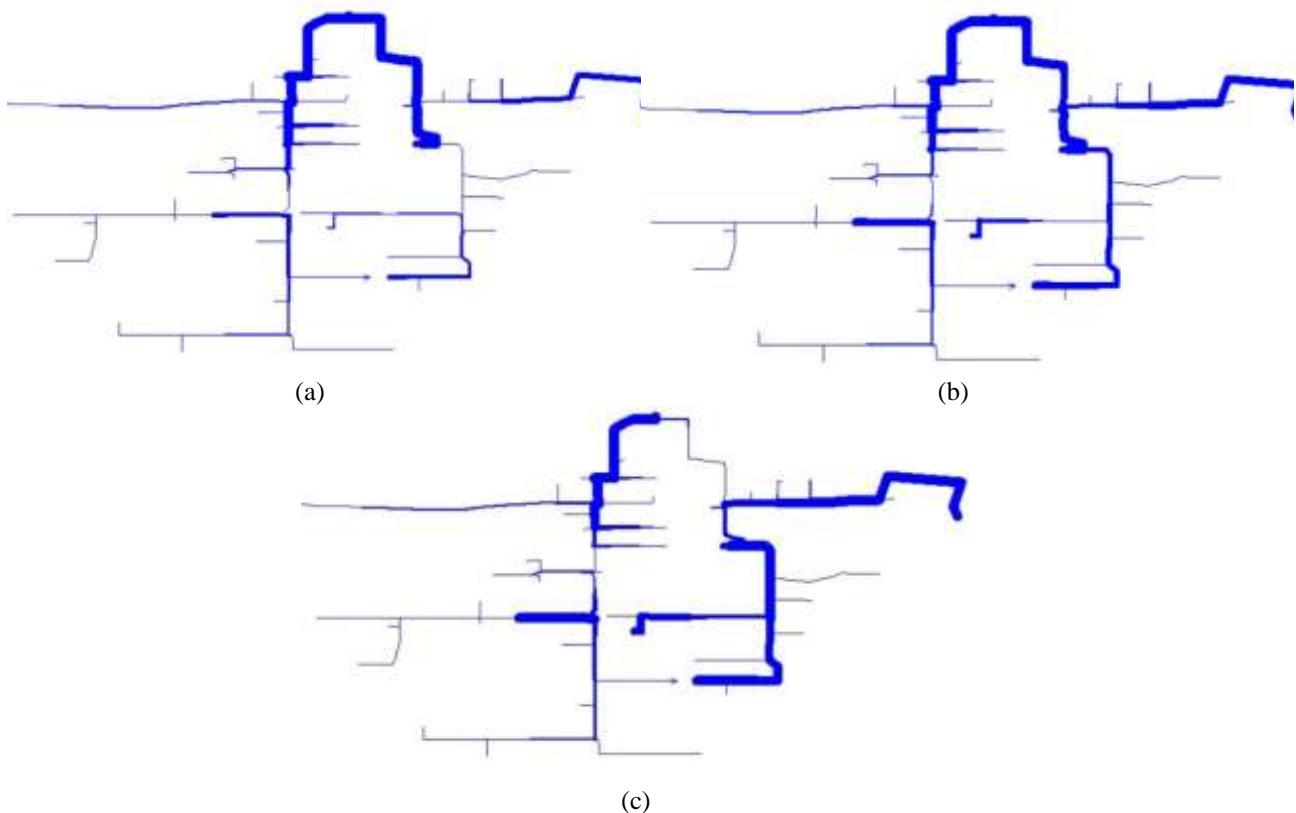


Figura 13 – Fluxo de potência: (a) Caso 2; (b) Caso 3; (c) Caso 4.

## 5. CONCLUSÕES

A expansão de investimentos em novas tecnologias depende diretamente do real conhecimento de sua ciência, nesse sentido, considerando geradores distribuídos conectados na rede de distribuição de energia necessita-se de estudos fidedignos de como tal inserção pode vir a impactar na rede elétrica.

O trabalho apresenta um caso específico para a rede elétrica da Universidade Federal de Santa Maria, de modo que a mesma conta com apenas uma subestação para o fornecimento de energia, e ao longo de sua existência aumentou consideravelmente a demanda por energia elétrica. Com isso, tal estudo teve o objetivo de demonstrar a situação atual da mesma, e uma possível solução para uma melhoria da qualidade de energia fornecida.

Optou-se pela análise do sistema original e a partir dos pontos que apresentaram tensões mais críticas fez a inserção de arranjos fotovoltaicos. Observou-se claramente que os perfis de tensão estão diretamente ligados ao comportamento do fluxo de potência no sistema, e consequentemente o caso com maior capacidade de geração mostrou-se mais vantajoso. Contudo, deve-se sempre levar em consideração que a melhoria da energia fornecida ao consumidor final só é válida quando se tem conhecimento do sistema e suas cargas, além da adequada localização e um correto dimensionamento das instalações de geradores. Ainda, considerando a geração fotovoltaica, a mesma pode variar ao longo do dia, o que pode acarretar em alguns problemas, como por exemplo, o fluxo reverso dependendo da potência dos geradores; uma maior comutação de tap de transformadores reguladores de tensão e consequentemente, uma menor qualidade de energia elétrica entregue.

Quanto às simulações elétricas, tem-se o uso do *software* OpenDSS, permitindo uma grande entrada de dados e possibilitando levar em conta variações tanto de carga quanto de geração ao longo do tempo. Destaca-se que o perfil de consumo pode apresentar grande variabilidade, o que justifica o uso de ferramentas capazes de fazer análises temporais, como no presente caso, em períodos de 5 em 5 minutos. Ainda vale ressaltar que dado um banco de dados em menor período de tempo os resultados seriam ainda mais significativos.

## REFERÊNCIAS

- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST. 2017.
- Bastos, C. B. S. Estudo dos Impactos de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica Utilizando Análise QSTS. 2015. 176 (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville/SC
- Esco-GD. Tecnologia em energia. 2017. Disponível em: <<http://esco-gd.com.br/>>. Acesso em: 23/outubro/2017.
- Fronius. Fronius Galvo 3.1-1 2017.
- Grabolle, P. 2010. A Integração de Sistemas Solares Fotovoltaicos em Larga Escala no Sistema Elétrico de Distribuição Urbana, Tese de Doutorado, UFSC, Florianópolis.
- IMS. PowerNET P-600 G4 - Analisador Portátil de Grandezas Elétricas. 2016. Disponível em: <<http://www.ims.ind.br/produto-detalhe/powernet-p-600-g4>>. Acesso em: 20/10/2017.
- Mather, B. A. Quasi-static time-series test feeder for PV integration analysis on distribution systems 2012.
- OPENDSS. OpenDSS PVSystem Element Model: Electric Power Research Institute: Open Distribution System Simulator p. 2011.
- Pinho, J. T.; Galdino, M. A. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual\\_de\\_Engenharia\\_FV\\_2014.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf)>. Acesso em: 19/outubro/2017.
- Risen Energy CO., L. Risen Solar Technology. p. SYP240S ~ SYP260P - Polycrystalline Module 60x6", 2016.
- Trevisan, A. S., 2011. Efeitos da Geração Distribuída em Sistema de Distribuição de Baixa Tensão, Tese de Mestrado, UFPR, Curitiba.

## ANALYSIS OF THE IMPACT OF DISTRIBUTED PHOTOVOLTAIC GENERATION IN THE ELECTRICAL NETWORK OF THE FEDERAL UNIVERSITY OF SANTA MARIA

**Abstract.** The answer to expand energy generation and diversify the energy matrix was using energy from renewable sources, such as solar and wind, found in abundance in different locations. Since photovoltaic solar energy is a promising energy source, because different from large centralized plants, photovoltaic distributed generation (GD) does not compete for the use of the soil, being incorporated to existing buildings and close to the load. Solar generation also presents challenges as it has a major impact on the entire power transmission and distribution system, since it changes the whole design of the current system. The insertion of this source into a power grid can generate advantages and disadvantages with respect to the quality of the energy between the customer and the distributor. Thus, this study seeks to analyze the electrical parameters of the Federal University of Santa Maria electrical system with the insertion of distributed photovoltaic generation, aiming at: power flow, voltage levels and losses. For this, the program Distribution System Simulator (OpenDSS) is used, where the simulations will be done, using the data acquired in the own institution.

**Key words:** Renewable Sources, Photovoltaic Distributed Generation, Electrical Parameters.