



Evento: X Seminário de Inovação e Tecnologia

SIMULAÇÃO DE UM TRECHO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO RADIAL SELETIVO SUBTERRÂNEO EM MÉDIA TENSÃO DA CEEE-D¹

SIMULATION OF A SECTION OF THE UNDERGROUND SELECTIVE RADIAL DISTRIBUTION SYSTEM IN MEDIUM VOLTAGE BELONGS TO CEEE-D

**Gustavo Eckhardt², Douglas Flores Copetti³, Lorenzo Ratzlaff Hermann⁴,
Renê Reinaldo Emmel Junior⁵, Paulo Sérgio Sausen⁶, Maurício de Campos⁷**

¹ Pesquisa institucional desenvolvida no Departamento de Ciências Exatas e Engenharias (DCEEng), pertencente ao Grupo de Automação Industrial e Controle (GAIC) em parceria com a Companhia Estadual de Energia Elétrica do Rio Grande do Sul (CEEE-D).

² Bolsista PROFAP/CEEE, aluno do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí, gustavo.eckhardt@sou.unijui.edu.br

³ Bolsista PROFAP/CEEE, aluno do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí, douglas.copetti@sou.unijui.edu.br

⁴ Bolsista PROFAP/CEEE, aluno do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí, lorenzo.hermann@sou.unijui.edu.br

⁵ Gerente do Projeto de P&D junto a Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica (CEEE-D).

⁶ Professor Pesquisador do Grupo de Automação Industrial e Controle – GAIC – Unijuí.

⁷ Professor Pesquisador do Grupo de Automação Industrial e Controle – GAIC – Unijuí, orientador.

RESUMO

Este trabalho apresenta a modelagem para a simulação no software Simulink®, de um trecho de um sistema de distribuição localizado no centro histórico da cidade de Porto Alegre - RS. O sistema Radial Seletivo Subterrâneo (RSS) alimenta os consumidores mais significativos do centro dessa capital e a perda financeira decorrente de uma falha nesse sistema pode refletir em grande prejuízo financeiro. Os resultados são adequados com o funcionamento do sistema real e a simulação se mostrou uma ótima ferramenta para análise de fluxo de potência no trecho do sistema de distribuição RSS em MT da CEEE-D. A modelagem desenvolvida permite realizar simulações para otimizar o funcionamento do sistema e realizar testes de falhas que possam ocorrer, de modo a preveni-las.

Palavras-chave: Qualidade de Energia. Sistema de Distribuição. Simulação.

INTRODUÇÃO

Interrupções no fornecimento de energia elétrica resultam em significativos prejuízos para as concessionárias. Na ocorrência de falhas, a imagem da concessionária é prejudicada, ocasionando redução de receitas e perda de credibilidade. O sistema Radial Seletivo Subterrâneo (RSS) alimenta uma parcela significativa do sistema de distribuição de energia elétrica do centro de Porto Alegre, concentrando os consumidores mais significativos do centro dessa capital. Nesse sentido, a perda financeira decorrente da parada, mesmo que parcial ou de curta duração, pode atingir a cifra de centenas de milhares de reais.



Além disso, a duração e a frequência destas faltas afetam negativamente os índices de qualidade de serviço, como por exemplo, os índices de Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC) e Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC), conforme definido no módulo 8 do PRODIST (ANEEL, 2021).

Desta forma, um sistema que auxilie no planejamento e na manutenção do sistema de distribuição de energia, constitui-se em uma poderosa ferramenta para a melhoria destes índices, minimizando significativamente as interrupções no fornecimento, proporcionando um significativo ganho econômico e de imagem para a concessionária de energia.

O objetivo da modelagem apresentada neste trabalho é representar um trecho do sistema de distribuição RSS em Média Tensão (MT) da CEEE-D, localizado no centro histórico de Porto Alegre - RS.

METODOLOGIA

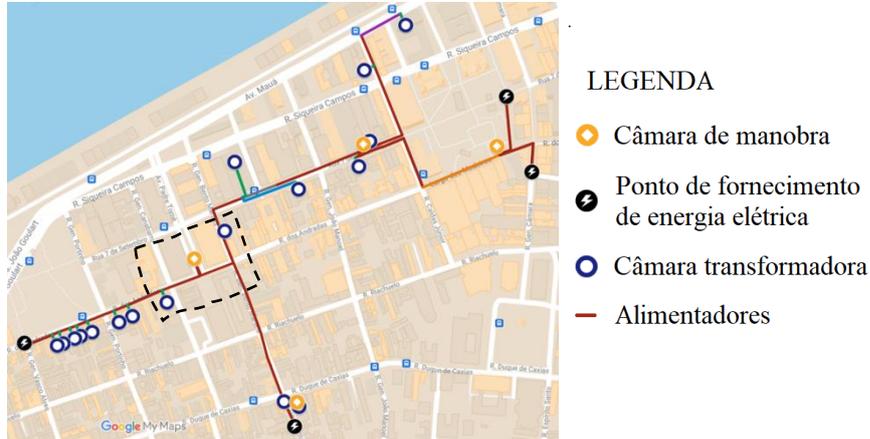
Em um sistema de distribuição RSS em MT, a linha é construída com dois ou mais alimentadores e os consumidores são ligados a pelo menos dois deles através de chaves reversoras. Isto é, chaves que, na condição normal, conectam o consumidor ou o transformador de distribuição a um dos alimentadores e, se necessário, transferem-no para o outro (KAGAN et al, 2010). Ainda que mais alimentadores possam ser utilizados, usualmente apenas dois são previstos. Eles são concebidos de forma que tenham a capacidade de suprir a carga total, caso necessário. Deste modo, ocorre um aumento na confiabilidade e na capacidade de manutenção do sistema (ISONI, 2021).

Em função do alto custo de instalação, estes sistemas são indicados, quando a densidade de carga atinge valores elevados, como em grandes centros comerciais ou residenciais (UNESP, 2021). Neste contexto, encontra-se o sistema de distribuição RSS em MT da CEEE-D no centro histórico de Porto Alegre.

A fim de representar o estado atual de um trecho deste sistema, foram coletadas informações de documentos fornecidos pela CEEE-D. Deste modo, utilizou-se a ferramenta Google My Maps© e organizou-se estas informações em um mapa, o qual é mostrado na Figura 1. Este mapa contém as informações pertinentes das câmaras de manobra, pontos de fornecimento de energia elétrica, câmaras transformadoras e dos cabos utilizados em cada segmento do trecho do sistema.



Figura 1 – Mapa do trecho do sistema de distribuição RSS da CEEE-D.

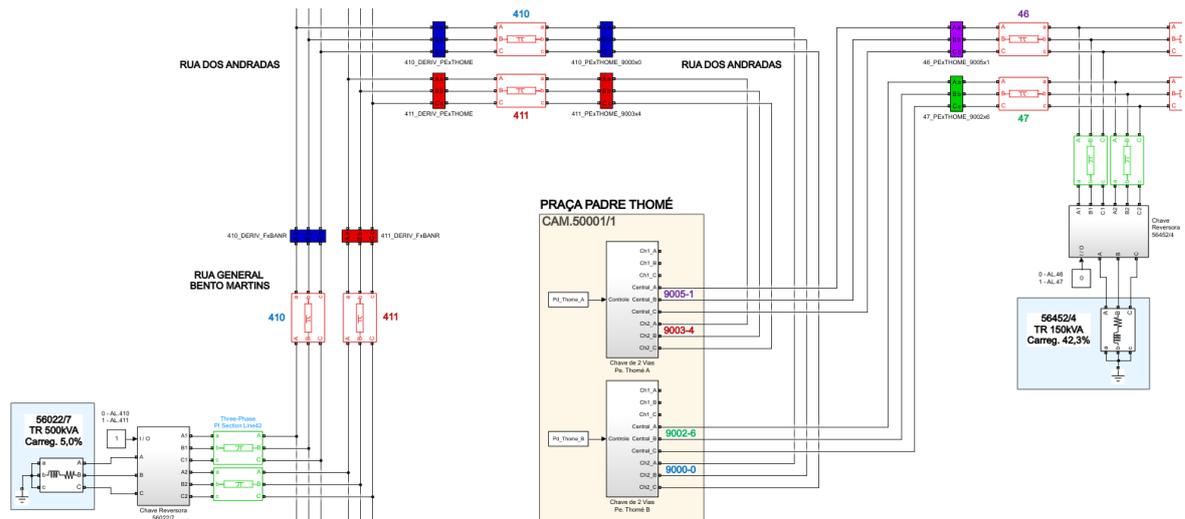


Fonte: Autores.

A partir destas informações, foi desenvolvida a simulação deste trecho de distribuição. Para isso, utilizou-se a ferramenta Simscape™, que permite que você crie modelos de sistemas físicos dentro do ambiente Simulink®, onde é possível avaliar o desempenho de todo o sistema (MATHWORKS, 2021). Ele também é totalmente integrado ao software RT-LAB® de simulação em tempo real e testes de Hardware-in-the-Loop (HIL) (OPAL-RT, 2021).

A Figura 2 mostra a parte da simulação do trecho da região que esta tracejada na Figura 1. A simulação não pode ser mostrada em sua totalidade, devido ao seu tamanho.

Figura 2 – Parte da simulação do trecho do sistema de distribuição RSS da CEEE-D.



Fonte: Autores.

Para representar o trecho do sistema de distribuição, as câmaras transformadoras foram consideradas cargas, para isso, analisou-se a potência nominal, o percentual de carregamento e



arbitrou-se um fator de potência de 0,8 para cada câmara, permitindo assim o cálculo da impedância equivalente. Para construir e validar os modelos para as chaves seccionadoras das câmaras de manobra, foram observados os diagramas esquemáticos das chaves nos documentos cedidos pela CEEE-D.

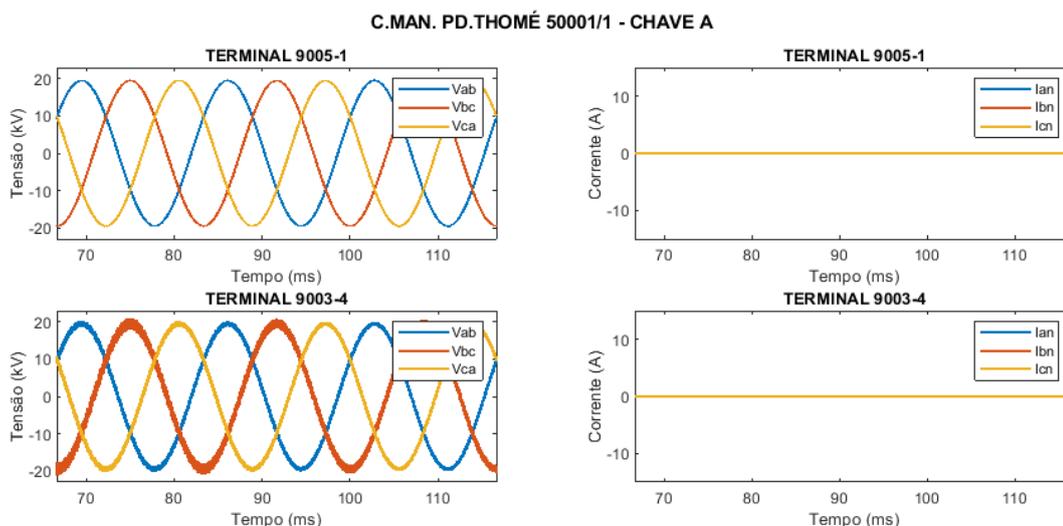
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para realizar a simulação, foi criado um cenário que representa o estado atual do sistema de distribuição. Deste modo foram definidos os estados das chaves seccionadoras das câmaras de manobra e das chaves de reversão, referente as cargas. Baseando-se nos documentos fornecidos pela CEEE-D.

Conforme estas definições, todas as cargas estão ligadas aos alimentadores 411 e 46, então não deve existir fluxo de potência nos demais alimentadores. Neste contexto, será analisado somente o fluxo de potência na chave seccionadora A.

Como para este cenário, foi definido que a chave estaria aberta, espera-se que não exista fluxo de corrente elétrica em seus terminais, mesmo existindo tensão elétrica. Nos resultados da simulação isso se confirma, conforme mostrado na Figura 3. Demonstrando que não existe fluxo de potência nesta chave.

Figura 3 – Resultados para a chave secc. A da câmara de manobra da Praça Padre Thomé.



Fonte: Autores.

Os resultados apresentados na simulação se mostram condizentes com o que realmente ocorre na prática, validando esta parte da simulação do trecho.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A simulação apresentou resultados adequados com o funcionamento do sistema real, entretanto, ela apresenta um potencial maior do que o demonstrado. Dentre algumas possibilidades, como realizar simulações para encontrar o melhor cenário de funcionamento do sistema, onde as perdas são minimizadas e realizar testes de possíveis faltas que possam ocorrer, de modo a preveni-las. Deste modo, a simulação se mostrou uma ótima ferramenta para análise de fluxo de potência no trecho do sistema de distribuição RSS em MT da CEEE-D, a qual pode realmente auxiliar na tomada de decisão do operador do trecho. Para trabalhos futuros, sugere-se a integração da simulação com o RT-LAB[©], de modo a realizar testes de HIL e em tempo real, utilizando assim, todo o potencial da simulação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UNIJUÍ e a CEEE-D pela bolsa de iniciação científica e ao GAIC pela disponibilização dos laboratórios para desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **PRODIST – MÓDULO 8:** Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST – Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica. 12 ed. Brasília: ANEEL, 2021. 88 p.

KAGAN, N.; OLIVEIRA, C. C. B.; ROBBA, E. J. **Introdução aos sistemas de distribuição de energia elétrica.** [S.l.]: Editora Blucher, 2010. 328 p. ISBN 9788521205395.

ISONI, Marcos. Relatório Técnico, **Arranjos de Sistemas de Distribuição Elétrica para Instalações de Médio e Grande Porte.** 2021. 23 p. Disponível em: <https://engeparc.com.br/cariboost_les/7-Sistemas_Distribuicao.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2021.

UNESP. Apostila, **Sistema de distribuição:** aspectos gerais de sistema de distribuição. Aspectos gerais de sistema de distribuição. 2021. Disponível em: <https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/apostila_sdee_01.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2021.

MATHWORKS. **Simscape – MATLAB & Simulink.** 2021. Disponível em: <https://www.mathworks.com/products/simscape.html>. Acesso em: 18 jul. 2021.

OPAL-RT. **Software Simulation - Real Time applications - RT labs.** 2021. Disponível em: <https://www.opal-rt.com/software-rt-lab-2-2/>. Acesso em: 19 jul. 2021.