

SIMULAÇÃO EM TEMPO REAL DE UM TRECHO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DUPLO RADIAL SUBTERRÂNEO EM PORTO ALEGRE-RS¹

**Cristina Schoefer Dessbesell², Gustavo Eckhardt³, Nathaly Priscila Müller⁴,
João Gabriel Lopes⁵, Maurício de Campos⁶**

¹ Projeto de Pesquisa desenvolvido na Unijuí, pertencente ao Grupo de Automação Industrial e Controle (GAIC) em parceria com a CEEE Equatorial;

² Bolsista PROFAP, estudante do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí, cristina.dessbesell@sou.unijui.edu.br;

³ Bolsista PROFAP, estudante do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí, eckhardt.gustavo@gmail.com;

⁴ Bolsista PROFAP, estudante do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí, nathaly.muller@sou.unijui.edu.br;

⁵ Bolsista PIBIC/CNPq, estudante do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí, joao.gl@sou.unijui.edu.br;

⁶ Professor Orientador da Engenharia Elétrica/PPGMMC/GAIC, campos@unijui.edu.br;

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o sistema elétrico de potência (SEP) vem passando por transformações significativas com a crescente demanda por eletricidade e a integração de fontes de energia renováveis intermitentes (CGEE, 2012). Com isso, a necessidade de monitorar, gerenciar e otimizar o SEP de maneira eficaz se tornou mais crucial do que nunca.

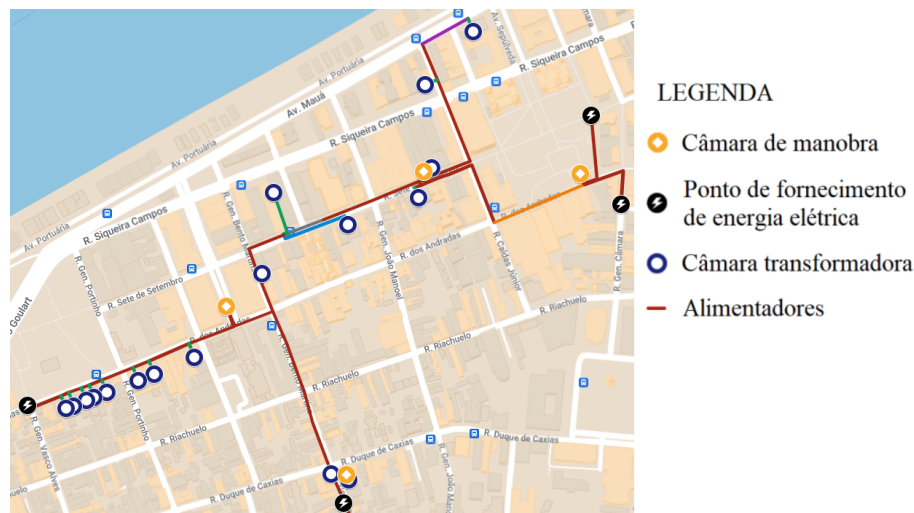
Nesse cenário, os gêmeos digitais surgem com a proposta de criar uma réplica de um sistema real em um ambiente digital. Através desta réplica, é possível explorar cenários e opções variadas antes de implementá-las fisicamente, tornando as tomadas de decisões mais eficientes (MUSSOMELI et al., 2018). No contexto do SEP, um gêmeo digital pode representar desde equipamentos individuais, bem como o sistema como um todo. A precisão e a riqueza de detalhes dos gêmeos digitais permitem replicar as condições reais do SEP (RODRIGUES; ARAUJO, FERREIRA; 2020), sendo possível elevar ainda mais seu nível ao ser utilizado em associação a ferramentas de simulação em tempo real.

Desta forma, o objetivo deste resumo expandido é apresentar a integração da modelagem de um trecho de um sistema de distribuição duplo radial subterrâneo (DRS) em Média Tensão desenvolvida no ambiente Simulink do MATLAB, com o *software* de simulação em tempo real RT-LAB da empresa OPAL-RT.

METODOLOGIA

O trecho modelado faz parte do sistema DRS da CEEE Equatorial, localizado no centro histórico de Porto Alegre – RS. Na Figura 1 é apresentado um mapa contendo o trecho do sistema de distribuição modelado.

Figura 1 - Mapa do trecho do sistema de distribuição DRS da CEEE Equatorial.

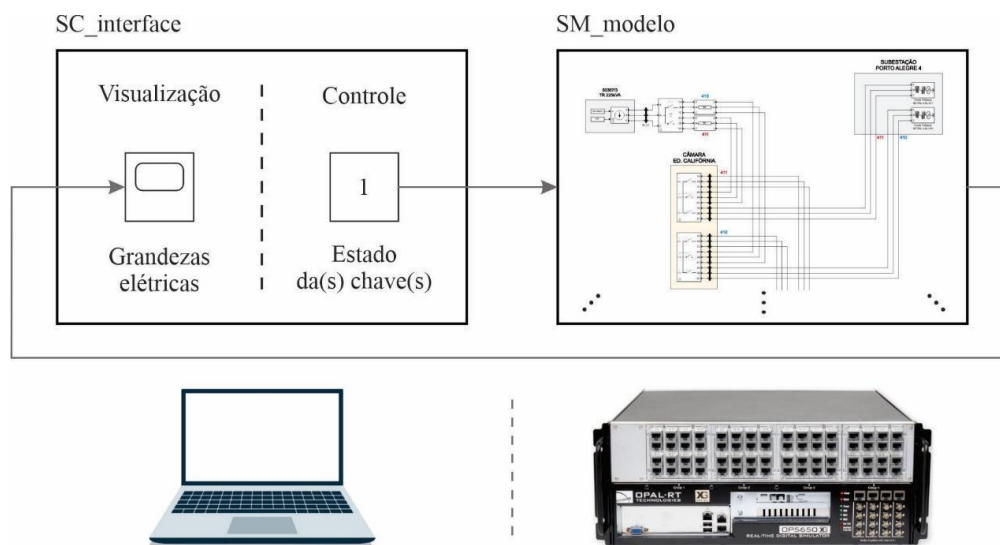


Fonte: Autores.

A modelagem do trecho do sistema de distribuição é realizada no ambiente Simulink do MATLAB, utilizando a biblioteca de modelos *Simscape*, através de informações fornecidas pela CEEE Equatorial sobre os equipamentos e cabos utilizados no trecho. O Simulink permite realizar a integração do sistema modelado na sua interface com o *software* RT-LAB. Assim é possível executar simulações e testes de *Hardware-in-the-Loop* (HIL) no simulador digital em tempo real OP5650XG da OPAL-RT (OPAL-RT, 2020).

Para realizar a integração do modelo criado no ambiente Simulink com o *software* RT-LAB, é necessário separar o modelo em dois subsistemas, conforme mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Integração do modelo do sistema de distribuição no simulador digital de tempo real OP5650XG.



Fonte: Autores.

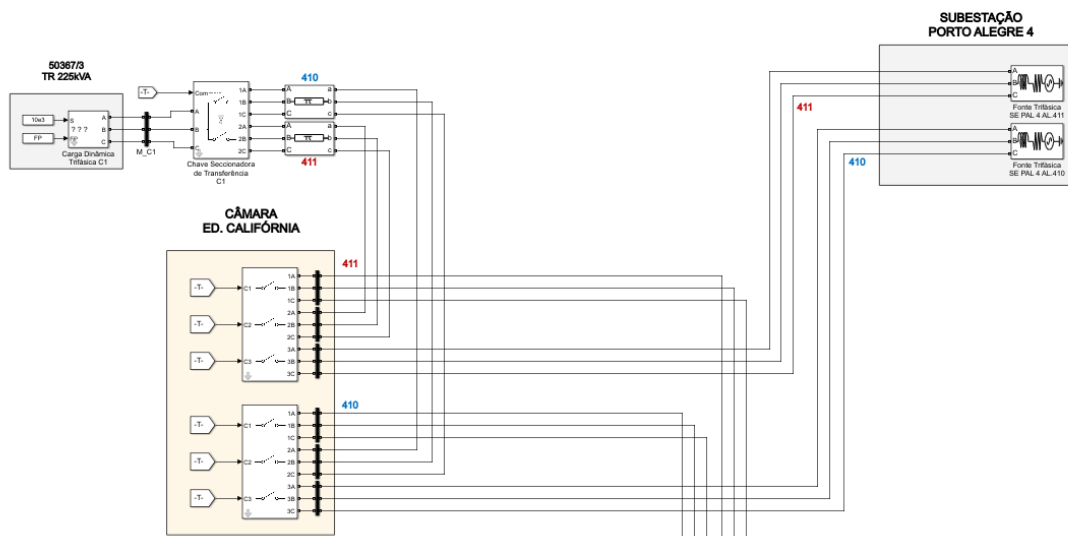
No primeiro subsistema são dispostos os sinais/ entradas que controlam as alterações a serem realizadas na simulação, além dos sinais que devem ser observados como resultado das alterações. Por exemplo, no caso deste modelo, estão dispostos os sinais dos comandos das chaves seccionadoras, de maneira a controlar o alimentador no qual o consumidor está conectado, e são visualizados os sinais das grandezas elétricas, como tensão, corrente, potência, etc, do sistema de distribuição modelado.

No segundo subsistema está disposto o modelo do sistema de distribuição em si, com o modelo das chaves seccionadoras, fontes, cargas/ consumidores e dos cabos subterrâneos, além do tratamento de dados de entrada e saída do subsistema. É importante salientar que enquanto o primeiro subsistema é executado no computador do usuário, o segundo subsistema é executado no simulador digital OP5650XG.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para realizar a simulação é definido um cenário para o sistema, onde são definidos os estados das chaves seccionadoras das câmaras de manobra e das chaves de reversão, estas últimas referente às cargas. No cenário simulado todas as cargas estão conectadas aos alimentadores 410 e 47, não existindo fluxo de potência nos demais alimentadores. Na Figura 3 é apresentado a parte da simulação que será utilizada nesse cenário, a simulação como um todo não é possível ser apresentada devido ao seu tamanho.

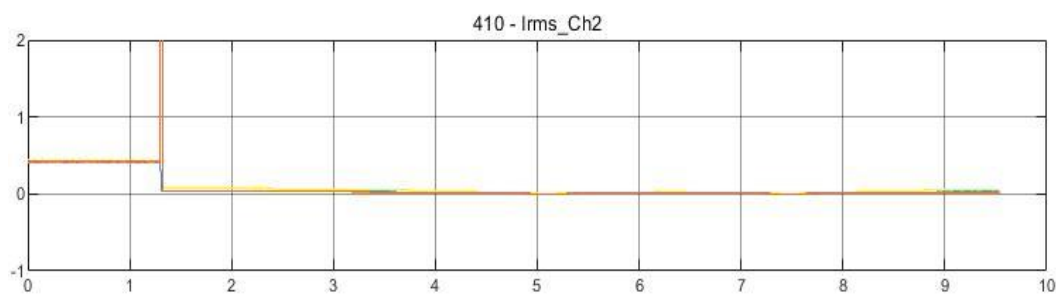
Figura 3 - Parte da simulação do trecho do sistema de distribuição DRS da CEEE Equatorial.



Fonte: Autores.

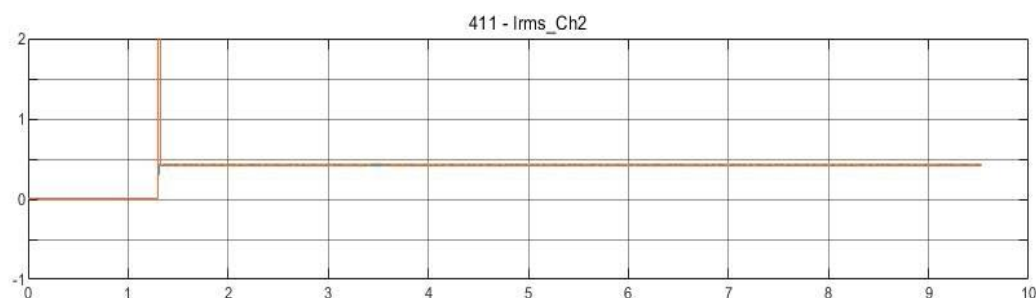
Todavia, para fins de demonstração do funcionamento em tempo real, é alterado o estado das chaves seccionadoras de transferência para os alimentadores 411 e 46, deste modo, conectando todos os consumidores/cargas a estes alimentadores. Os resultados da demonstração descrita podem ser observados nas Figuras 4 e 5, que evidenciam o funcionamento da simulação através do fluxo de corrente nas chaves.

Figura 4 - Fluxo de Corrente no Alimentador 410.



Fonte: Autores.

Figura 5 - Fluxo de Corrente no Alimentador 411.



Fonte: Autores.

É possível observar nas Figuras 4 e 5 que neste caso, o fornecimento de energia elétrica do consumidor 1, é transferido do alimentador 410 para o 411. Além disso, é possível visualizar que a manobra da chave ocasionou um transitório no sistema.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A simulação apresentou resultados adequados com o funcionamento do sistema real, todavia devido ao grande nível de comandos enviados e recebidos entre os dois subsistemas, o *sample time* da simulação teve que ser aumentado de 1 ms para 3 ms, devido a ocorrência de *overruns* no modelo. Deste modo, a simulação se mostrou uma ótima ferramenta para o monitoramento do modelo, auxiliando principalmente na tomada de decisões.

Para ser possível realizar uma integração completa entre o ambiente de simulação e os equipamentos instalados em Porto Alegre - RS, as atuais chaves seccionadoras isoladas a óleo instaladas no sistema, estão sendo substituídas por chaves seccionadoras isoladas a gás SF6. Essas novas chaves irão permitir o acionamento remoto, tornando possível também a comunicação com o ambiente RT-LAB, permitindo que a simulação utilize as grandezas medidas em tempo real no sistema físico.

Palavras-chave: Simulação em tempo real, Radial seletivo, RT-LAB.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CGEE. Redes Elétricas inteligentes: contexto nacional. - Brasília, DF: **Centro de Gestão e Estudos Estratégicos**, [s. l], 2012. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/11009594/Redes_Eletricas_Inteligentes_22mar13_9539.pdf/36f87ff1-43ed-4f33-9b53-5c869ace9023?version=1.6. Acesso em: 04 ago. 2023.
- GOMES, Flávio Vanderson; DEOTTI, Lucas Meirelles Pires. **Sistemas elétricos de potência**. Brasília: NT Editora, 2018. Disponível em: <https://avant.grupont.com.br/dirVirtualLMS/arquivos/arquivosPorRange/0000000498/texto/bfe478188d1fe0b1a2d11097b2016ae5.pdf>. Acesso em: 04 ago. 2023.
- MUSSOMELI, Adam; MEEKER, Brian; SHEPLEY, Steven; *et al.* **Signals for Strategists Expecting digital twins Adoption of these versatile avatars is spreading across industries**. [S.l.]. 2018. Disponível em: https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/3773_Expecting-digital-twins/DI_Expecting-digital-twins.pdf. Acesso em: 04 ago. 2023.
- OPAL-RT. **RT-LAB: Quick Start Guide**. [S.l.]. 2020. Disponível em: https://www.opal-rt.com/resource-center/document/?resource=L00161_0582. Acesso em: 07 ago. 2023.
- RODRIGUES, Gustavo Aragão; FERREIRA, Tarso Vilela; ARAUJO, Bruno Vinícios Silveira. Gêmeos Digitais e Método dos Elementos Finitos, um Estudo de Caso: Mapeamento Térmico de Transformador. **Congresso Brasileira de Automática-CBA**. 2020. Disponível em: https://www.sba.org.br/open_journal_systems/index.php/cba/article/view/1244. Acesso em: 07 ago. 2023.