

# EDUCATIONAL PLATFORM FOR OPERACIONAL ANALYSIS OF DISTRIBUTION NETWORKS

**Caio dos Santos, Marina Camponogara, Daniel P. Bernardon**

Universidade do Federal de Santa Maria - UFSM

Centro de Excelência em Energia e Sistemas de Potência - CEESP

caiodos.santos@hotmail.com, camponogaramarina@gmail.com, dpbernardon@ufsm.br

***Abstract.** For ideal engineer formation it is necessary to combine theoretical and practical knowledge. However, not all segments of Electrical Engineering have instruments that allow performing experiments or implementing theories in laboratories. Thus, in this paper will be introduced the development of an educational platform that be able to reproduce all the operational characteristics of a real network in laboratory.*

***Palavras-chave:** Plataforma educacional, Métodos de otimização, Redes de distribuição.*

## 1. INTRODUÇÃO

A capacidade profissional de um engenheiro está diretamente relacionada ao nível técnico e teórico desenvolvido ao longo da graduação. Devido a este fato, inovar em métodos de ensino é fundamental para manutenção de bons profissionais, considerando as constantes mudanças ocorridas no mercado de trabalho.

Dessa forma, destaca-se a importância de esculpir nos futuros engenheiros a competência em identificar problemas, priorizá-los, analisar as alternativas e solucioná-los. Quando direcionados ao contexto do presente trabalho, verifica-se a importância das qualidades citadas no processo operacional de uma rede de distribuição (RD).

Contudo, nota-se uma carência de equipamentos didáticos capazes de possibilitar a implementação da teoria vista em aula. Sendo assim, visando sanar parte deste problema, o presente trabalho objetiva expor o desenvolvimento de uma plataforma experimental utilizada como um meio de análise de aplicabilidade de métodos de otimização de processos de reconfiguração automática de RD.

## 2. METODOLOGIA EMPREGADA NA OTIMIZAÇÃO DE REDES

O processo de reconfiguração de redes é consequência de diversos fatores que levam à sua execução. Na maior parcela dos casos, quando se utiliza esta técnica pretendendo otimizar o sistema busca-se, principalmente, a redução de perdas. Entretanto, os processos de otimização, em sua maioria, possuem multicritérios, sendo necessário o uso de algoritmos que auxiliem na tomada de decisão.

Além disso, avaliar as possíveis alternativas de topologia de sistemas reais torna-se algo impraticável ao se deparar com a quantidade de possibilidades, devido à quantia numerosa de dispositivos de chaveamento presentes no sistema. Ainda, restrições operacionais, como níveis de tensão e a radialidade dos alimentadores (ALs) incorporam o nível de complexidade desse estudo, como apresentado por Kalantar *et al.* [1].

Assim, considerando os fatores apresentados, esta seção objetiva expor o processo utilizado na busca de uma topologia ótima de rede.

### 2.1. Método de Seleção de Topologia de Rede

A escolha de uma topologia ótima exige dedicação à análise e planejamento, uma vez que é um dos principais fatores que dificultam o processo de reconfiguração de RD. Por conta disso, propõe-se neste trabalho a utilização da técnica *Branch Exchange* (Troca de Ramos), altamente difundida na literatura devido a facilidade em implementá-la.

Basicamente, este método consiste em mudanças sucessivas de topologia, por meio da abertura seguida do fechamento de uma chave, de modo a manter a radialidade. A busca pelo resultado ótimo ocorre de maneira iterativa, ou

seja, a cada nova topologia é feita a comparação com outra solução através dos resultados obtidos com o fluxo de potência respectivo a cada configuração.

Dessa forma, o algoritmo será implementado enquanto houver novas reduções dos indicadores da função objetivo (FO), e que ao mesmo tempo respeite as restrições da rede (Santos *et al*, 2016). [2]. Assim, este só será finalizado quando não houver mais mudanças quantitativas nos critérios de otimização.

Outro fator preponderante neste estudo é a continuidade do serviço durante o processo. Isso porque, durante a otimização da rede, a interrupção no fornecimento de energia elétrica é indesejável. Logo, a ligação paralela entre ALs é a única forma de não interromper o serviço. Por consequência dos possíveis danos no sistema, o paralelismo é seguido de estudos que viabilizam a execução das manobras.

Por se tratar de um assunto complementar acerca do tema proposto, os efeitos ocasionados no paralelismo não são apresentados no presente trabalho. Entretanto, foram desenvolvidos estudos necessários que viabilizam esta técnica e a partir de seus resultados [2] verificou-se que as manobras realizadas e apresentadas a seguir não extrapolam as restrições.

### 3. PLATAFORMA EDUCACIONAL

Entendendo a importância do processo operacional de rede e visando a evolução profissional de alunos de graduação, foi desenvolvido um sistema experimental que possibilita a análise de aplicabilidade de métodos de otimização em um ambiente controlado.

Para tanto, foram desenvolvidas ferramentas que permitem a avaliação prévia das manobras e de seus respectivos impactos na rede. Essas ferramentas constituem-se de uma rede compacta para testes laboratoriais e um painel didático interativo, sendo estes integrados a um sistema de supervisão e controle (SCADA), por onde serão controlados os níveis de corrente, avaliados a transferência de informações, o tempo de comunicação no envio de comandos e as possíveis falhas dos equipamentos utilizados.

### 3.1. Rede Experimental

A rede experimental é a representação equivalente de uma RD modelo com dimensões reais. As reduções são realizadas através de estudos que visam determinar as chaves do sistema com maior grau de importância, em vista dos objetivos a serem alcançados, ou seja, aquela que, quando manobrada, apresente uma melhora significativa nos critérios [2].

A representação desta, por sua vez, é feita através de dispositivos como relés de proteção, sistema de aquisição de dados, dispositivos de leitura de corrente e banco de cargas resistivas. Cada um desses dispositivos representa os principais elementos da rede, descritos a seguir.

**Equipamentos envolvidos.** As chaves do sistema foram representadas através de relés de proteção, utilizando os modelos Siemens 7SJ600 e Pextron URP6001, sendo o último contemplado com a função de controle remoto através da comunicação serial RS-232. A escolha destes deve-se a diversidade de funções que podem ser atendidas por um único dispositivo.

Além dos relés, a rede experimental conta com um sistema de aquisição de dados (*datalogger*), responsável pela coleta das leituras realizadas pelos relés e transformadores de corrente (TC) instalados ao longo da rede.

Já as cargas da rede são representadas por elementos resistivos, capazes de proporcionar carregamento semelhante, porém de maneira reduzida, que uma rede real possui.

### 3.2. Painel didático

Desenvolvido com o intuito de facilitar a operação das chaves manuais, o painel didático é uma ferramenta flexível que permite a representação de qualquer topologia de RDs que contenha até três ALs e seis chaves.

Para tanto, foram desenvolvidos blocos que representem os principais elementos operacionais de uma rede, bem como suas cargas (Figura 1).

Quanto aos blocos de carga, estes tem como função auxiliar no controle de carregamento de cada AL e informar a origem da energia fornecida a ela, através de um sistema de controle interativo feito por LEDs. Todos os

blocos possuem formato que facilita no posicionamento deste ao longo dos trilhos do painel.

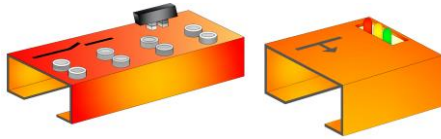


Figura 1 - Blocos operacionais do painel: chave e carga.

Devido sua aplicação ser direcionada a análise de aplicabilidade de métodos de otimização, o painel também conta com um sistema de alarme de paralelismo (Figura 2), o qual associa as medições de corrente feitas pelo relé ao grau de viabilidade da ligação paralela entre dois ALs.

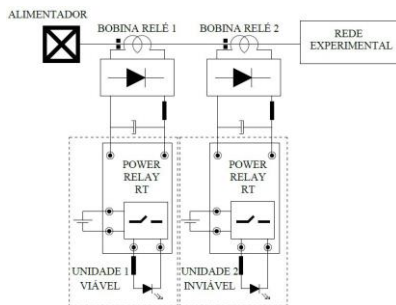


Figura 2 - Sistema de alarme de paralelismo

### 3.3. SCADA

A fim de otimizar o processo de reconfiguração de rede, desenvolveu-se um sistema SCADA (Figura 3) para a realização de manobras automáticas e o controle das variáveis de estado da rede, como a corrente de saída de cada AL e estados das chaves, seja ela telecomandada ou manual.

Para estabelecer a comunicação entre o SCADA e a chave de comando remoto, utilizou-se o driver DNP3 Master RS-232, enquanto para o monitoramento do estado das demais chaves da rede foi utilizada comunicação serial RS-485, através do protocolo de comunicação MODBUS RTU.

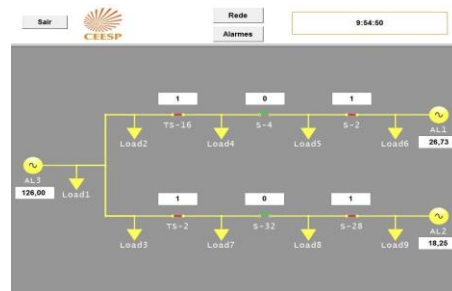


Figura 3 - SCADA desenvolvido.

## 4. ESTUDO DE CASOS

Com as ferramentas devidamente apresentadas, foram realizados testes em laboratório a fim de validar os resultados obtidos com a ferramentas computacional. Com isso, além da metodologia proposta em laboratório, também são analisados a eficácia dos sistemas de comunicação e suas possíveis falhas de comando (chave telecomandada).

Para tanto, considere uma situação em que a rede, apresentada na Figura 4, encontra-se com alto nível de perda elétrica e baixa confiabilidade, devido 85% de toda rede estar sendo alimentado apenas pelo AL-103 (vermelho).

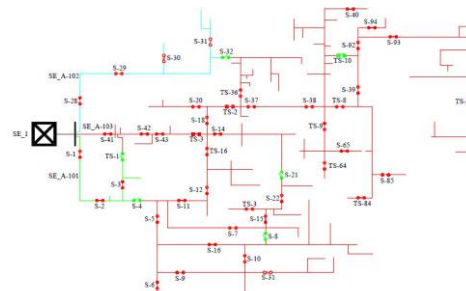


Figura 4 – Rede completa: topologia inicial.

Frente a essas circunstâncias, através da metodologia proposta, é feita a otimização da rede, de modo a alcançar a topologia que apresente índices de desempenho superiores à configuração inicial. Para tanto, foram necessárias doze manobras para balancear o sistema, obtendo a redução de 67% das perdas elétricas na rede primária (Tabela 1). Quanto a configuração obtida ao final do processo, esta é apresentada pela Figura 5.

Tabela 1 – Redução de perdas elétricas

	Inicial	Final
PERDAS (kW)	72,94	24,02

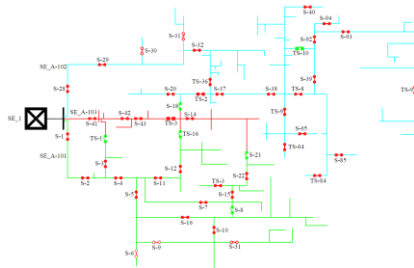


Figura 5 - Topologia ótima da rede completa.

Obtendo o sucesso na implementação computacional, o mesmo processo é testado em ambiente controlado, a fim de por em prova a eficácia da plataforma experimental. Sendo assim, buscou-se representar a rede de testes de maneira reduzida, sem que esta perdesse suas principais características, auxiliando na validação da metodologia proposta.

Assim, considerando todos os fatores citados, tem-se a representação reduzida da RD apresentada na Figura 6.



Figura 6 - Rede experimental: Topologia inicial.

Por meio desta, foram realizados os mesmos processos de otimização implementados na rede real. Entretanto, em laboratório foram necessárias apenas quatro manobras para a obtenção da topologia ótima, a qual apresentou uma redução de 60% nas perdas de energia (Tabela 2). A configuração final da rede, por sua vez, é apresentada na Figura 7.

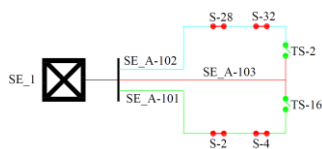


Figura 7 - Topologia Ótima da rede de testes.

Tabela 2 – Redução de perdas na rede de testes.

	Inicial	Final
PERDAS (W)	31,15	10,20

Integrando todas as ferramentas apresentadas, tem-se a plataforma experimental proposta neste trabalho. Esta é apresentada através da Figura 8 e, pela qual verifica-se seu funcionamento, operando em conjunto com o

sistema supervisor, durante o processo de reconfiguração laboratorial.



Figura 8 - Plataforma educacional

## 5. CONCLUSÕES

A importância de equipamentos didáticos no desenvolvimento profissional é incontestável. No caso em estudo, verificou-se que a plataforma desenvolvida correspondeu às expectativas iniciais, apresentando resultados próximos aos obtidos na ferramenta computacional, havendo apenas alguns detalhes entre os resultados, devido limitações técnicas.

Dentre elas, destaca-se a diferença entre a redução percentual do carregamento do AL-103 obtido em laboratório com as simulações. Parte deste problema poderia ser sanado através do fracionamento das cargas representadas do circuito em questão (AL-103). Deve-se ressaltar que comparação entre os resultados é feita através da comparação entre a variação obtida ao final do processo, e não entre os valores de potência.

Ademais, conclui-se que a plataforma experimental demonstrou-se útil estudos de otimização de redes. Isso porque, através dela, foi possível verificar a aplicabilidade da metodologia proposta, com baixos tempos de envio e leitura de comandos e a validação de manobras, por meio do sistema de alarme de paralelismo.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Kalantar, M. et. al. (2006). "Combination of network reconfiguration and capacitor placement for loss reduction..." Anais: Proc. Of the 41<sup>st</sup> UPEC, UK.
- [2] Santos, C.; et. al. (2016). "Desenvolvimento de rede experimental para análise de métodos de otimização de redes de distribuição..." (SBSE 2016), Natal, RN, Brasil.