

Reconfiguração de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica com Geração Distribuída

Raphael Carrijo de Oliveira¹ (EG), Marcelo Escobar de Oliveira¹ (PQ)

¹Instituto Federal de Goiás, *Campus Itumbiara*.

Área do Conhecimento: (3.04.04.02-9)

Engenharia Elétrica: Sistemas Elétricos de Potência: Distribuição da Energia Elétrica

Resumo

O presente trabalho é sobre elaboração de um software de reconfiguração de sistemas de distribuição de energia elétrica, visando à capacidade de hospedagem de geração distribuída (GD), importante destacar que geração distribuída é uma expressão designada para gerações elétricas realizadas próximas ao consumidor, independente da potência, tecnologia e fonte de energia. As tecnologias têm evoluído para incluir potências cada vez menores, A GD inclui painéis fotovoltaicos, Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH's) e etc. Assim, à medida que a geração distribuída (GD) está crescendo em todo o mundo, a necessidade de aumentar a capacidade de hospedagem de sistemas de distribuição já existentes tem se tornado uma grande preocupação por parte dos órgãos reguladores e, sobretudo das concessionárias de energia. Na literatura são constatados diferentes métodos que são utilizados para realizar reconfiguração de sistemas. Estes métodos podem ser classificados basicamente em: otimização clássica-programação matemática, otimização estocástica e meta-heurística, neste trabalho foi abordada meta-heurística, pois é um conjunto de metodologias de programação, as quais são utilizadas para resolver de forma genérica problemas de otimização. O algoritmo genético multiobjetivo NSGA II é o método utilizado para otimização do sistema, pois as redes elétricas são construídas com certa quantidade de chaves de manobras instaladas, assim, dentre as diversas possibilidades de chaveamento e, diversas configurações possíveis, deve-se buscar aquela que melhor atenda às necessidades e melhoria do sistema, tais como: radialidade do sistema, níveis aceitáveis de tensão, confiabilidade, menores índices de perdas.

Palavras-chave: Algoritmo genético; Geração distribuída; Reconfiguração de redes.

Introdução

No setor elétrico brasileiro, a grande dificuldade em se construir novos sistemas elétricos de distribuição e transmissão, e até mesmo de geração, faz com que as empresas de energia elétrica busquem primeiramente a utilização dos sistemas elétricos já existentes.

A implantação de pequenos geradores próximos a grandes grupos consumidores, como era feito antigamente, tem surgido como a grande alternativa para o setor. O grande avanço tecnológico tem permitido a geração de energia elétrica a partir de outras fontes primárias de energia, como: fotovoltaica, eólica, biomassa, dentre outras, denominadas de Geração Distribuída (GD).

O aumento da quantidade de geração distribuída tem sido incentivada em todo o mundo, pois, além de não necessitar de grandes espaços, a grande maioria utiliza-se de tecnologias não poluentes. Porém, com a instalação de geradores distribuídos nas redes de distribuição, tanto na média quanto na baixa tensão, as redes de distribuição deixam de ser passivas (fluxo unidirecional desde a subestação até os consumidores finais), e então, todas as questões envolvendo manutenção, planejamento e operação dos sistemas de energia elétrica precisam ser reinvestigadas. Assim, os impactos desta inserção de GD na rede podem ser tanto benéficos quanto prejudiciais ao sistema.

Atualmente, não se tem uma legislação bem definida para restrições em relação à quantidade de geradores distribuídos nos sistemas de distribuição, bem como montante de potência gerada. Muitas vezes são necessárias ações como o reforço da rede para suportar esse novo

cenário, ou até mesmo a necessidade de solicitar uma limitação da geração de determinado prossumidor.

Desta forma notou-se a oportunidade de aplicar e utilizar todo o potencial da Inteligência Artificial para buscar e criar uma solução relacionada à reconfiguração da rede para se determinar a capacidade de hospedagem de geradores distribuídos em alimentadores de distribuição de energia elétrica.

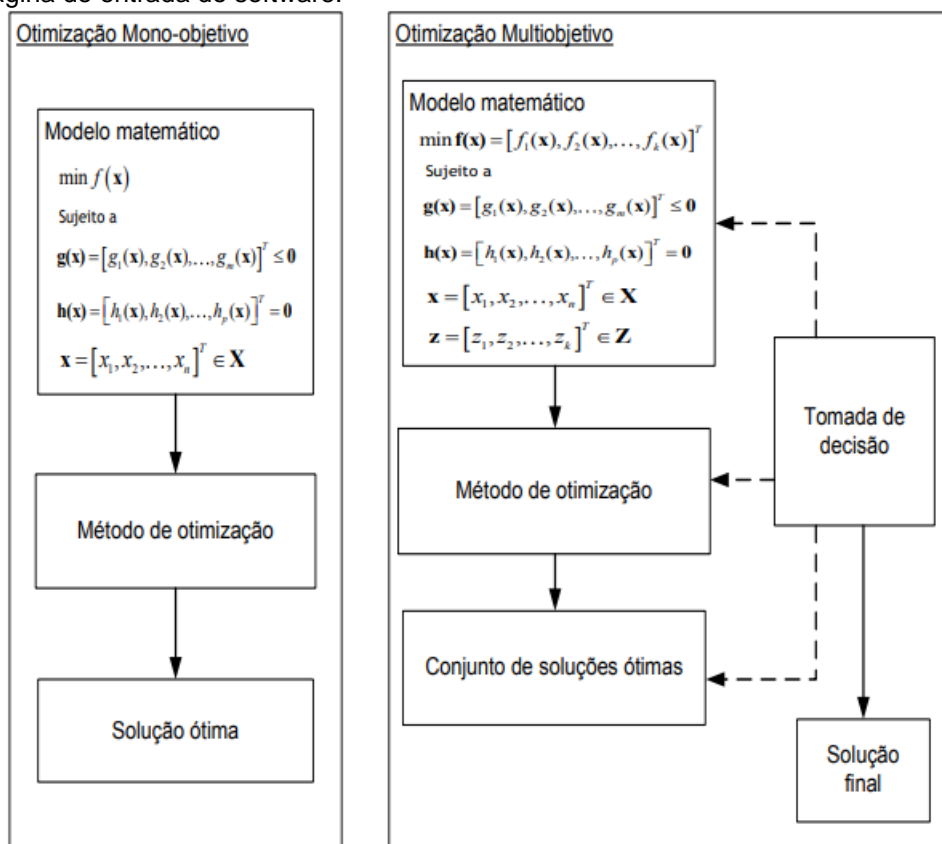
Material e Métodos

Os métodos de reconfiguração de redes de distribuição analisados podem ser classificados basicamente em dois grandes grupos: métodos estatísticos e métodos baseados em inteligência artificial, neste trabalho foram dados maiores focos à utilização de inteligência artificial, mais especificamente Algoritmo Genético.

Algoritmos genéticos são uma classe particular de algoritmos evolutivos que usam técnicas inspiradas pela biologia evolutiva como hereditariedade, mutação, seleção natural e recombinação. Tradicionalmente, o processo de otimização matemática está baseado na minimização ou maximização de uma função objetivo sujeita a um conjunto de restrições que define a factibilidade. Em oposição à Otimização Multiobjetivo (OM), esse modelo será designado por otimização mono-objetivo. A função objetivo e as restrições são funções matemáticas das variáveis de decisão, que são grandezas controláveis, e de parâmetros que são dados do problema.

Nesse contexto, a OM consiste em minimizar ou maximizar simultaneamente um conjunto de objetivos sujeito a uma série de restrições. Esse processo, comparado ao da otimização mono-objetivo, está representado na Figura 1.

Figura 1 – Página de entrada do software.



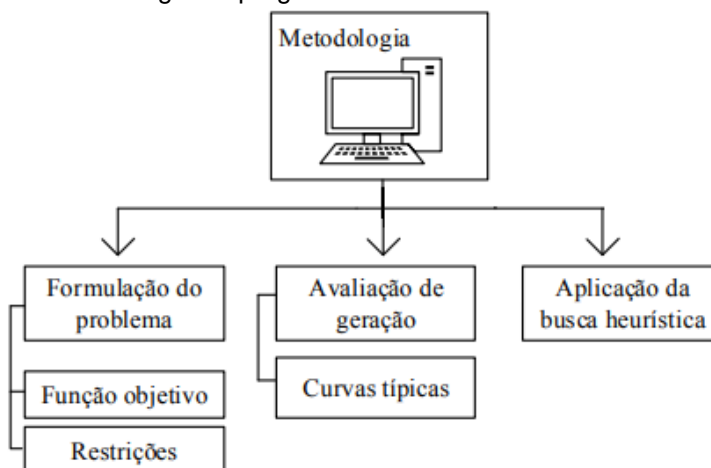
Fonte: Elabora pelo próprio autor.

Nota-se pelo diagrama da Figura 1 que a estrutura da otimização multiobjetivo é mais complexa que a otimização mono-objetivo, oferecendo, contudo maior possibilidade de articulação do agente humano responsável pela decisão com o processo de busca pelas soluções ótimas. O bloco de tomada de decisão, que ocorre de forma explícita na otimização multiobjetivo como indicado, é o que representa essa intervenção do agente decisor, o qual pode introduzir suas preferências ou prioridades em diferentes fases do processo de otimização: seja inicialmente no modelo matemático, ou durante a aplicação do método de busca pelo conjunto de soluções ótimas ou, ainda, sobre o conjunto de soluções ótimas já determinado pelo método de otimização.

O algoritmo escolhido foi o NSGA II (Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II) que é um algoritmo multiobjetivo, baseado em Algoritmos Genéticos, que proporciona uma comparação mais justa entre os vários objetivos, foi implementado o conceito de Dominância que é uma característica dos Algoritmos multiobjetivos. Essa classe de algoritmos que leva em consideração a otimização de mais de um objetivo (vários objetivos são minimizados ou maximizados dependendo do tipo de problema), sendo estes normalmente conflitantes [2-3].

Ademais, para solucionar o problema de reconfiguração de redes de distribuição com geradores distribuídos é necessário analisar alguns aspectos relacionados à operação do sistema, como: (i) formular o problema e estabelecer uma função objetivo e restrições; (ii) utilizar um método de reconfiguração para a otimização da rede; (iii) avaliar geração e curvas típicas de carga e (iv) Empregar um método para tomada de decisão multicriterial, considerando que há mais de um indicador de desempenho da rede a ser avaliado. A Figura 2 apresenta a arquitetura da metodologia empregada.

Figura 1 - Arquitetura da metodologia empregada.

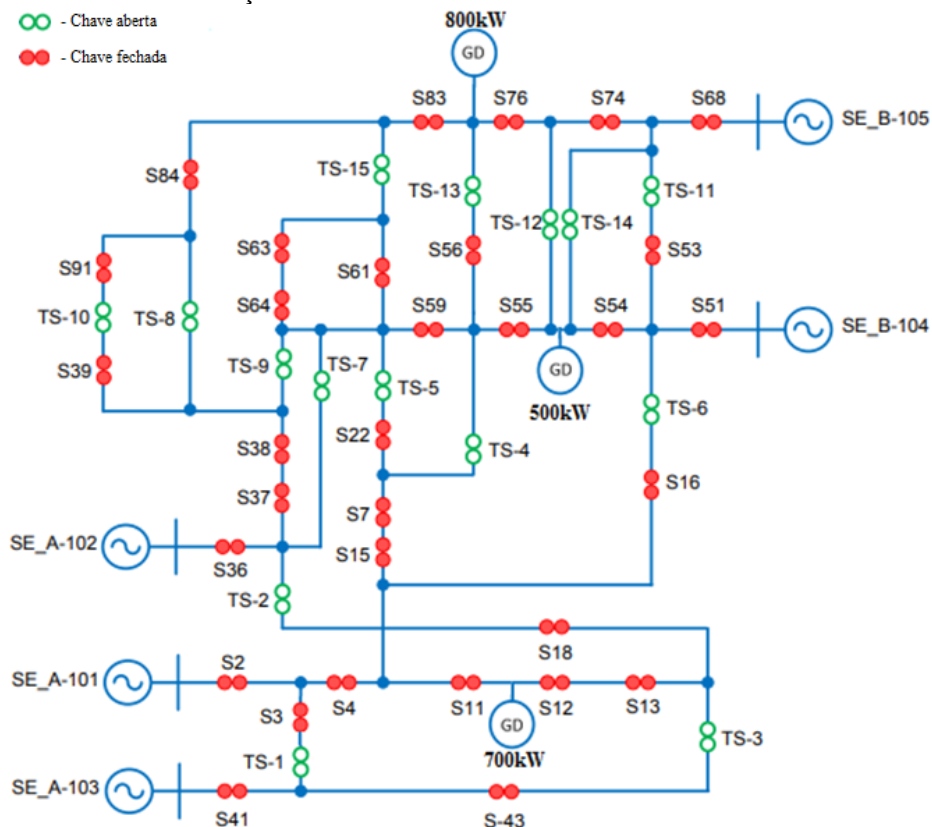


Fonte: Elabora pelo próprio autor.

Resultados

A rede de média tensão em estudo, apresentada na Figura 3, é alimentada por duas subestações (SE-A e SE-B) com tensão de 69/13,8 kV, possuindo cinco alimentadores denominados como: 101, 102 e 103 (conectados a SE-A) e 104 e 105 (conectados a SE-B). Para a realização dos testes com GD, foram consideradas três fontes de geração com potências de 800 kW, 700 kW e 500 kW, estas dispostas em pontos que permitem um maior número de chaveamentos para os testes da metodologia de busca a partir da GD. Esta geração distribuída representa aproximadamente 8,2 % da demanda da rede que é de 24,3 MW.

Figura 2 - Rede elétrica de distribuição teste.



Fonte: Adaptado de [3]

Os resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia para a rede com GD estão apresentados na Tabela 1, sendo os valores de perdas técnicas para 4 diferentes reconfigurações do sistema. Em todas as reconfigurações apresentadas os GDs são alocados conforme Figura 3.

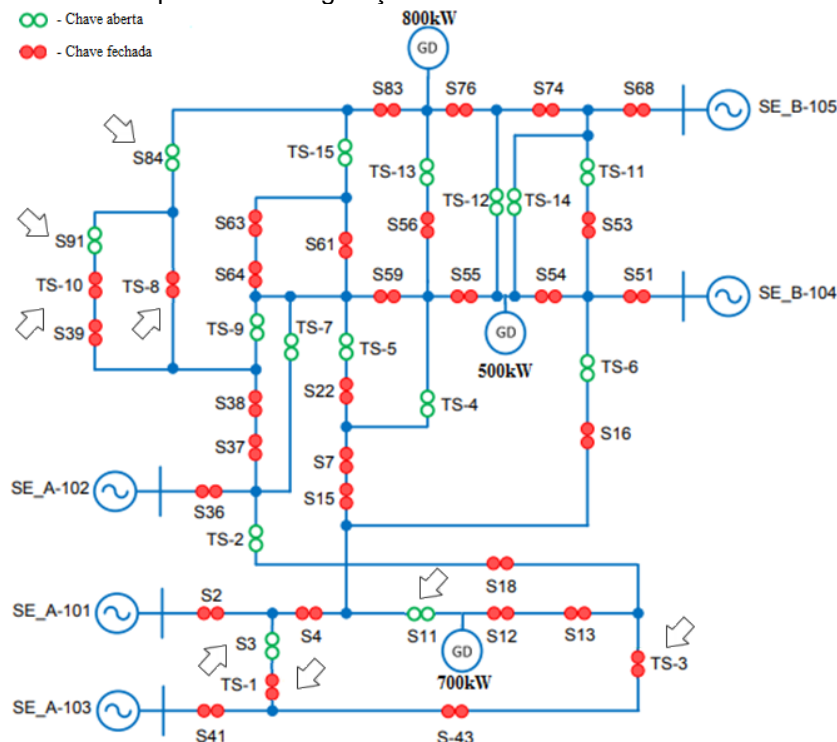
Tabela 1 - Aplicação da metodologia para a rede com GD.

	Perdas Técnicas (kW)	Perdas Técnicas (%)	Redução em Relação Conf. Sem GD (%)
Configuração sem GD	1.425,79	5,87	
Reconfiguração 1	883,36	3,64	61,96
Reconfiguração 2	794,18	3,27	55,70
Reconfiguração 3	785,48	3,23	55,09
Reconfiguração 4	783,24	3,22	54,93

Fonte: Elabora pelo próprio autor.

Para a melhor reconfiguração em relação às perdas (reconfiguração 4), a sequência de manobras que foram realizadas para otimizar os indicadores de operação para a rede elétrica foram: abertura das chaves: S3 / S11 / S84 / S91 e fechamento das chaves: TS-1 / TS-3 / TS -8 / TS-10. Na figura 4 são indicadas as respectivas chaves.

Figura 4 – Chaves modificadas para a reconfiguração 4 da Tabela 1.



Fonte: Adaptado de [3]

Conclusões

Este trabalho apresentou uma metodologia para o problema de reconfiguração de redes de distribuição em regime normal de operação, considerando análise multicriterial e a inserção de fontes de geração distribuída de médio porte. O método de reconfiguração utilizado foi baseado na técnica de busca meta-heurística, algoritmo genético NSGA II, a qual se mostrou simples e com grande potencial para a utilização em redes distribuição.

A integração das redes elétricas inteligentes tende a modificar a atual operação do Sistema de Distribuição, com a expectativa de cenários de geração e carregamento mais dinâmicos. Deste modo este trabalho serve também como base para novas pesquisas na área, pois se trata de um problema bastante complexo e que requer análises mais aprofundadas ou até mesmo utilização de outras técnicas de inteligência computacional.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao IFG, ao CNPq e ao NUPSE (Núcleo de Pesquisas em Sistemas de Energia) pelo auxílio no desenvolvimento do projeto.

Referências Bibliográficas

- [1] PFITSCHER, L. **Reconfiguração automática das redes de energia elétrica com monitoramento em tempo real**. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.
- [2] DEB, K. **Multi-objective optimization using evolutionary algorithms**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2001. 518 p.
- [3] DEB, K.; PRATAP, A.; AGARWAL, S. et al. A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II. **IEEE Transactions on Evolutionary Computation**, Piscataway, v. 6, n. 2, p. 182-197, 2002.