

---

# Universidade Federal do Pará

## Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

### Plano de Trabalho – Mestrado

Fernanda Alves Magno

Área de Concentração: Sistemas de Energia  
Linha de Pesquisa: Sistemas Elétricos de Potência

#### 1. Tema

Proposta de Controle Volt/Var para Sistemas de Distribuição em *Smart Grids*.

#### 2. Palavras-chave

Controle Volt/Var, Fluxo de Potência Ótimo, Operação de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica, *Smart Grids*.

#### 3. Introdução

Diante da modernização do Sistema Elétrico de Potência (SEP) com Redes Elétricas Inteligentes (SD do inglês, *Smart Grids*), com a penetração de Recursos Energéticos Distribuídos (DER do inglês, *Distributed Energy Resources*) e de Veículos Elétricos (VEs), é necessário a utilização de técnicas mais adequadas para o controle da tensão e da potência reativa na rede [?]. No Brasil, as regras que classificam a tensão em adequada, precária e crítica são estabelecidas no módulo 8 do PRODIST (Procedimentos de Distribuição) formulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) [?].

A modernização ocasionada pelas SG, como o uso de sensores, comunicação e controles inteligentes permite que o estado da rede elétrica seja observado por completo e impulsiona o desenvolvimento de novas técnicas de solução para inúmeras aplicações de auxílio à tomada de decisão, sendo uma destas aplicações o Controle Volt/VAr (VVC do inglês, *Volt/Var Control*) [?].

Neste sentido, esse plano de trabalho apresenta a proposta de desenvolvimento de um novo método VVC que possibilite o ajuste ótimo dos equipamentos controláveis da rede visando a minimização das perdas de energia e a melhora do perfil de tensão do sistema. O método de solução proposto faz uso da metaheurística Otimização por Enxame de Partículas (PSO do inglês, *Particle Swarm Optimization*). As principais contribuições do trabalho incluem: (I) Algoritmo de VVC coordenado, baseado na efetividade e disponibilidade de equipamentos; (II) Desenvolvimento e implementação de um algoritmo de controle adaptável para distintos objetivos de operação nas redes de distribuição.

#### 4. Justificativa

Equipamentos como transformador com comutação sob carga (LTC), reguladores de tensão e bancos de capacitores foram desenvolvidos e aprimorados para atender com segurança e

---

eficiência a disponibilidade de energia das redes de distribuição e manter a tensão dentro de limites aceitáveis. Entretanto, esta tarefa tem se tornado cada vez mais complexa devido o crescimento acelerado da participação de fontes renováveis de energia, VEs e dispositivos de armazenamento no SEP [?]. Isto tem atraído a atenção de pesquisadores da área, uma vez que esses novos elementos provocam variação de tensão e injeção ou absorção de potência reativa na rede, porém atualmente os sistemas de distribuição possuem uma infraestrutura de controle e medição limitada [?].

No entanto, os avanços tecnológicos, caracterizados pela aplicação de SD, está mudando este cenário possibilitando o controle e otimização online do perfil de tensão e de potência reativa, visando a melhoria contínua da qualidade de energia, a partir da redução de perdas técnicas, da manutenção da tensão dada a ocorrência de defeito/rejeição de carga na rede, além do uso generalizado de sistemas de geração distribuída (GD).

A realização do VVC, a partir dos equipamentos de um sistema de distribuição é essencial para manter a tensão em níveis adequados em todos os pontos do alimentador de distribuição, considerando as mais diversas condições de operação do sistema [?]. O VVC é uma das funções mais importantes e desejadas no âmbito de sistemas de Automação de Distribuição Avançada (DA) e Sistema de Gerenciamento da Distribuição (DMS do inglês, *Distribution Management System*), o qual tem como uma de suas principais funções a realização de um controle de tensão e potência reativa eficiente e integrado (IVVC, do inglês, *Integrated Volt/Var Control*) [?].

A literatura propõem vários métodos e técnicas para a realização do VVC. Métodos como Busca Heurística [?], Algoritmo Evolucionário [?], *Simulated Annealing* [?], Lógica Fuzzy [?], também têm sido utilizados para solução do problema de VVC. Nesta proposta o interesse é a aplicação de métodos metaheurísticos, mais especificadamente, a metaheurística PSO, para a resolução do Problema de Alocação Ótima entre dispositivos de controle tais como: GDs, reguladores de tensão e bancos de capacitores. Assim como o controle ótimo de Volt/VAR com a presença de GDs apresentado em [?], que tem como objetivo a minimizar é a compra de energia dos GDs e reduzir o custo das perdas de energia durante uma operação diária.

A técnica proposta neste plano de trabalho coordena as ações de controle entre os equipamento, considerando os limites físicos e o número de comutações, visando não priorizar um dispositivo específico para atuação no sistema e, conseqüentemente, preservar a vida útil dos equipamentos utilizados para o controle VVC. Além disso, o método possibilita o uso da comunicação de sistemas supervisórios de equipamentos controlados remotamente.

## **5. Objetivos**

### **5.1. Objetivo Geral**

O objetivo principal desse trabalho é realizar a avaliação de viabilidade econômica e energética para uma proposta de MR, em um sistema real, como alternativa ambientalmente sustentável para a oferta de energia elétrica.

### **5.2. Objetivos Específicos**

- Estudo das características da MR utilizada para a avaliação;
- Inserção de eletropostos de carregamento de VEs na MR, aumentando sua demanda de energia;
- Alocação e dimensionamento ótimo de GDs para o atendimento das cargas;
- Avaliação do impacto energético e econômico na MR. Analisando a redução na fatura de energia, calculando o *payback* do investimento nas GDs e consequências econômicas causadas pela implantação dos postos de carregamento.

## **6. Proposta Metodológica**

O projeto considerará uma rede elétrica real para projetar a estrutura de uma MR, analisando sua curva de carga inicial e posteriormente com a inserção de postos de carregamento de VEs de

acordo com o perfil de carregamento. Com o intuito de tornar o sistema mais confiável e sustentável, serão adicionados pontos de GDs ao logo da rede. A MR será projetada para proporcionar um ambiente de pesquisa, desenvolvimento e ensino oferecendo flexibilidade operativa, para isto serão desenvolvidas as seguintes atividades:

- 1) Obtenção dos créditos necessários;
- 2) Revisão da literatura quanto a composição de uma MR, do problema de alocação e dimensionamento de GD e da integração de postos de carregamento de VEs;
- 3) Escolha da MR a ser avaliada e compreensão de suas características;
- 4) Realização um estudo para a alocação dos postos de recarga;
- 5) Produção e publicação de artigos científicos relacionados a pesquisa no início de cada semestre do segundo ano;
- 6) Estudo das cargas estabelecidas na MR;
- 7) Realizar a alocação e dimensionamento ótimo das GDs com base nas informações obtidas na atividade anterior, na disponibilidade de recursos energéticos da região e dos custos para a integração da GD;
- 8) Realização da avaliação do impacto energéticos e econômico na MR;
- 9) Revisão dos resultados obtidos e redação final da dissertação de mestrado.

## 7. Cronograma de Execução

| ATIVIDADES | MESES |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|            | 1     | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| 1          | X     | X | X | X | X | X | X | X | X | X  | X  | X  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 2          |       |   |   |   |   |   | X | X | X | X  | X  | X  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 3          |       |   |   |   |   |   |   |   |   | X  | X  | X  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 4          |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    | X  | X  | X  |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 5          |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | X  | X  | X  |    |    |    | X  | X  | X  |
| 6          |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    | X  | X  |    |    |    |    |    |
| 7          |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    | X  | X  | X  | X  |    |    |    |
| 8          |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    | X  | X  | X  |
| 9          |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

## Referências

- [1] L. L. Pfitscher, "Reconfiguração automática de redes de distribuição de energia elétrica com monitoramento em tempo real," Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Maria, 2013.
- [2] A. Khodaei, "Resiliency-oriented microgrid optimal scheduling," *Smart Grid, IEEE Transactions on*, vol. 5, pp. 1584–1591, 07 2014.
- [3] S. Chowdhury, S. Chowdhury, and P. Crossley, *Microgrids and Active Distribution Networks*, 01 2009.
- [4] Y. Alinejad-Beromi, M. Sedighzadeh, M. R. Bayat, and M. E. Khodayar, "Using genetic algorithm for distributed generation allocation to reduce losses and improve voltage profile," in *2007 42nd International Universities Power Engineering Conference*, Sep. 2007, pp. 954–959.
- [5] S. H. Rebechi, "O potencial da geração solar fotovoltaica conectada ao sistema de distribuição urbano: estudo de caso para um alimentador com pico de carga diurno," Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.
- [6] R. Leou, C. Su, and C. Lu, "Stochastic analyses of electric vehicle charging impacts on distribution network," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 29, no. 3, pp. 1055–1063, May 2014.