



Planejamento e Operação de Microrredes Formadas pela Presença de Geração Distribuída

Glauco N. Taranto
Roberto C. de Carvalho

Djalma M. Falcão
Elaine C. A. V. Paulino
Marcelo J. Leal

Tatiana M. L. Assis
Zulmar S. Machado Jr



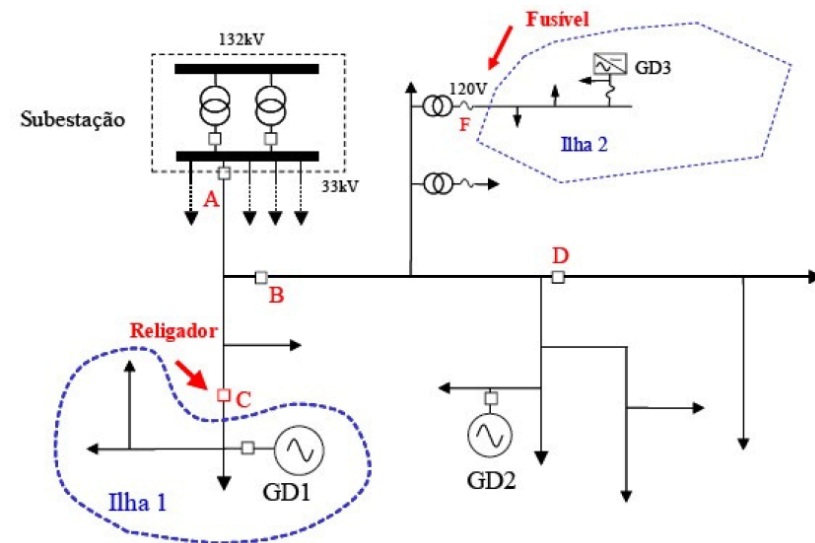
Geração Distribuída e Microrredes

■ Impactos na Rede Geração Distribuída

- Perfil de tensões
- Aumento das correntes de curto-circuito
- Qualidade da energia
- Proteção
- Estabilidade
- Ilhamento

■ Microrredes

- Agrupamento semi-autônomo de geradores e cargas, que operam de forma coordenada, conectadas ou não à rede da concessionária
- Forma eficiente de organizar a geração distribuída
- Formada através do ilhamento intencional de parte da rede de distribuição com geração suficiente para alimentar parte substancial da carga



Projeto de P&D Ampla

- **Planejamento e Operação de Microrredes Formadas pelo Elevado Grau de Penetração da Geração Distribuída (GD): Análise Estática e Dinâmica**
- **Equipe da Coppe**
 - Glauco Nery Taranto (Coordenador)
 - Djalma Mosqueira Falcão
 - Tatiana Mariano Lessa de Assis
 - Roberto Cunha de Carvalho
 - Elaine Cristina da A. Viegas Paulino
 - Zulmar Soares Machado Jr.
 - David Rodrigues Parrini
- **Gerente do Projeto na AMPLA**
 - Marcelo José Leal
- **Duração**
 - Início: Agosto 2010
 - Final: Novembro 2012



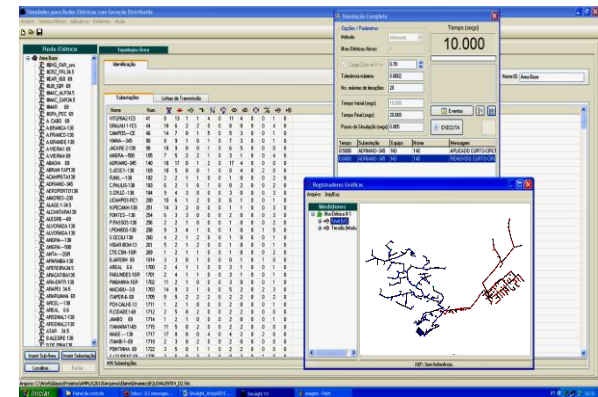
Simulight

Simulador de Redes de Distribuição com Geração Distribuída

- Cálculo de Fluxo de Potência e Simulação da Dinâmica Eletromecânica com modelagem trifásica e/ou de sequência positiva
- Representação de subestações no nível de chaves, disjuntores e barramentos
- Simulação de múltiplas ilhas e microrredes
- Modelagem de relés e funções de proteção
- Representação de Geração Eólica, Fotovoltaica, PCH e PCT
- Representação gráfica geo-referenciada dos alimentadores
- Em utilização por Light e Ampla



<http://www.coep.ufrj.br/~tarang/Simulight/>



Trabalho Realizado

■ Levantamento de dados

- Redes de transmissão, distribuição e geração distribuída – **Equivalente do SIN**
- Dados para análise estática e dinâmica

■ Integração do Simulight ao GEDIS

- Importação da base de dados
- Validação da base de dados

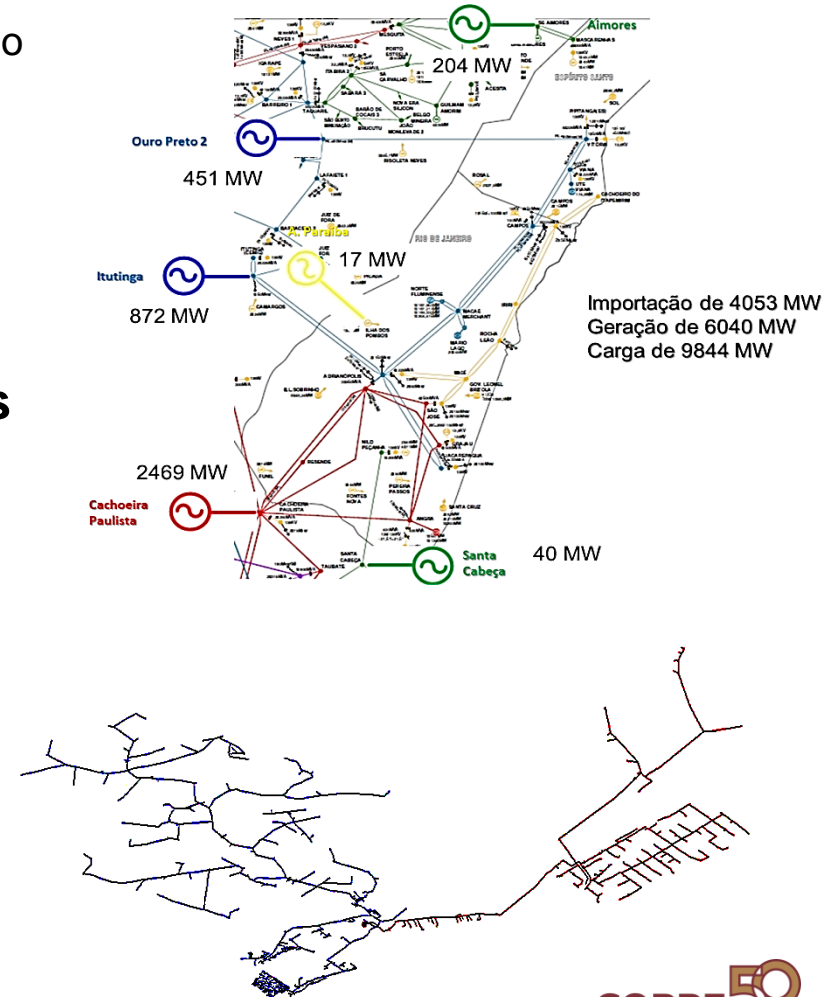
■ Visualização de diagramas unifilares

- Desenvolvimento de interface gráfica para o Simulight
- Compatibilização sistema de coordenadas geográficas

■ Metodologia para avaliação da conexão de GD

- Dados necessários para um estudo
- Tipos de estudos
- Critérios

■ Estudos



Estudo de Ilhamento

■ Sistema Hipotético (Rural)

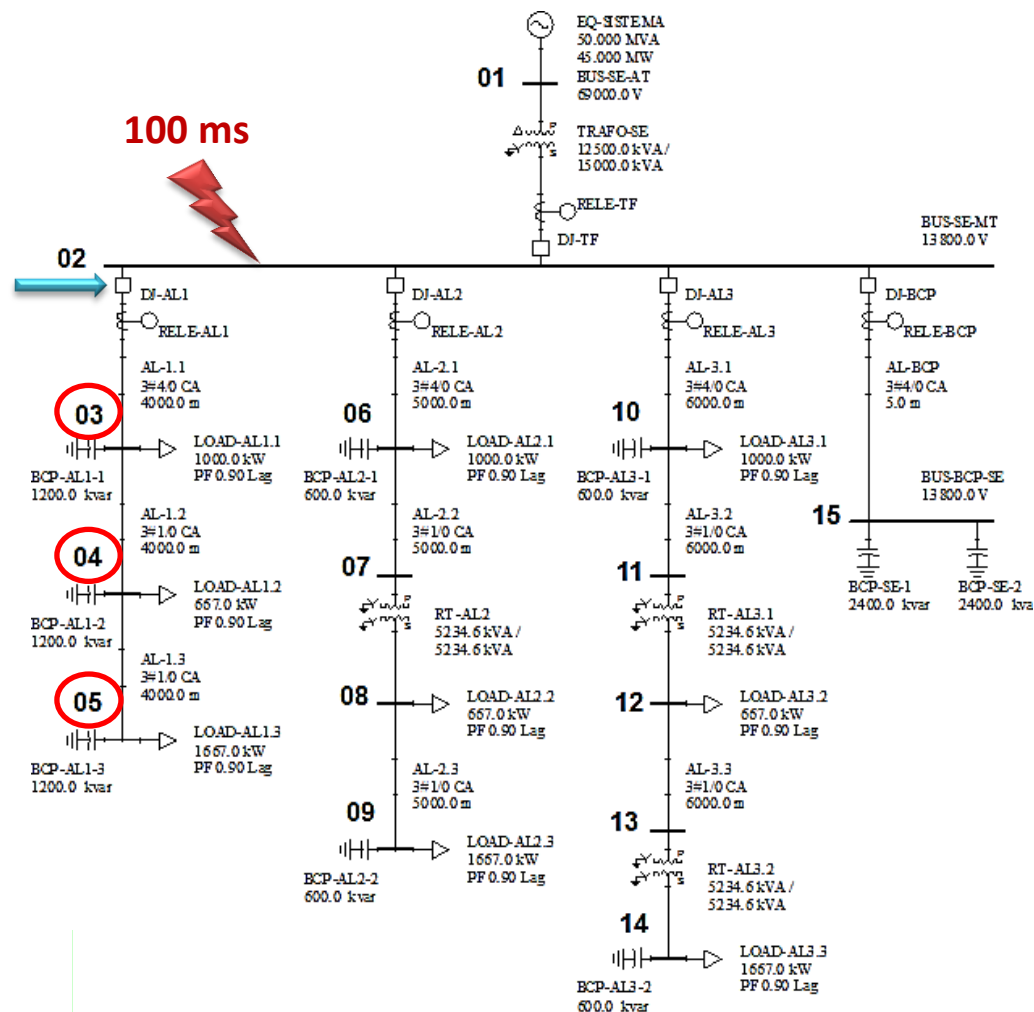
- Dados típicos do sistema da Ampla

■ Ocorrência Ilustrativa

- Falta no barramento 02
- Atuação da proteção em 100 ms
- Ilhamento do alimentador AL1 com PCH conectada à barra 03, 04 ou 05

■ Dados

- Carga do alimentador
 - Leve: 0,84 MW
 - Média: 1,66 MW
 - Pesada: 3,40 MW
- PCH: 2,5 MW



Resultados do Estudo de Ilhamento

■ Estudos realizados

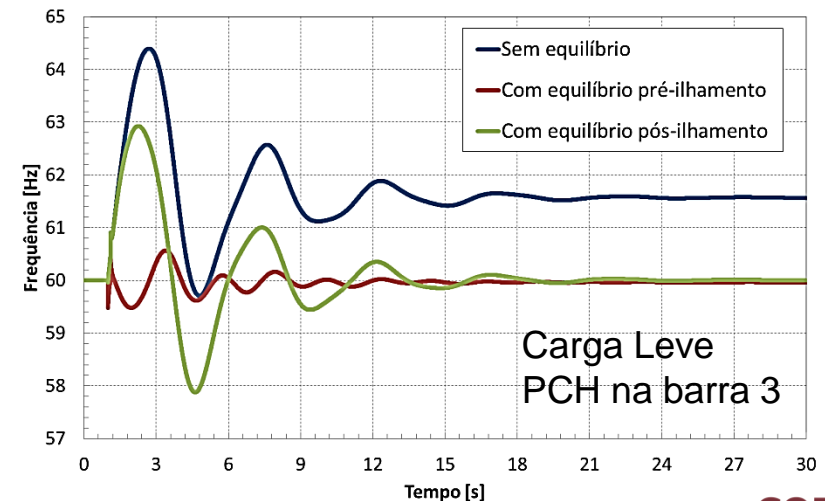
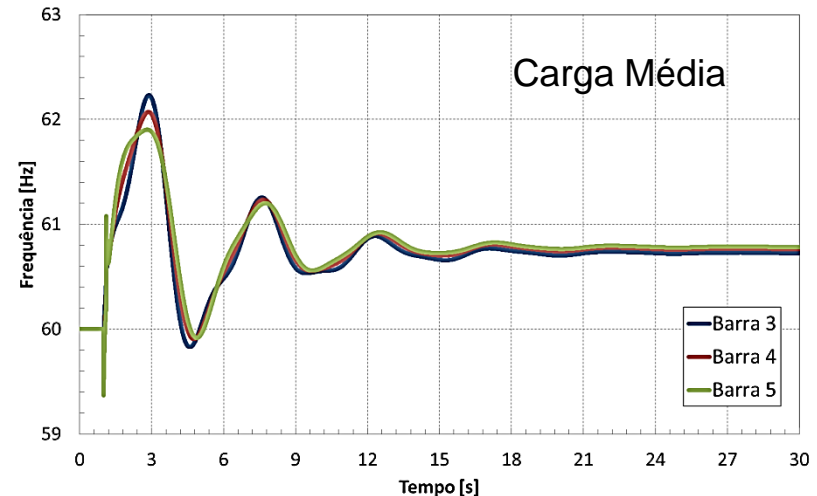
- Diferentes patamares de carga
- Com ou sem equilíbrio geração carga (pré- ou pós-ilhamento)
- Diferentes tipos de controle do gerador da PCH
- Ajustes do tap do transformador elevador da PCH
- Desligamento de bancos de capacitores na carga pesada

■ Critérios

- Estabelecidos no Prodist (Mód.8)
- Limites de frequência
- Limites da tensão em regime permanente

■ Resultados

- Exemplos mostrados ao lado



Conclusões do Estudo de Ilhamento

- **O ilhamento bem sucedido depende do balanço carga x geração**
 - Critérios de variações de frequência dos PRODIST
 - Ajustes das proteções de sobre e subfrequência da GD
- **Casos de pequeno desbalanço**
 - Em geral é suficiente apenas a mudança no modo de controle do regulador de velocidade com a detecção de ilhamento
- **Casos com elevado desbalanço**
 - Corte de carga/geração
 - Mudança no modo de controle do regulador de velocidade com a detecção de ilhamento
 - Desligamento automático de bancos de capacitores no caso da carga pesada
- **Solução Futura**
 - Tecnologias de **Redes Elétricas Inteligentes**
 - Comunicações
 - Automação da distribuição
 - Controle distribuído

Estudo de Geração de Ponta

■ Situação

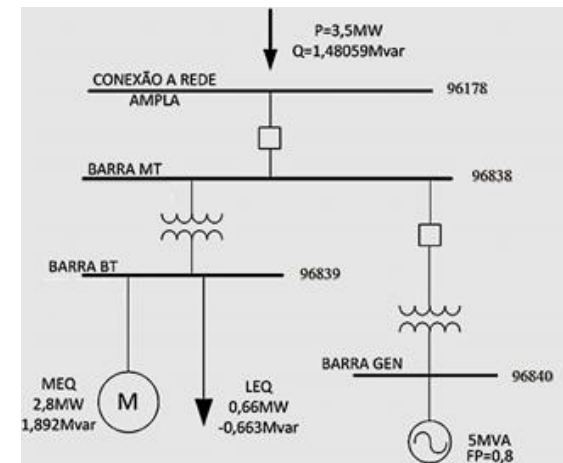
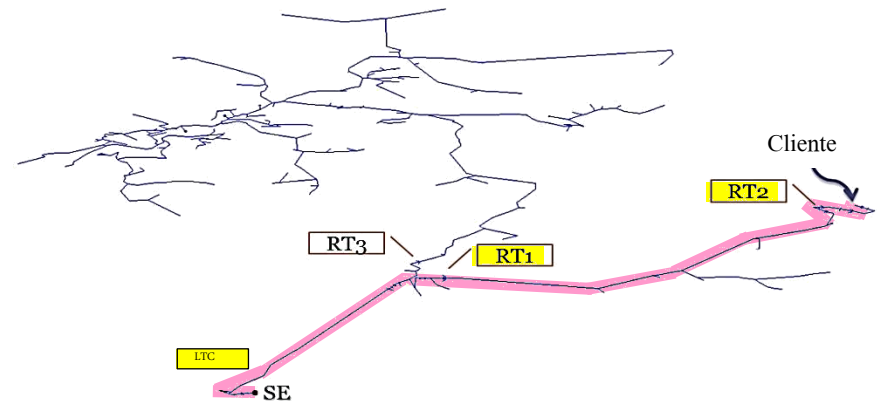
- Grande cliente industrial
- Conectado a um alimentador longo e de capacidade relativamente pequena
- Consumidor instalou gerador para reduzir/eliminar demanda na ponta

■ Problema

- Desligamento da carga do cliente produz elevação abrupta da tensão
- Reguladores de tensão ao longo do alimentador respondem de forma lenta

■ Dados

- Carga (80% capacidade do alimentador)
 - 3,5 MW (2,8 MW motores)
- Gerador: 5 MVA (fp 0,8)
- Reguladores de tensão ajustado para atuação em 30 / 40 / 50 segundos



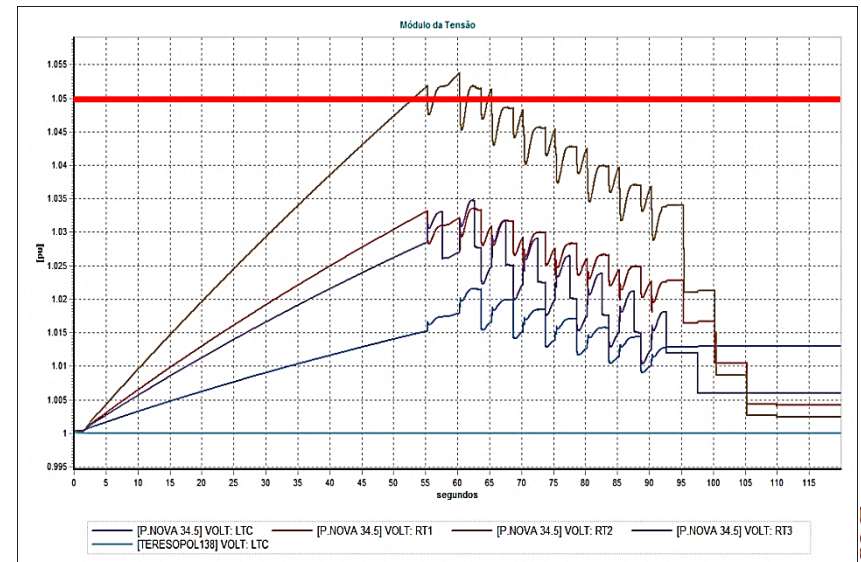
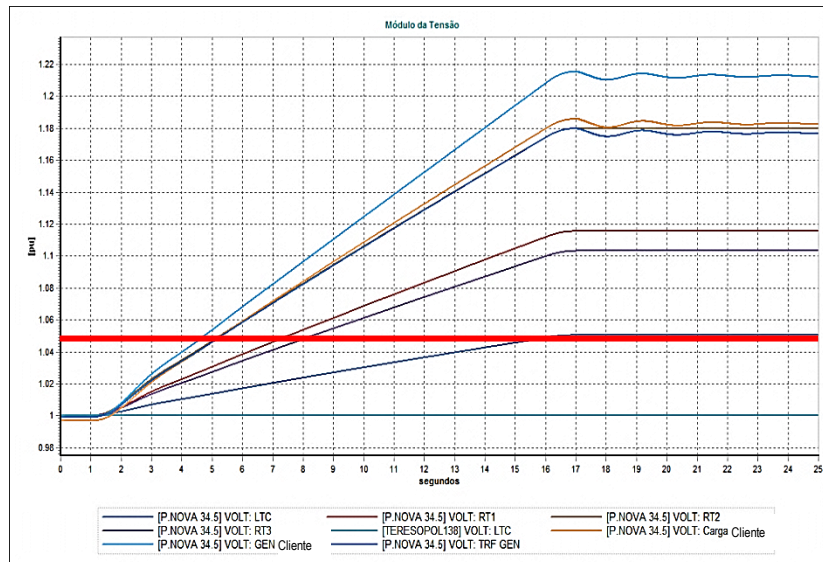
Resultados de Estudo de Geração de Ponta

■ Condição Atual

- Rampa de carga do gerador : 15 s
- Depois, desconexão da rede Ampla
- Reguladores de tensão
 - LTC : 30 s Banda Morta $\pm 1\%$
 - RT1 : 40 s 5 s entre mudanças
 - RT2 : 50 s de tapes

■ Possível Solução

- Rampa de carga do gerador : 90 s
- Depois, desconexão da rede Ampla
- Reguladores de tensão
 - LTC : 30 s Banda Morta $\pm 1\%$
 - RT1 : 40 s 5 s entre mudanças
 - RT2 : 50 s de tapes



Conclusão de Estudo de Geração de Ponta

- Necessidade de coordenação dos tempos de atuação dos reguladores de tensão com a rampa de tomada de carga
- Com uma rampa de 90s, as sobretensões foram evitadas no alimentador da Ampla, uma vez que permite a atuação adequada dos reguladores de tensão
- Tempo de paralelismo com a rede elevado pode resultar em problemas de proteção
- O problema em questão só pode ser adequadamente analisado utilizando ferramentas de simulação que levem em consideração a **cronologia das dinâmicas de médio e longo prazo**
- Utilização de modelos de regime permanente (fluxo de potência) não é adequado para esse tipo de estudo

OBRIGADO

Djalma M. Falcão

falcao@nacad.ufrj.br

COPPE/UFRJ

Programa de Engenharia Elétrica

Caixa Postal 68504

21941-972 Rio de Janeiro RJ