

# PEA5918 – Redes Elétricas Inteligentes e Microrredes (*Smart Grids* e *Microgrids*)

## Tecnologias das *Smart Grids*

Giovanni Manassero Junior

Depto. de Engenharia de Energia e Automação Elétricas  
Escola Politécnica da USP

Agosto/2011

# Modernização das redes elétricas

## Introdução

- Atualmente, os sistemas elétricos de potência operam com margens de segurança cada vez menores. Muito provavelmente, menores do que as margens adotadas durante as etapas de projeto;
- Em contrapartida, há um crescimento na dependência da sociedade no que se refere ao uso da energia elétrica;
- Aliado a isso, há uma redução na disponibilidade de fontes de energia, novos limites quanto às emissões de gases de efeito estufa e a necessidade de acomodar fontes renováveis de energia;
- Desta forma, a modernização dos sistemas elétricos de potência é necessária para garantir a manutenção dos índices de bem estar social, sob essas novas perspectivas.

# Modernização das redes elétricas

## Questões acerca da modernização das redes elétricas

- Para que seja possível modernizar as redes elétricas é necessário responder as seguintes perguntas:
  - Qual o desempenho esperado?
  - Quais características atendem essa expectativa?
  - Quais tecnologias permitem implantar essas características?
  - Como medir a evolução do processo de modernização?

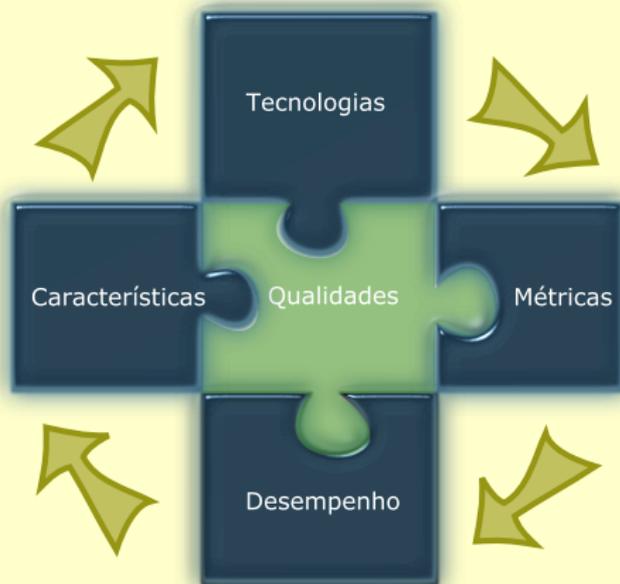
# Modernização das redes elétricas

## Procedimento para a modernização

- Para que seja possível modernizar as redes elétricas é necessário definir:
  - Qualidades: devem ser definidas com o objetivo de ampliar o desempenho das redes elétricas, quando comparado com o desempenho atual;
  - Características: a partir da definição das qualidades é possível estabelecer as características básicas que, se atingidas, podem levar as redes a possuírem as qualidades básicas;
  - Tecnologias: a evolução tecnológica deve permitir que as características básicas sejam implantadas;
  - Métricas: as métricas podem avaliar a adequação do processo de implantação das tecnologias que viabilizam as características básicas.

# Modernização das redes elétricas

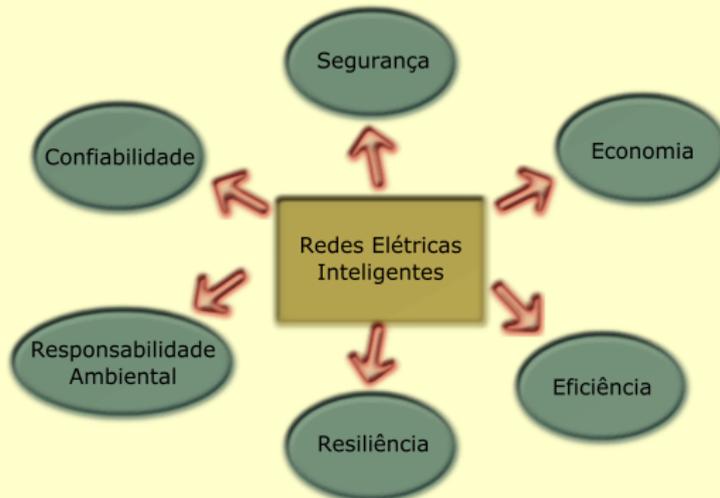
Procedimento para a modernização



# Qualidades das redes elétricas inteligentes

## Metas a serem atingidas

- Nesse contexto, as redes elétricas inteligentes devem ser:



# Qualidades das redes elétricas inteligentes

## Metas a serem atingidas

- Nesse contexto, as redes elétricas inteligentes devem ser:
  - Mais confiáveis;
  - Mais resilientes;
  - Mais econômicas;
  - Mais eficientes;
  - Mais responsáveis ambientalmente;
  - Mais seguras.

# Confiabilidade

A rede deve ser mais confiável

- Redes elétricas inteligentes devem fornecer energia elétrica de maneira mais confiável que atualmente;
- Além disso, a qualidade da energia elétrica fornecida deve atender aos requisitos dos consumidores;
- As redes elétricas inteligentes devem ser capazes de fornecer informações acerca do seu estado operativo;
- Essas informações devem fornecer subsídios para sua manutenção e para torná-la resiliente aos distúrbios.

# Resiliência

## A rede deve ser mais resiliente

- Redes elétricas inteligentes devem suportar ataques físicos e cibernéticos minimizando a interrupção no fornecimento de energia elétrica;
- Essas redes devem ser capazes de restabelecer rapidamente o fornecimento, minimizando os custos decorrentes de blecautes;
- Além disso, devem ser menos vulneráveis a eventos físicos naturais.

# Economia

## A rede deve ser mais econômica

- Para que isso seja possível, as redes devem operar segundo as regras de demanda e oferta;
- Dessa forma, é possível adequar preços, recursos energéticos e reserva girante;
- Como resultado, pode-se minimizar a necessidade de operação das usinas geradoras menos eficientes e reduzir o custo global da energia elétrica.

# Eficiência

## A rede deve ser mais eficiente

- Redes elétricas inteligentes devem utilizar ferramentas de supervisão, automação e controle avançadas, capazes de reduzir as perdas técnicas nos sistemas de transmissão e distribuição;
- Ferramentas avançadas devem ainda ser capazes de auxiliar na gestão otimizada dos ativos e minimizar eventuais congestionamentos nos sistemas de transmissão;
- Deve-se ressaltar que eficiência energética deve ser tratada pelo lado do fornecimento (novas técnicas de conversão de energia) e também pelo lado da demanda (“consumo consciente”).

# Responsabilidade ambiental

## A rede deve ser ambientalmente responsável

- Iniciativas nos âmbitos de geração, transmissão, distribuição, armazenamento e consumo são necessárias para tornar os sistemas elétricos mais ecológicos;
- O acesso a fontes renováveis de energia deve contribuir significativamente para que seja possível minimizar o impacto produzido pela indústria de energia elétrica;
- Deve-se ressaltar que novas tecnologias podem permitir a redução no impacto das instalações dos sistemas elétricos, no que se refere ao uso e ocupação do solo.

# Segurança

## A rede deve ser mais segura

- O conceito de redes mais seguras para consumidores consiste na redução dos riscos associados ao seu uso, mesmo que seja incorreto;
- Além dos consumidores, a rede deve ser mais segura para as equipes de manutenção;



# Modos de desempenho

## Introdução

- As redes elétricas inteligentes devem se comportar de acordo com as premissas apresentadas, considerando todos os modos de operação possíveis:
  - Situações emergenciais;
  - Restabelecimento do fornecimento de energia elétrica;
  - Operações de rotina;
  - Otimização;
  - Planejamento.

# Modos de desempenho

## Introdução

- As redes elétricas inteligentes devem se comportar de acordo com as premissas apresentadas, considerando todos os modos de operação possíveis.



# Modos de desempenho

## Introdução

- As redes elétricas inteligentes devem se comportar de acordo com as premissas apresentadas, considerando todos os modos de operação possíveis:
  - Situações emergenciais: possuem ferramentas avançadas, capazes de antecipar os problemas, determinar suas soluções e monitorar os eventos quando da sua ocorrência;
  - Restabelecimento do fornecimento de energia elétrica: o tempo de restabelecimento no fornecimento de energia elétrica pode ser reduzido com o aumento da percepção sobre o estado do sistema e na capacidade de intervenção nos seus equipamentos;

# Modos de desempenho

## Introdução

- As redes elétricas inteligentes devem se comportar de acordo com as premissas apresentadas, considerando todos os modos de operação possíveis:
  - Operações de rotina: permitem que os operadores possam entender seu estado e atuar adequadamente, de modo a garantir seu correto funcionamento. Para tanto, os operadores devem contar com o suporte de ferramentas de visualização avançada, de controle, de simulação em tempo real e de apoio à decisão, além das ferramentas de operação automatizada;
  - Otimização: possuem ferramentas avançadas capazes de determinar as condições de operação, avaliar as opções e exercer uma ampla gama de ações de controle para otimizar o desempenho da rede sob perspectivas de confiabilidade, de eficiência ambiental e eficiência econômica (p. ex. *peak-shaving* e fator de carga);

# Modos de desempenho

## Introdução

- As redes elétricas inteligentes devem se comportar de acordo com as premissas apresentadas, considerando todos os modos de operação possíveis:
  - Planejamento: os engenheiros responsáveis pelo planejamento das redes elétricas devem analisar o crescimento projetado da oferta e da demanda para guiar suas decisões sobre o que construir, quando construir e onde construir. As informações armazenadas pelas ferramentas que integram o conceito de redes elétricas inteligentes devem permitir uma modelagem muito mais precisa, capaz de contribuir para essa atividade.

# Tecnologias

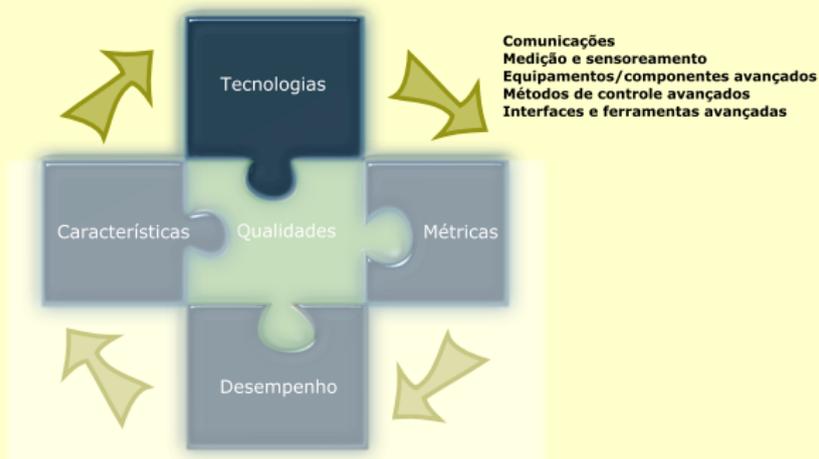
## Introdução

- As tecnologias chave, capazes de implementar as características básicas das redes elétricas inteligentes são:
  - Comunicação;
  - Medição e sensoreamento;
  - Equipamentos/componentes avançados;
  - Métodos de controle avançados;
  - Interfaces e ferramentas avançadas de apoio à decisão.

# Tecnologias

## Introdução

- As tecnologias chave, capazes de implementar as características básicas das redes elétricas inteligentes são:



# Tecnologias

## Descrição

- As tecnologias chave, capazes de implementar as características básicas das redes elétricas inteligentes são:
  - Comunicação: tecnologias de comunicação de alta velocidade totalmente integradas, capazes de permitir o intercâmbio de informações em tempo real entre dispositivos, equipamentos e ferramentas que integram os sistemas elétricos de potência;
  - Medição e sensoreamento: enquanto as tecnologias de medição possibilitam a transformação de dados em informação, que pode ser utilizada pelos consumidores e pelos operadores dos sistemas elétricos de potência, as tecnologias de sensoreamento permitem avaliar o estado operativo dos equipamentos e a integridade das redes. Ambas eliminam erros nos processos de medição convencional, podem reduzir as perdas não-técnicas, viabilizam os programas de resposta pelo lado da demanda e podem contribuir com a redução do congestionamento dos sistemas;

# Tecnologias

## Descrição

- As tecnologias chave, capazes de implementar as características básicas das redes elétricas inteligentes são:
  - Equipamentos/componentes avançados: novas gerações de equipamentos/componentes devem possuir papel fundamental na consolidação das redes elétricas inteligentes (supercondutividade, armazenamento de energia, eletrônica de potência e microeletrônica, etc.). A sua utilização deve resultar em maiores densidades de energia, melhores índices de qualidade e confiabilidade, aumento na eficiência energética, etc.;
  - Métodos de controle avançados: capazes de monitorar os equipamentos/componentes de modo a permitir um rápido diagnóstico dos problemas e obter as melhores soluções, permitindo a gestão otimizada dos ativos e a operação eficiente do sistema;

# Tecnologias

## Descrição

- As tecnologias chave, capazes de implementar as características básicas das redes elétricas inteligentes são:
  - Interfaces e ferramentas avançadas de apoio à decisão: em certas situações, o tempo disponível para a tomada de decisões é curto e pode ser interessante utilizar ferramentas de tempo real, que permitam aos operadores da rede tomar decisões rapidamente.