



**SEPOC + SESP**

8º Seminário de Eletrônica de  
Potência e Controle

2º Seminário de Energia  
e Sistemas de Potência.

24 a 27 de agosto de 2014  
Santa Maria - RS - Brasil

# Por que precisamos de Redes Elétricas Inteligentes?



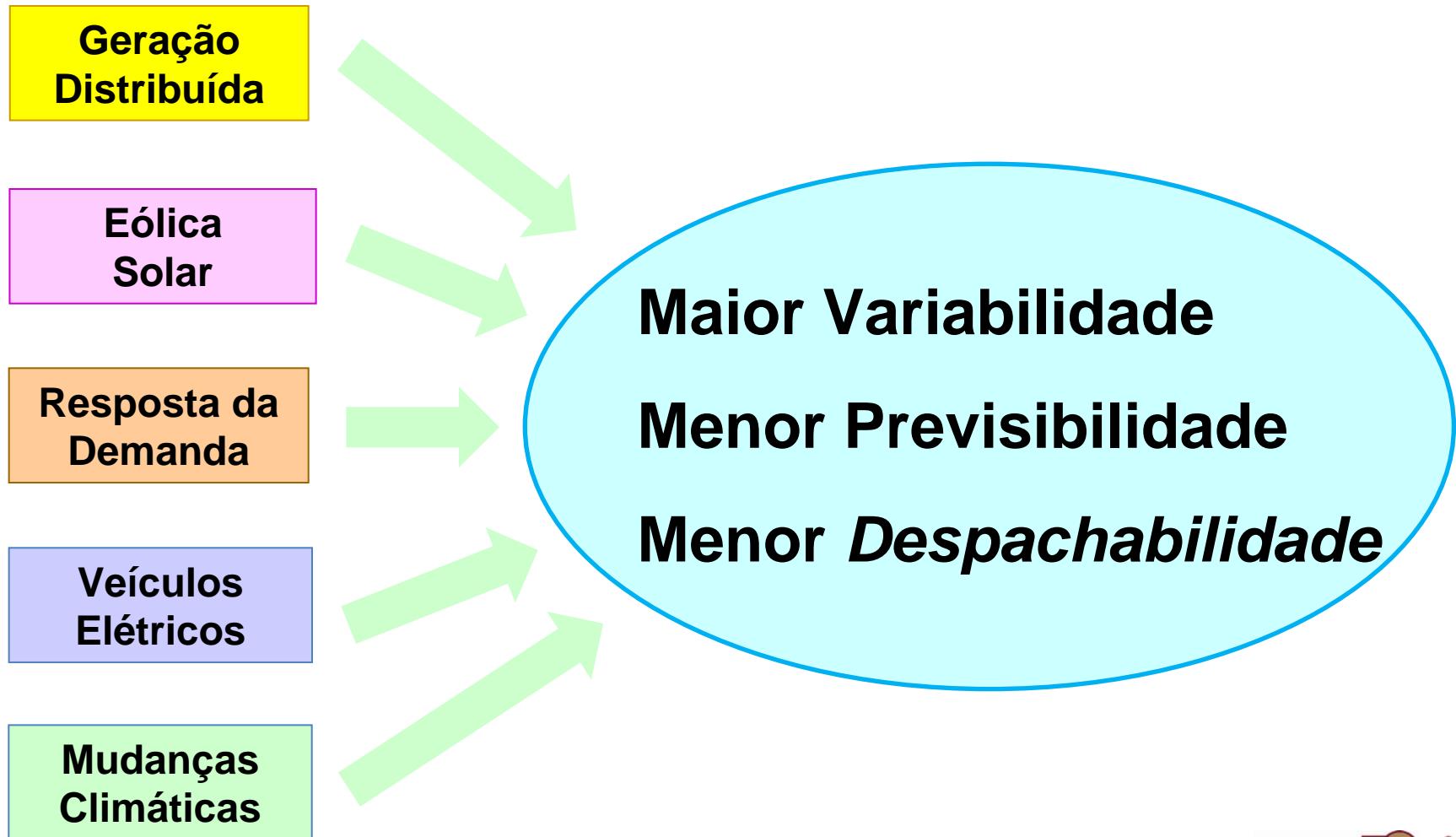
Djalma M. Falcão

[falcao@nacad.ufrj.br](mailto:falcao@nacad.ufrj.br)

Programa de Engenharia Elétrica

**COPPE** 50+1  
UFRJ

# Novo Cenário



Fonte: **EPRI**

# **Velhas Questões**

---

**Ainda relevantes, em alguns países, tais como . . .**

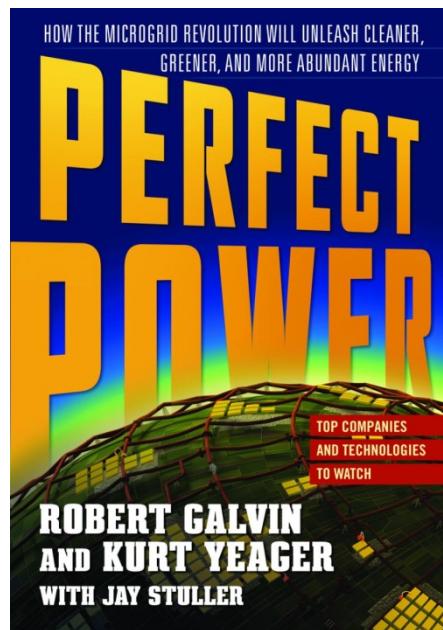
- Perdas Comerciais (Fraude)**
- Baixa Confiabilidade**
- População não totalmente atendida**

**Em países desenvolvidos também existem problemas antigos . . .**

# The Galvin Electricity Initiative



Sad Socket



- Lançado em 2009 (2005)
- Robert Galvin é ex-presidente da Motorola
- Kurt Yeager é ex-presidente do EPRI (Electric Power Research Institute)
- Afirmações no Livro
  - O sistema elétrico americano é largamente baseado em tecnologia desenvolvida antes dos anos 1950
  - O sistema atual foi projetado para alimentar lâmpadas, motores, bombas, etc.
  - O mundo *high-tech* não pode mais suportar um sistema de energia elétrica *low-tech*
  - O sistema de energia americano atual é tão incompatível com o futuro da nação quanto as antigas estradas construídas para carroças foram para o automóvel

# Resumo

---

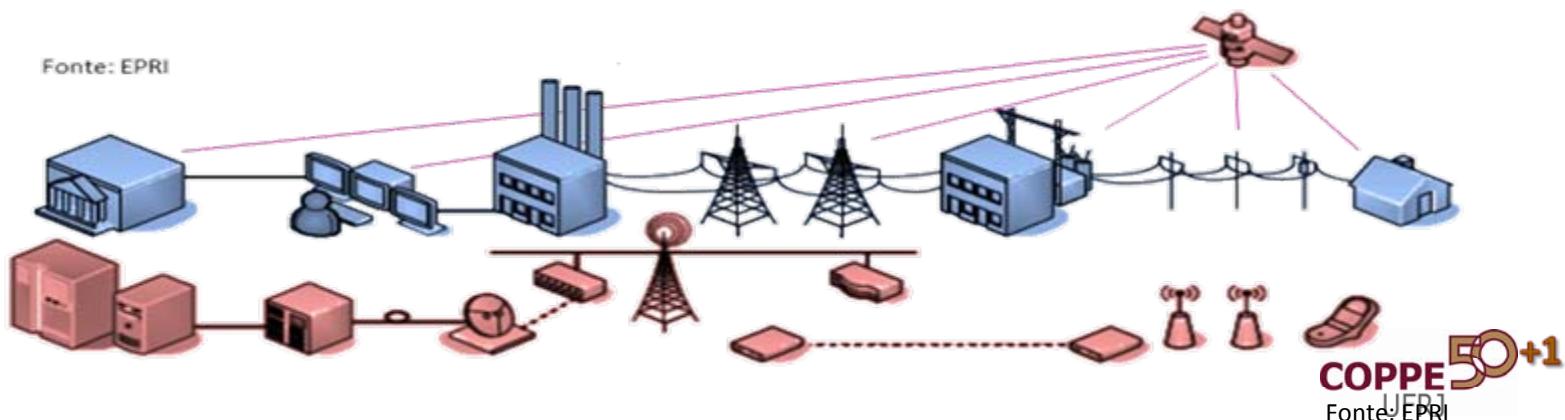
- **Definições**
- **Por que precisamos de REI?**
- **Onde as REI podem nos ajudar?**
- **Tecnologias de REI**
  - Advanced Metering Infrastructure (AMI)
  - Self Healing
  - Controle Coordenado de Tensão
  - Microrredes
  - WAMPAC (PMU)
- **REI no Mundo e no Brasil**
- **Pesquisas na COPPE/UFRJ**

# Redes Elétricas Inteligentes (REI)

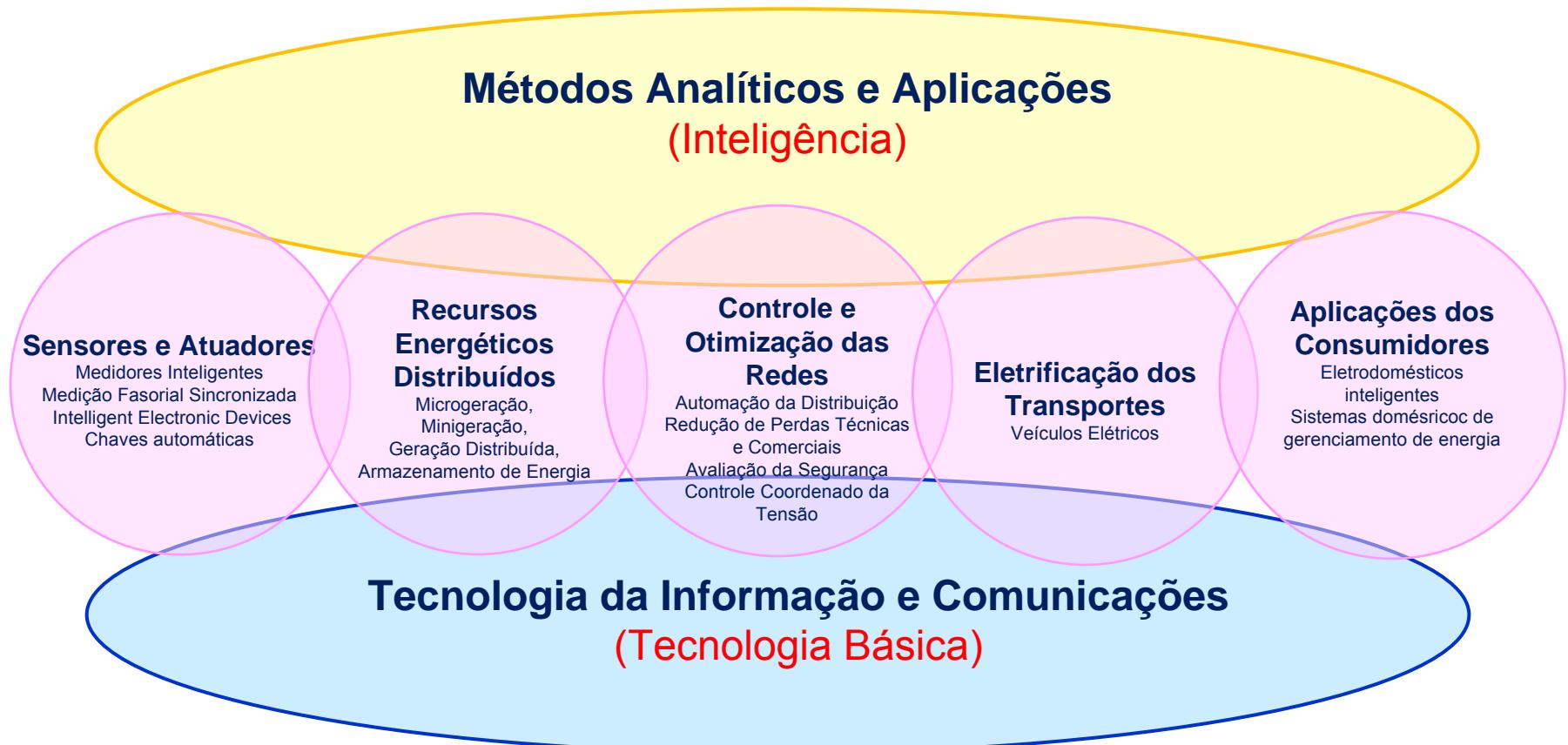
# Smart Grid (SG)

## ■ Um conceito

É uma rede elétrica com **elevada integração** de tecnologia de informação, telecomunicações, sensoriamento/medição e automação, de forma a aumentar consideravelmente sua capacidade de atender cenários com fontes intermitentes e distribuídas de energia, altos requisitos de confiabilidade, baixo impacto no meio ambiente e compatível com novos mercados de energia.

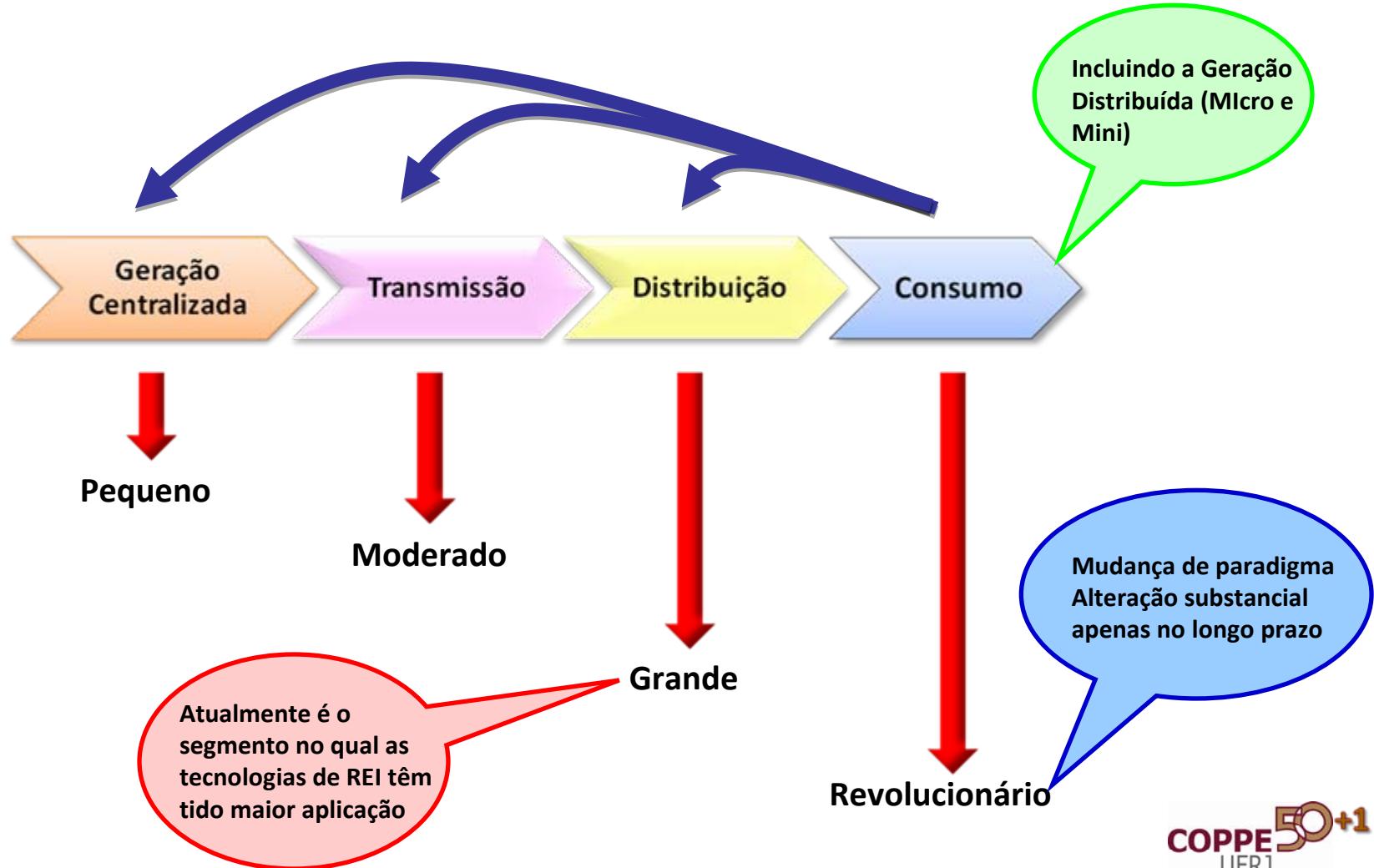


# Componentes das REI

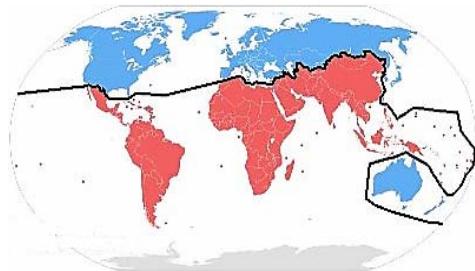


Fonte: Edwin Liu  
Quanta Technology

# Impactos das REI



# Porque precisamos de REI?

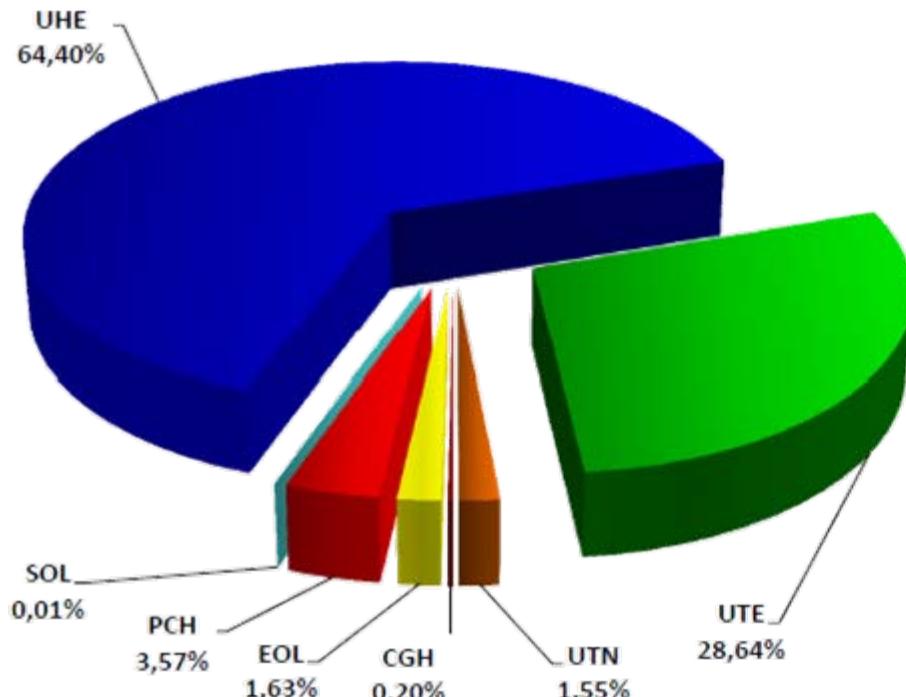


- Redução de CO2
- Redução do consumo (energia)
- Redução de custos operacionais
- Confiabilidade e segurança



- Melhoria da qualidade do serviço
- Redução de perdas (técnicas e comerciais)
- Redução da ponta (potência)

# Geração de Energia Elétrica no Brasil



Fonte: Banco de Informação da Geração (BIG/ANEEL) AGO/2013

**Sistemas Isolados**  
3% do Mercado  
**Predominância: Termelétricas**

## Empreendimentos em Operação

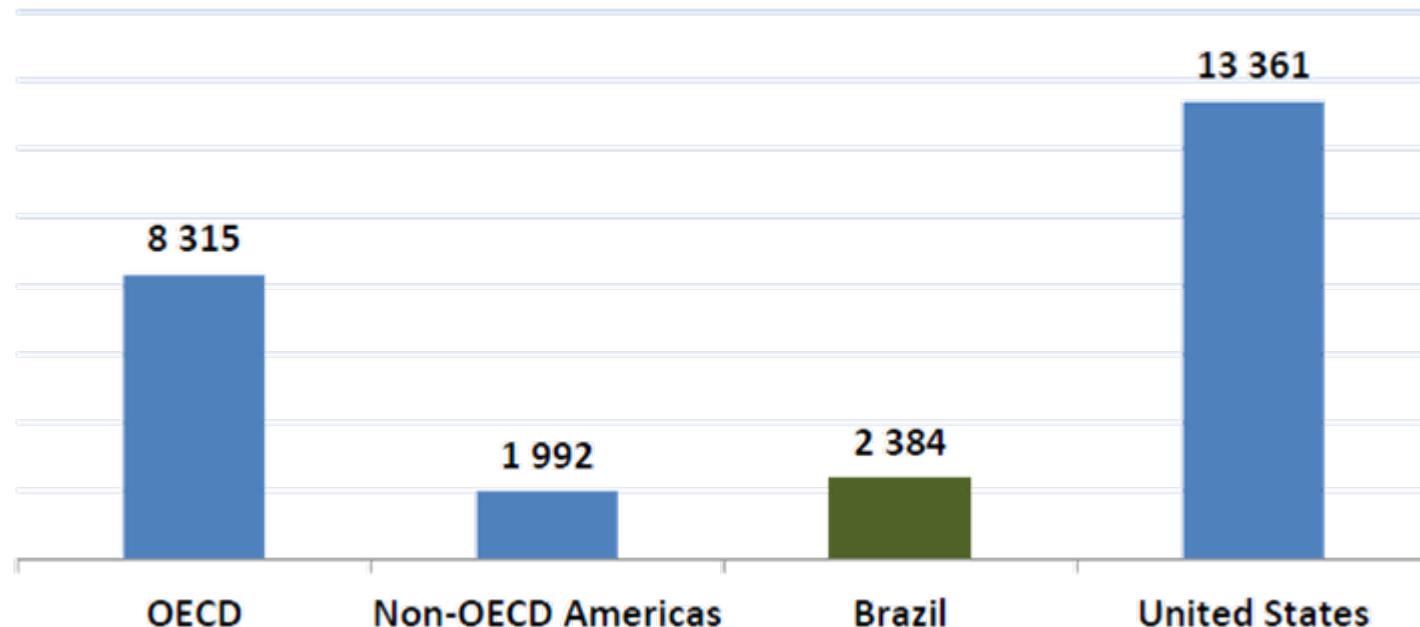
Tipo	Quantidade	Potência (MW)	%
CGH	418	252	0,20
PCH	459	4.718	3,67
EOL	96	2.107	1,63
SOL	19	6	0,01
UHE	192	82.771	64,33
UTE	1.733	36.812	28,61
UTN	2	1.990	1,55
<b>Total</b>	<b>2.919</b>	<b>128.656</b>	<b>100</b>

O Brasil possui em operação 2.919 empreendimentos, gerando 128.656 MW de potência.

**Sistema Interligado**  
97% do Mercado  
**Predominância: Hidrelétricas**

# Potencial de Crescimento da Demanda

Consumo de eletricidade por população 2010  
(kWh/capita)

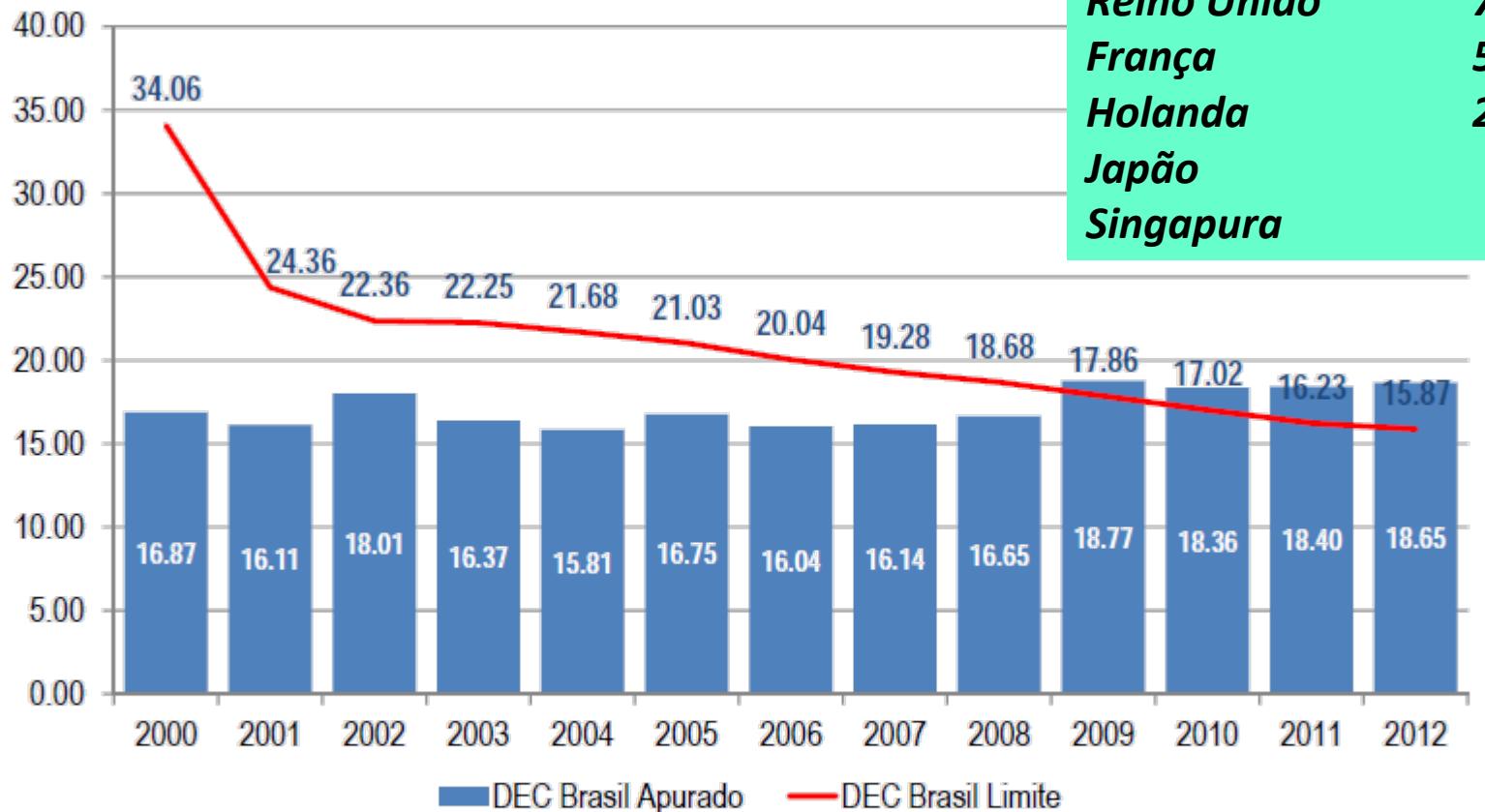


Fonte: Key World Energy Statistics, 2012 – International Energy Agency

OECD - Organization for Economic Co-operation and Development

<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/name,31287,en.html>

# Qualidade do Suprimento



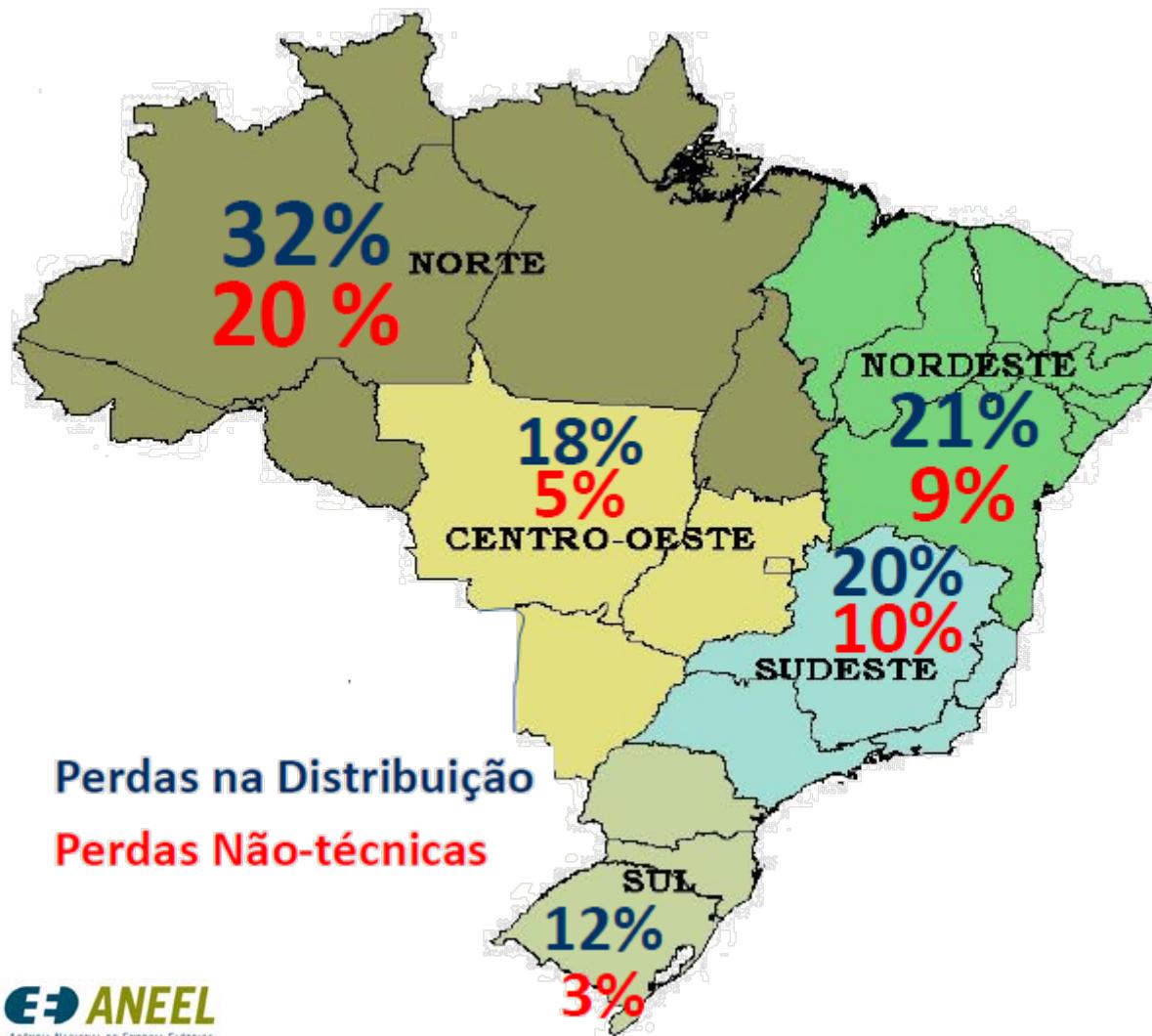
DEC no Mundo  
(minutos)

Estados Unidos	214
Reino Unido	70
França	53
Holanda	29
Japão	6
Singapura	2

## Duração média de interrupções Brasil (horas)

[http://www.aneel.gov.br/area.cfm?id\\_area=80](http://www.aneel.gov.br/area.cfm?id_area=80)

# Perdas na Distribuição



Perdas na  
Distribuição no  
Mundo (%)

18,8

Brasil

12,2

Rússia

8,1

Reino Unido

7,8

China

6,8

Estados Unidos

5,1

Japão

4,4

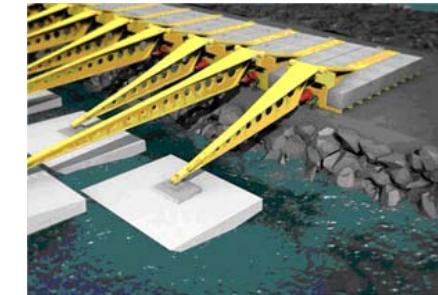
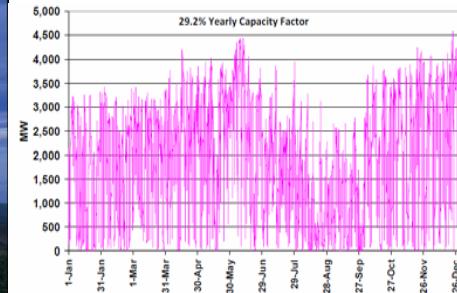
Coréia do Sul

Fonte: US Energy Information  
Administration (EIA)

# Onde as REI podem ajudar

## ■ Fontes intermitentes de energia e armazenamento

- Eólica
- Solar
- Ondas
- Armazenamento
- Veículos Elétricos(VE)

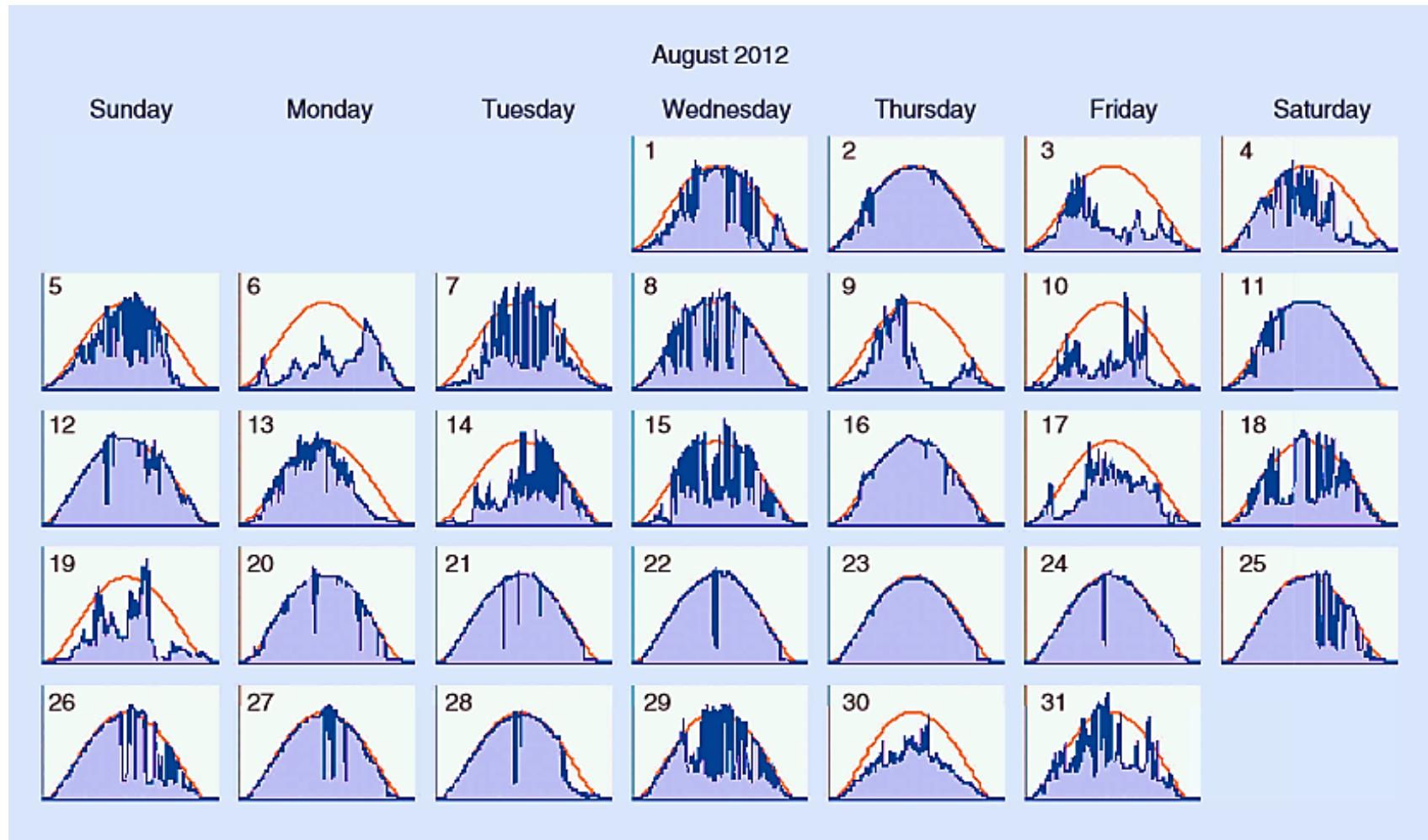


## ■ Geração distribuída conectada na rede de distribuição

- Microgeração (Roof Top)
- Minigeração



# Variabilidade da Geração Fotovoltaica

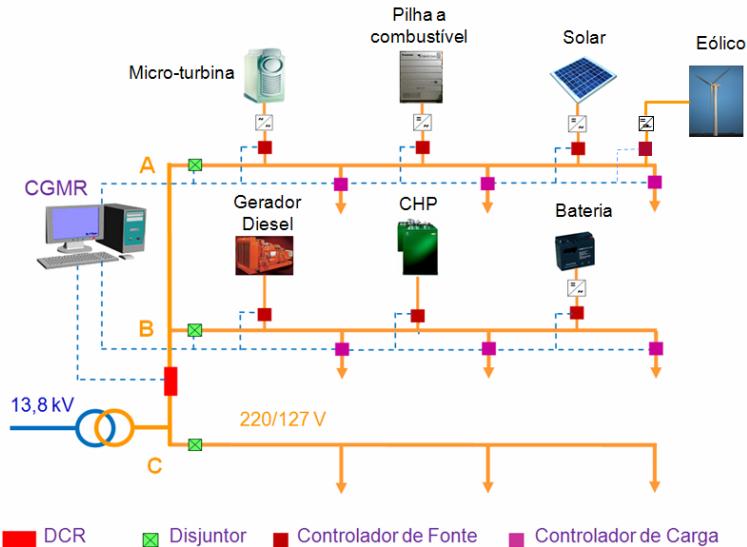


Fonte: C.Trueblood et alli., "PV Measures Up for Fleet Duty", IEEE Power and Energy, vol11, no. 2, pp. 33-44, Mar/Apr 2013.

# Onde as REI podem ajudar (cont.)

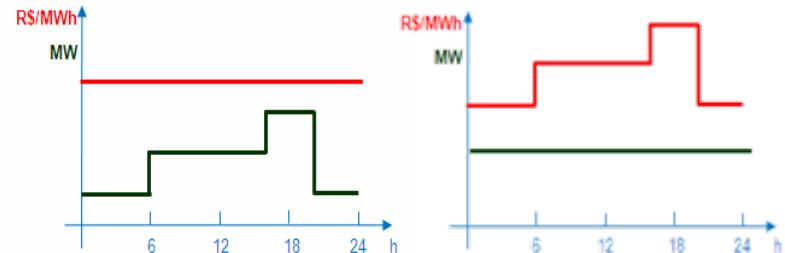
## ■ Melhoria da confiabilidade

- Automação da distribuição
- Microrredes
- WAMPAC (Wide Area Monitoring, Protection and Control)



## ■ Gerenciamento pelo lado da demanda

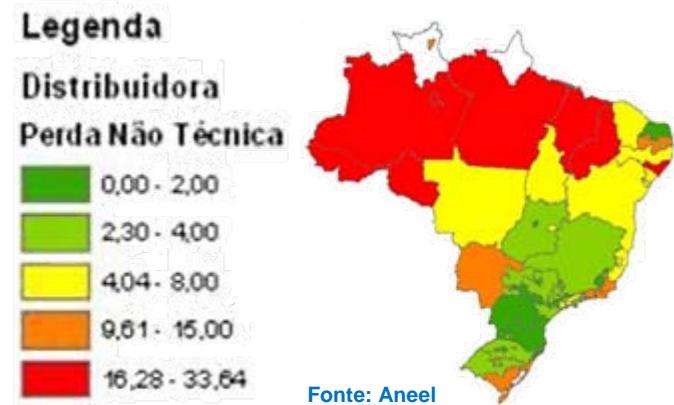
- Resposta da demanda (redução da ponta)
- Tarifação dinâmica



# Onde as REI podem ajudar (cont.)

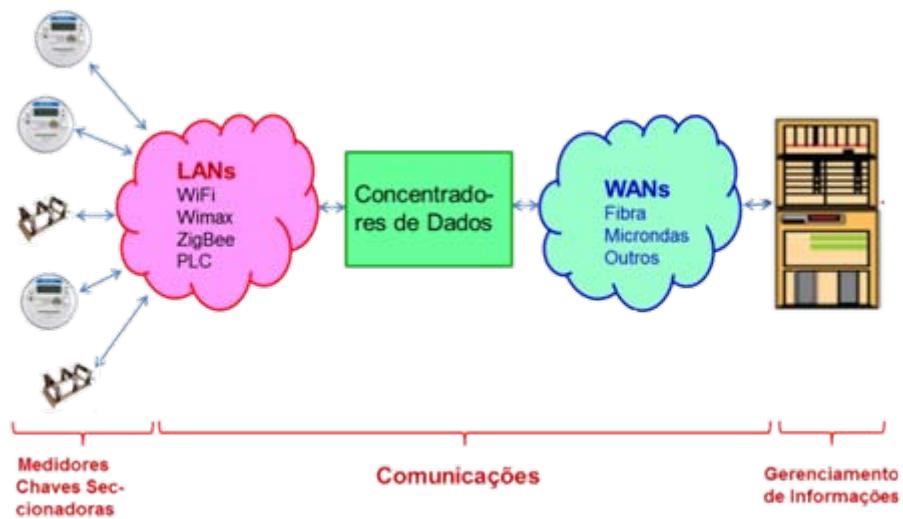
## ■ Redução de Perdas

- Perdas Técnicas
- Perdas Não-Técnicas (Furto e Fraude)
- Meios
  - Medição eletrônica e blindagem da rede
  - AMI: Advanced Metering Infrastructure
  - MDI: Meter Data Management
  - Controle coordenado da tensão

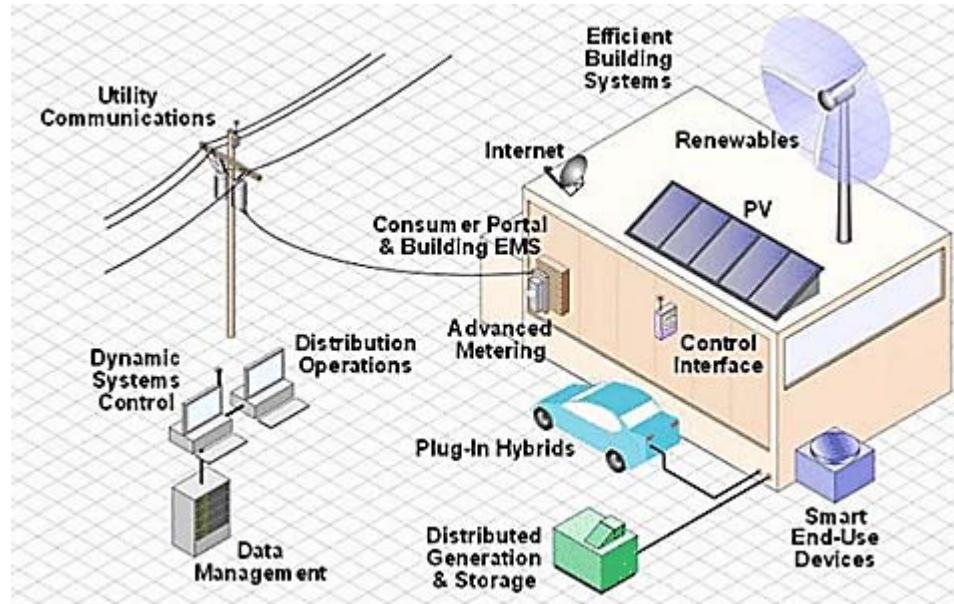


## ■ Outros Custos

- Grandes áreas de concessão
- Alimentadores radiais longos
- Áreas de difícil acesso
- Aplicações:
  - Faturamento
  - Localização de faltas
  - Self Healing
  - Monitoração de ativos



# Tecnologias de REI



# Medidor Inteligente

## Smart Meter

### ■ Características Possíveis

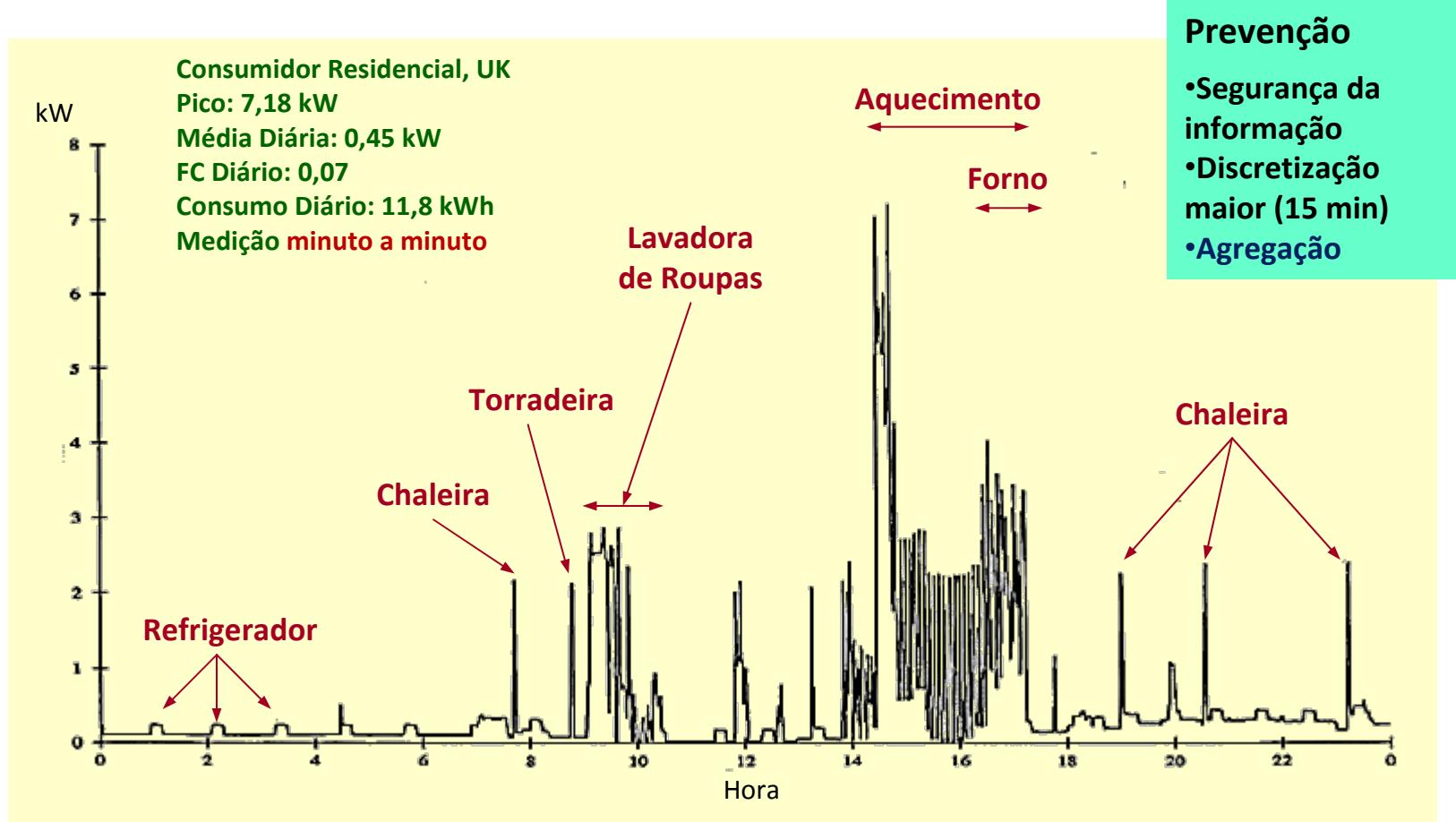
- Maior acurácia
- Comunicação bidirecional
- Aquisição de várias informações além do kWh
- Medição em quatro quadrantes (EP, EQ)
- Menos suscetível a fraude
- Postos tarifários
- Ações remotas de corte e desligamento
- Calcular índices de qualidade (DIC, FIC, etc.)
- Display remoto para comunicação com consumidores
- Etc.

### ■ Display Doméstico

- Dispositivo móvel para permitir acesso fácil aos dados de medidor inteligente



# Privacidade



G. Wood and M. Newborough, "Dynamic Energy-Consumption Indicators for Domestic Appliances: Environment, Behaviour and Design, *Energy & Buildings*, vol. 35, no. 8, pp. 821-841, 2003.

# Sistemas de Medição de Energia

## ■ Convencional

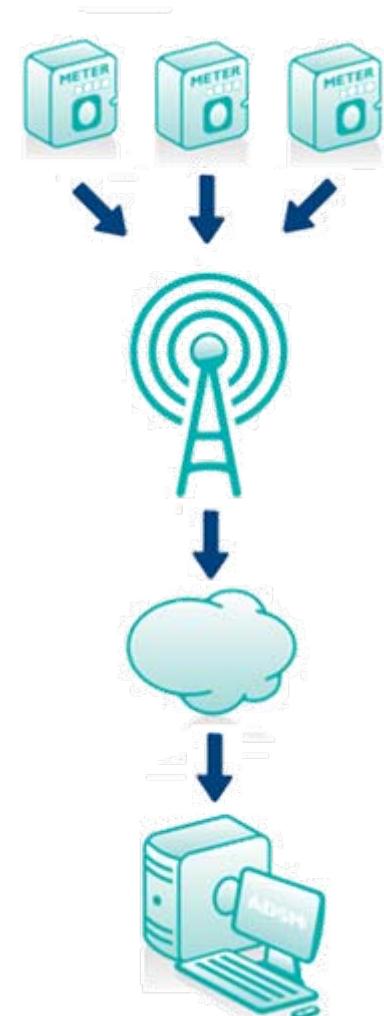
- Coleta mensal
- Medidor eletromecânico ou eletrônico
- Leitura manual e processamento manual ou automático
- Banco de dados

## ■ AMR (Automated Meter Reading)

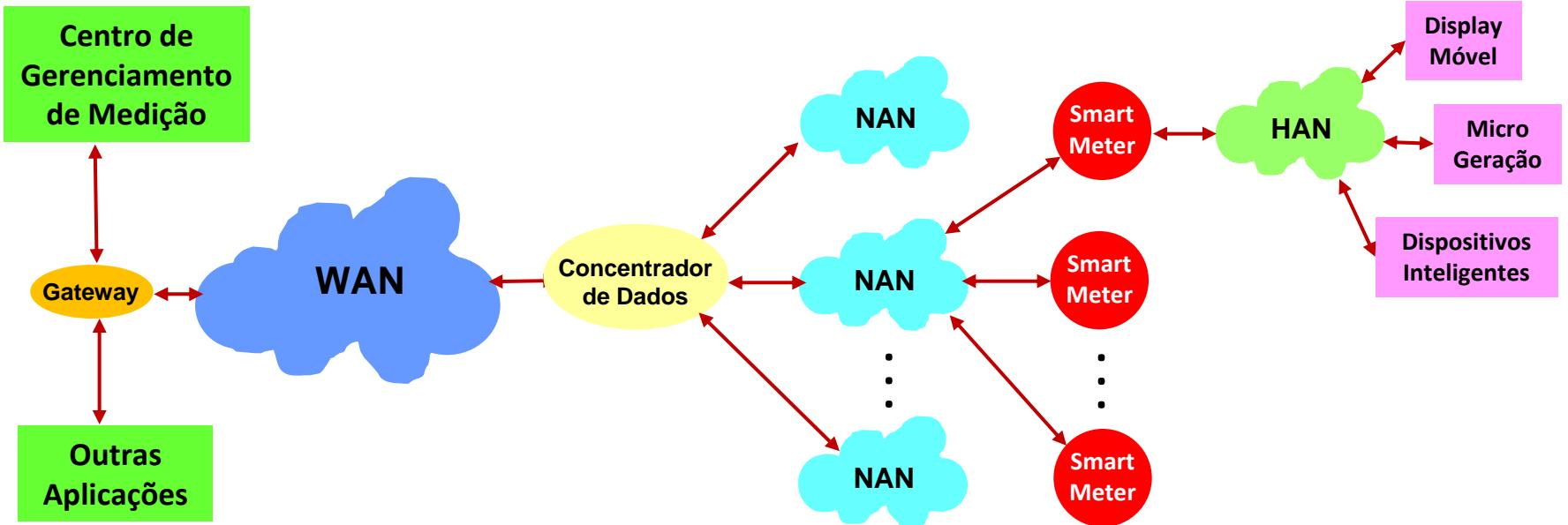
- Coleta em quase tempo-real
- Comunicação mono-direcional
- Medidor eletrônico, leitura automática
- Processamento automático
- Banco de dados

## ■ AMI (Advanced Meter Infrastructure)

- Coleta em quase tempo-real
- Comunicação bi-direcional
- Medidor eletrônico, leitura automática
- Processamento automático
- Banco de dados
- Análise de dados (Data Analytics)



# Advanced Metering Infrastructure



## HAN: Home Area Network

## NAN: Neighbourhood Area Network (Última Milha)

## WAN: Wide Area Network

# Telecomunicações para REI

## ■ Tecnologias

Tecnologia	Aplicações em AMI
Power Line Communications (PLC)	HAN, NAN
Wireless	
Celular (3G,4G)	WAN,NAN
WiFi	HAN
Wimax	NAN
ZigBee	HAN, NAN
RF Mesh	NAN
Fibra Ótica	WAN
Satélite	WAN

## ■ Interoperabilidade

- Capacidade de um sistema de se comunicar de forma transparente com outros sistemas semelhante ou não
- Aspecto crucial; exige o estabelecimento de padrões

## ■ Segurança

- Poteção contra acesso, alteração ou destruição não intencional ou não autorizada de dados
- Proteção contra eventos inesperados e desastres naturais

# Data Analytics and Big Data

## ■ Tsunami de Dados

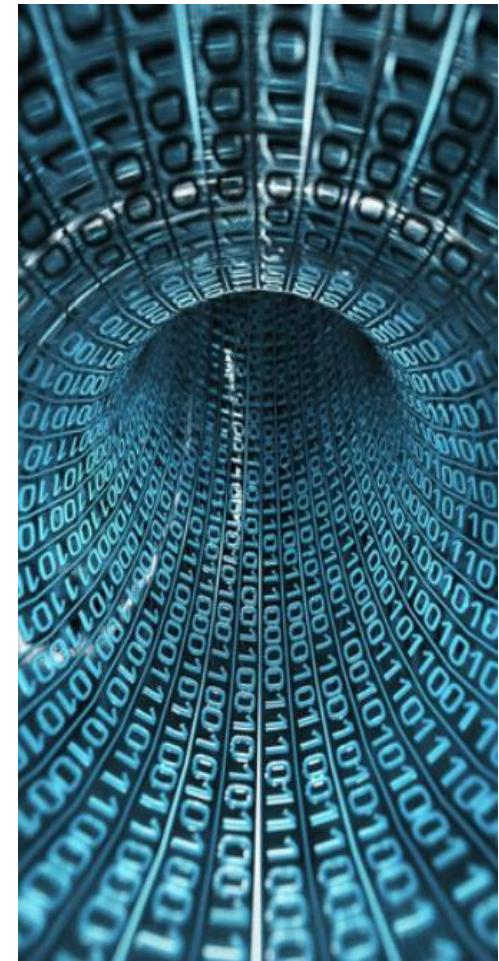
- Extremamente elevado volume de dados coletados por medidores inteligentes e outros sensores introduzidos na rede

## ■ Big Data

- Técnicas especiais para o armazenamento, manipulação, transferência, etc., de grandes volumes de dados

## ■ Análise de Dados

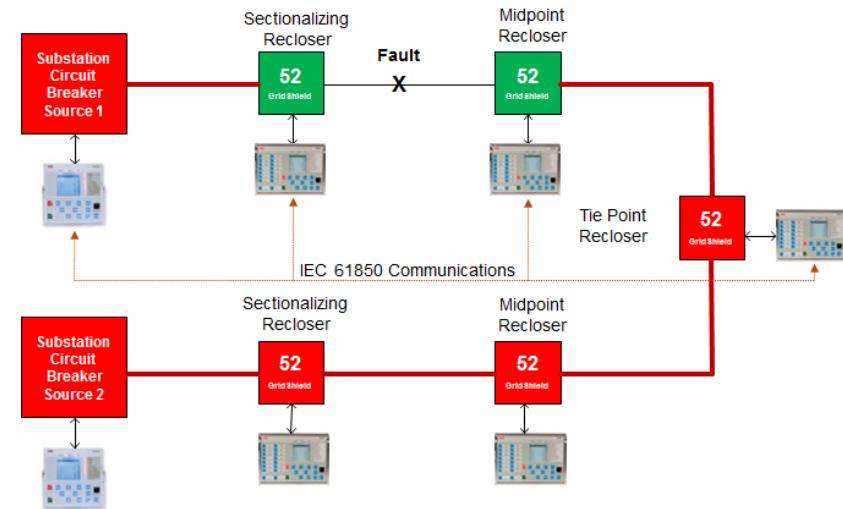
- Processo de inspeção, limpeza, transformação e modelagem de dados, com o objetivo de descobrir informações úteis, sugerindo conclusões, e apoiar a tomada de decisão
- Aplicações em
  - Previsão de carga
  - **Detecção de fraudes**
  - Sistemas de pré-pagamento
  - Tarifação dinâmica
  - Gerenciamento da demanda
  - Etc.



# Self Healing

## Fault Location, Isolation, and Service Restoration (FLISR)

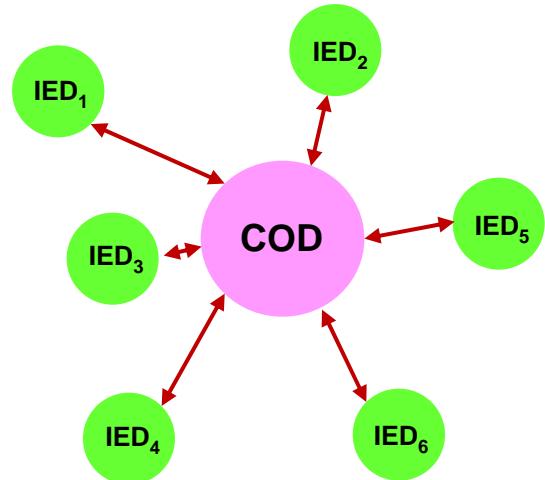
- Capacidade de detectar, analisar, responder e restaurar falhas na rede elétrica de forma automática
- Utiliza informações em tempo real geradas por sensores
- Dispositivos de sensoriamento e acionamento
  - Detectores de curto-circuito
  - Chaves automáticas
  - Religadores inteligentes
  - IEDs
- Rede de comunicações
  - Específica ou a mesma utilizada para AMI?



# Métodos Inteligentes para Recomposição

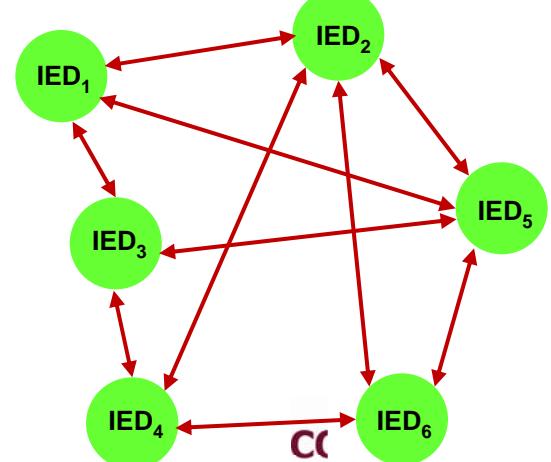
## ■ Inteligência Centralizada

- Baseado no sistema SCADA/COD
- Informação obtida ao longo da rede enviada para COD
- Executa algoritmo de reconfiguração de rede
- Envia comando de abertura/fechamento de chaves



## ■ Inteligência Distribuída

- Dispositivos Eletrônicos Inteligentes (IEDs) distribuídos ao longo da rede elétrica trocam informações entre si
- Métodos de inteligência distribuída decidem ações de cada dispositivo de seccionamento (**Sistemas Multiagentes**)
- Chaves e disjuntores são então acionados



# Controle e Otimização do Perfil de Tensões

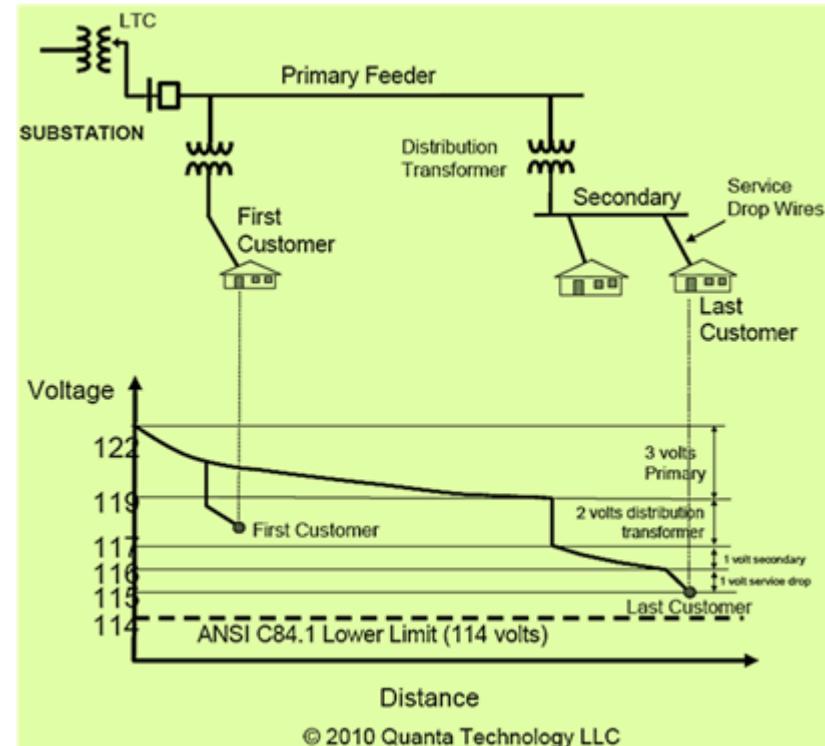
## Volt-VAR Optimization (VVO) and/or Volt-VAR Control (VVC)

### ■ Objetivos

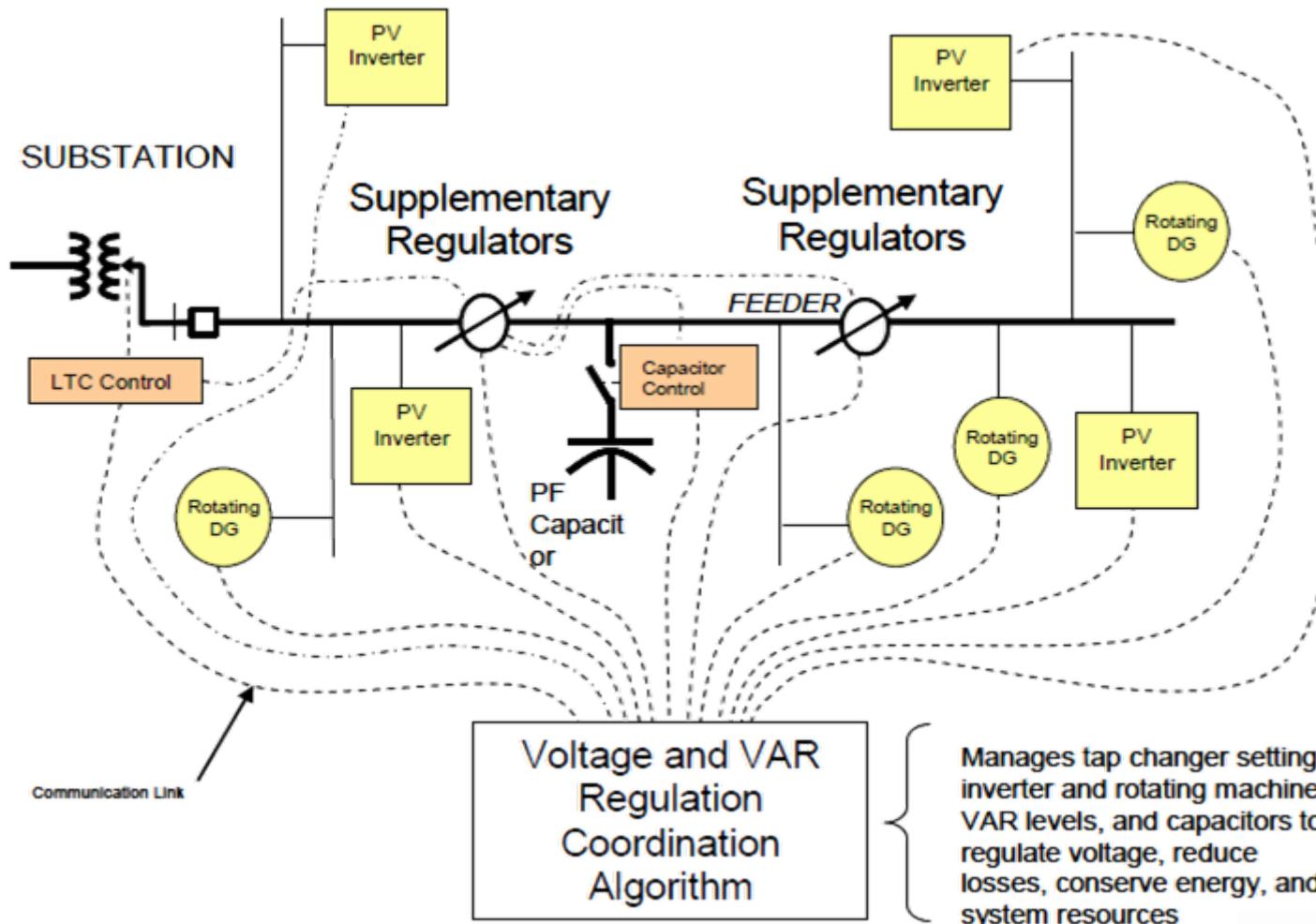
- Manter o perfil de tensões
- Redução de perdas técnicas
- Redução do consumo de energia
- Ajudar *self healing*
- Permitir o uso generalizado de micro e minigeração

### ■ Requisitos para Otimização

- Ações coordenadas
- Ampla utilização de recursos de TIC
- Técnicas de otimização
- Equipamentos inteligentes
  - Regulador de tensão bidirecional
  - Dispositivos FACTS ?



# Controle Coordenado de Tensão



# Microrredes

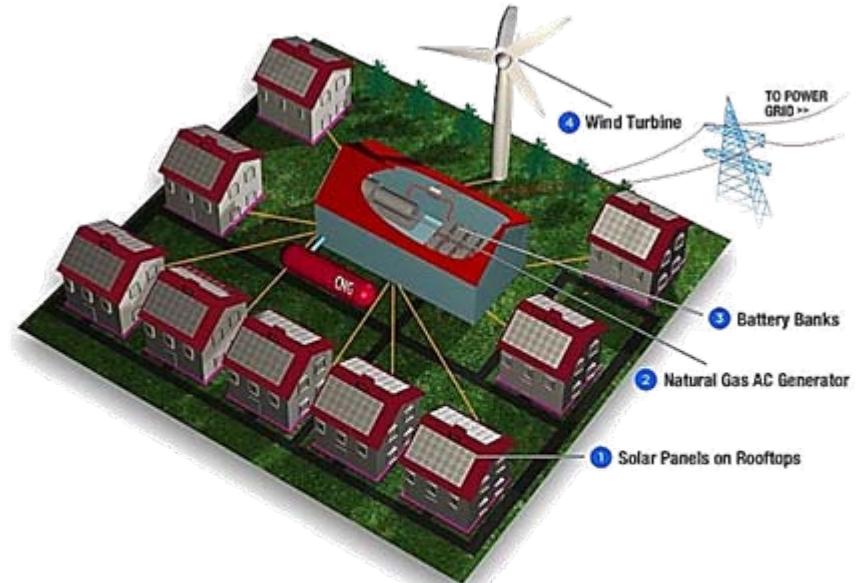
## ■ Conceito

- É um sistema de energia limitado regionalmente, constituído por recursos energéticos distribuídos, consumidores e, opcionalmente, armazenamento
- Opera de forma autônoma, conectada ou não à concessionária
- Atua como um agente único perante a concessionária, agregando os recursos distribuídos

## ■ Características Buscadas

- Autonomia
- Estabilidade
- Compatibilidade
- Flexibilidade
- Escalabilidade

## ■ Diferentes formatos e dimensões

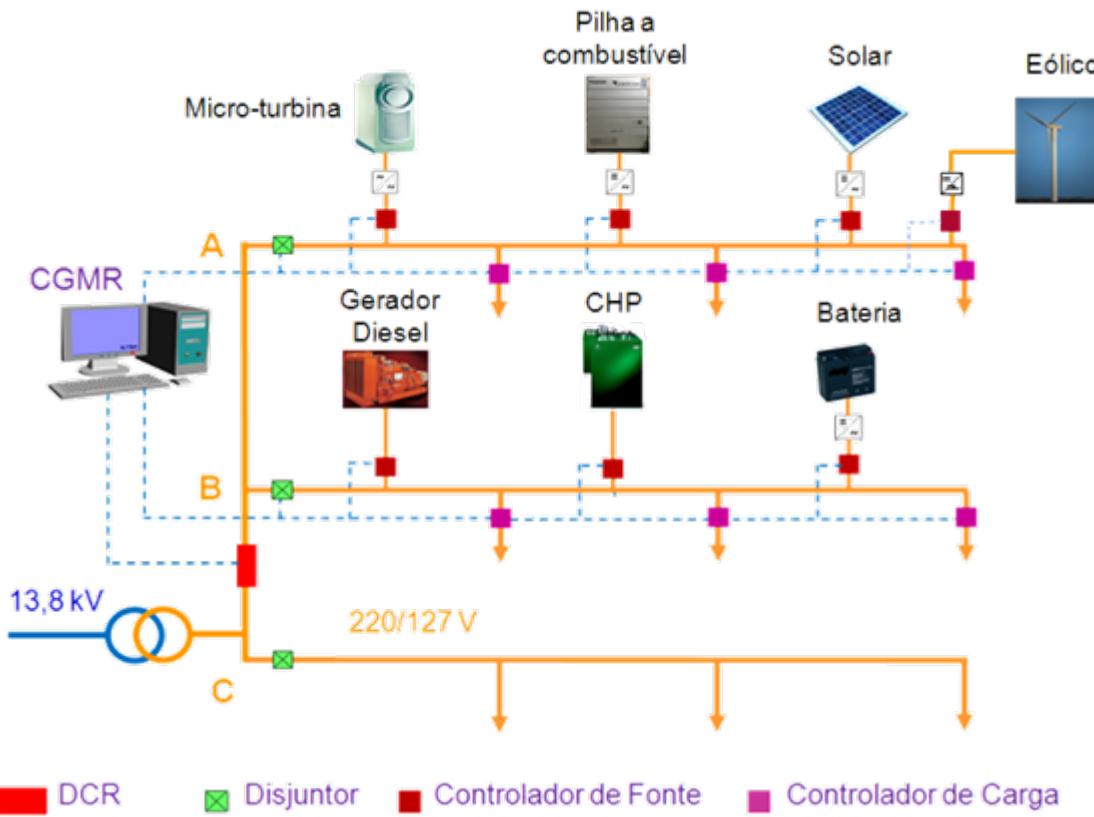


**MICROGRID**  
A Scalable, Distributed Clean Power Solution  
[www.cleanskies.org/Infographics/microgrid](http://www.cleanskies.org/Infographics/microgrid)

**COPPE** 50+1  
UFRJ

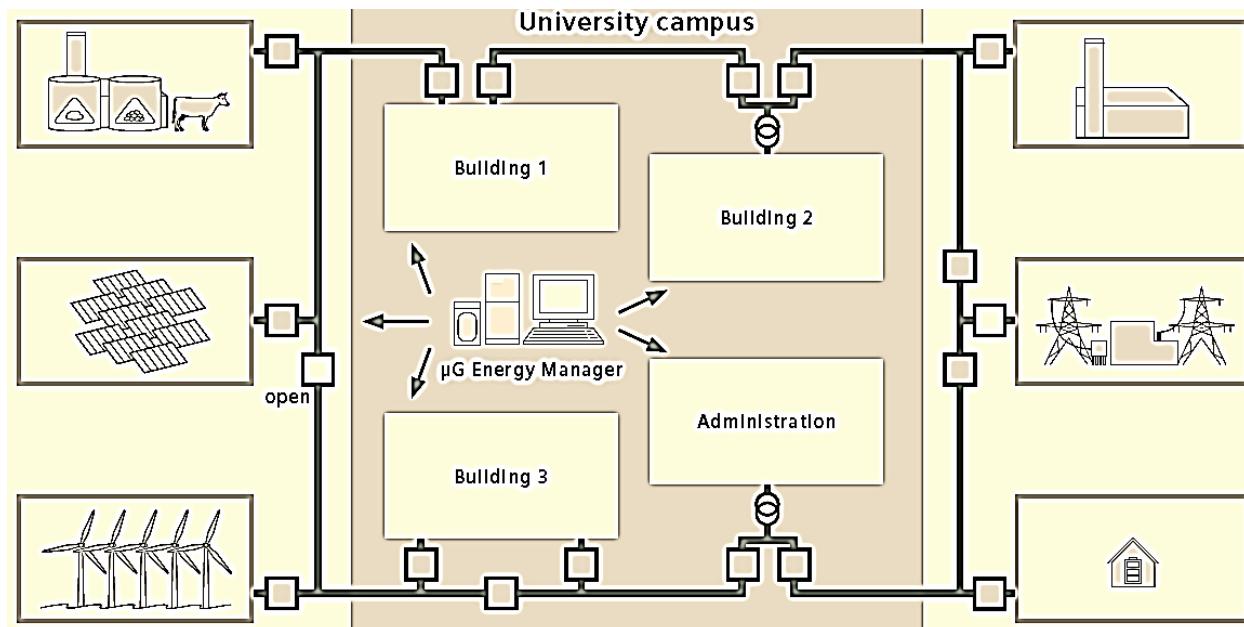
# Pequeno Porte

- Grupo de residências, condomínios, edifícios, etc.
- Conexão em baixa tensão (220/127 V)
- Conectada à concessionária em MT
- Consumidor/produtor autônomo



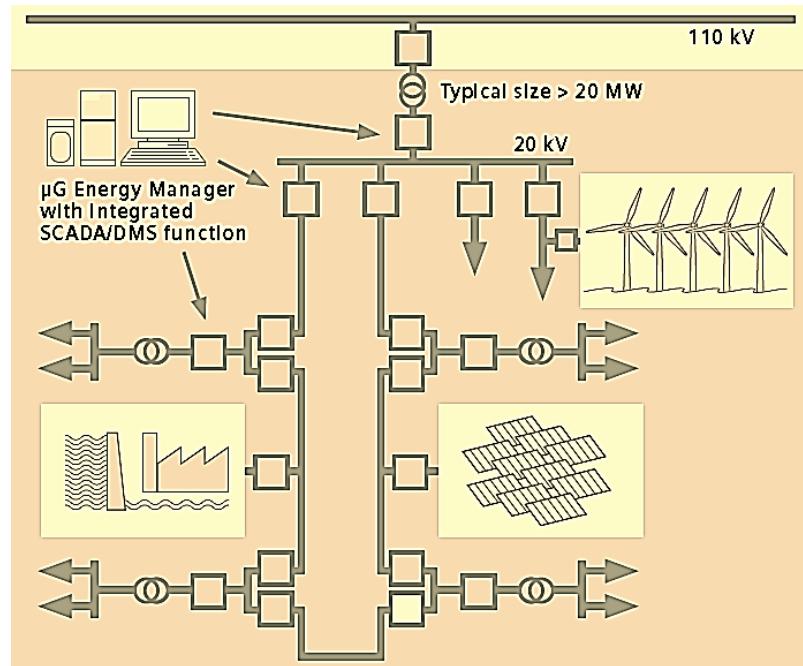
# Microrrede em um Campus Universitário

- Agregam fontes de vários tipos para alimentar um conjunto de edifícios
- Capacidade na ordem de dezenas de MW
- Confiabilidade moderada a alta
- Em geral utilizada também como equipamento de pesquisa



# Microrredes Cooperativas ou da Concessionária

- Encapsulam uma parte da rede de distribuição servindo a uma comunidade
- Podem ser privadas ou de propriedade da concessionária
- Agregam fontes de maior capacidade (PCHs, fazendas eólicas, etc.)
- Interagem diretamente com sistema de supervisão da concessionária



# WAMPAC

---

## Wide Area Monitoring Protection and Control

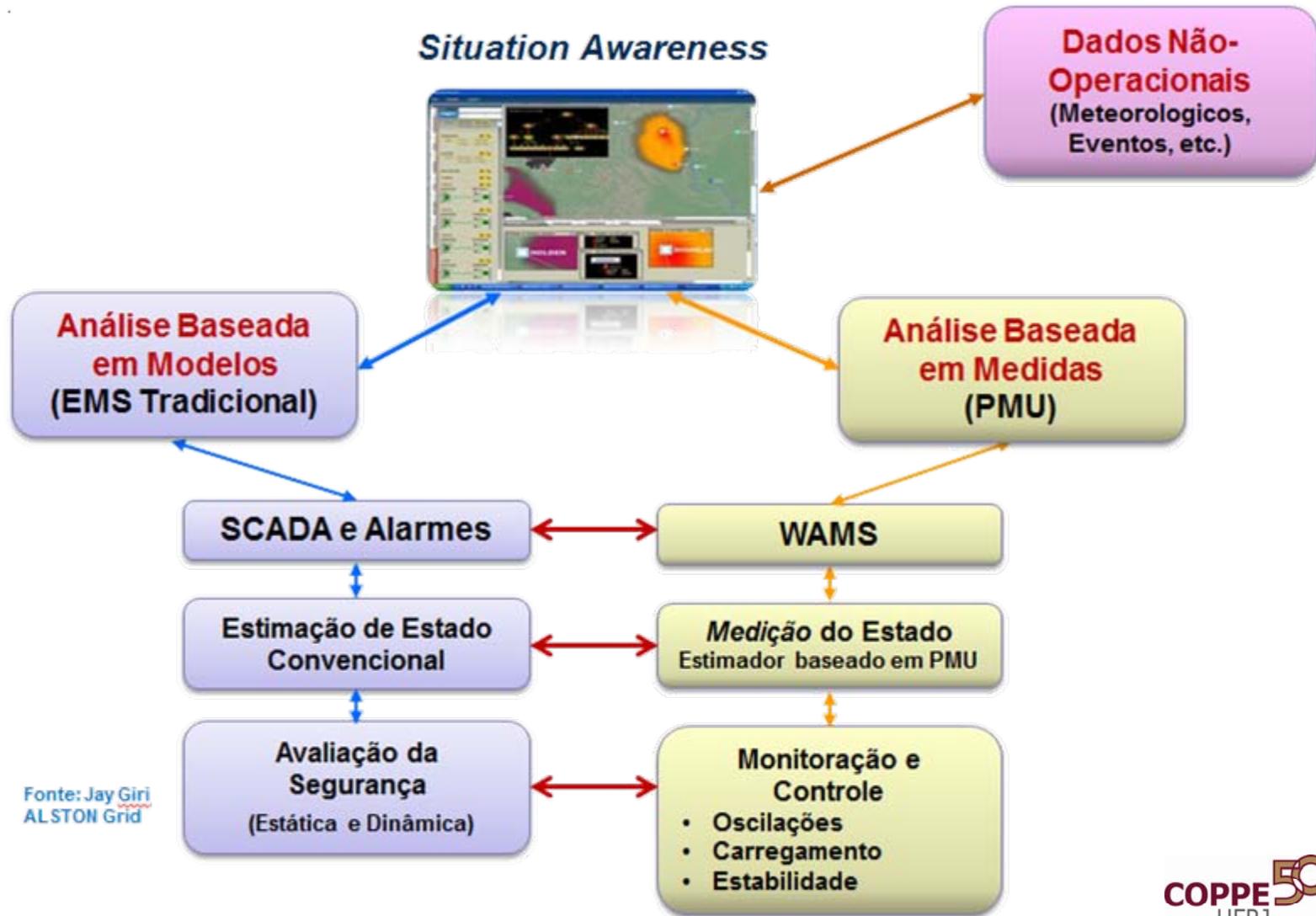
### ■ Sistemas de Monitoração, Proteção e Controle de Área Ampla

- Monitorar a dinâmica do sistema elétrico de potência em tempo-real
- Identificar fragilidades relacionadas à estabilidade
- Permitir ações corretivas
- Baseada no uso de **Medição Fasorial Sincronizada (PMU)**

### ■ Aplicações

- Estimação de estado (estático e dinâmico)
- Monitoração do carregamento
- Detecção de proximidade de instabilidade
- Monitoramento de oscilações

# Cenário de Transição



# REI no Mundo e no Brasil



# REI no Mundo

## ■ Primeiros Desenvolvimentos

- Projetos de automação da distribuição na década de 1980
- Wide Area Measurement System (WAMS) 2000 (BPA)



# REI no Mundo (cont.)

---

## ■ Itália

- Telegestore (2005): 32 milhões de medidores inteligentes

## ■ Estados Unidos

- American Recovery Reinvestment Act (ARRA)
- Austin, Texas (2003): 1/3 do medidores substituídos
- Boulder, Colorado
- Southern California Edison: 5 milhões de medidores inteligentes (2009-2012); 10 milhões até 2020
- Xcel Energy:

## ■ Portugal

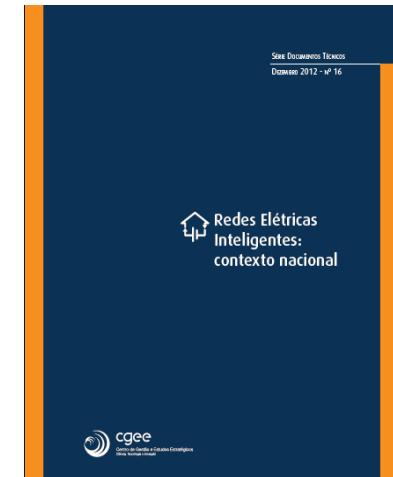
- Évora: Projeto InovGrid

## ■ Grupos de Usuários e Instituições

- IEEE Smart Grid Initiative (USA)
- NIST (USA)
- Galvin Electricity Initiative (USA)
- Intelligrid - EPRI (USA)
- SG European Technology Platform

# Iniciativas Relacionadas a REI no Brasil

- **Grupo de Trabalho do MME**
- **Grupo de Estudos da CGEE/MCTI**
  - Redes Elétricas Inteligentes: Contexto Nacional
- **Aneel**
  - Powerline Communications (REN 375/2009)
  - Sistema de Informações Geográficas (PRODIST)
  - Tarifas horárias (PRORET)
  - Medidores eletrônicos (REN 502/2012)
  - Micro e mini Geração Distribuída (REN 482/2012)
- **Projetos de P&D**
- **Programa Brasileiro de Redes Inteligentes**
  - Projeto Estratégico de P&D Aneel
  - CEMIG + 36 concessionárias de distribuição e geração
  - Coordenado pelo Instituto ABRADEE
- **Projetos Piloto**



# Programa Brasileiro de Redes Inteligentes

## ■ Objetivo

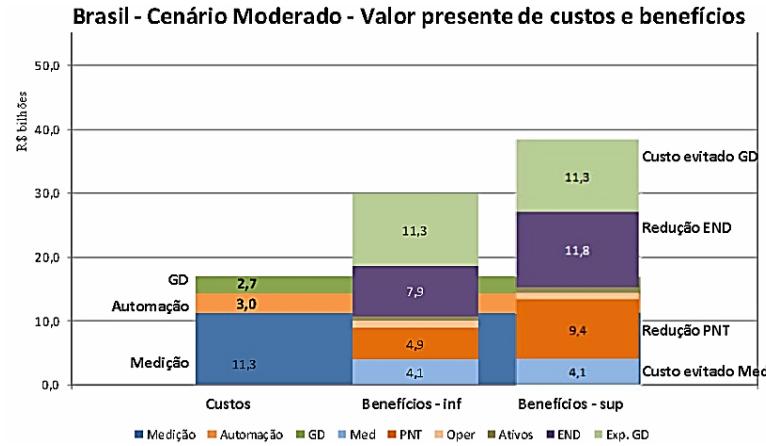
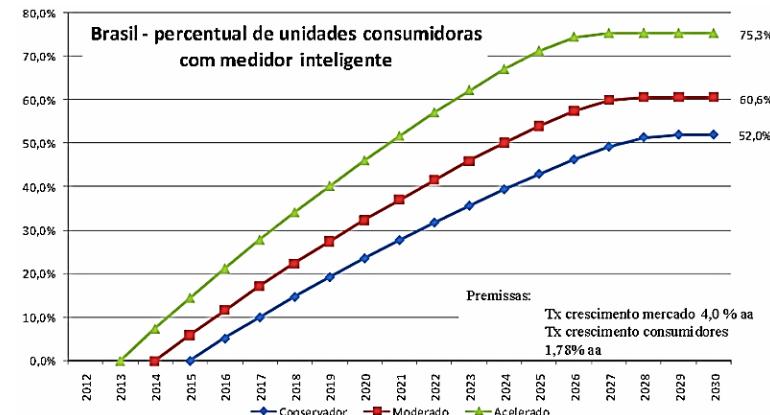
- Avaliar a relação benefício custo da adoção do conceito de redes elétricas inteligentes em três cenários
  - Conservador
  - Moderado
  - Acelerado

## ■ Segmentos Analisados

- Medição Inteligente
- Automação da Distribuição e da Transmissão
- Geração Distribuída; Armazenamento e Veículos Elétricos
- TI e Telecom
- Políticas Públicas e Regulação
- Perspectiva do Consumidor

## ■ Metodologia

- Avaliação da penetração em clusters representando configurações típicas das redes de distribuição brasileiras



# Principais Projetos Piloto ou Experimentais

- ELETROBRÁS AMAZONAS ENERGIA: Parintins - AM



- CELPE: Fernando de Noronha - PE

- CEMIG: Sete Lagoas - MG

- AMPLA: Búzios - RJ

- LIGHT: Rio de Janeiro - RJ

- EDP: Aparecida do Norte – SP

- ELETROPAULO – SP

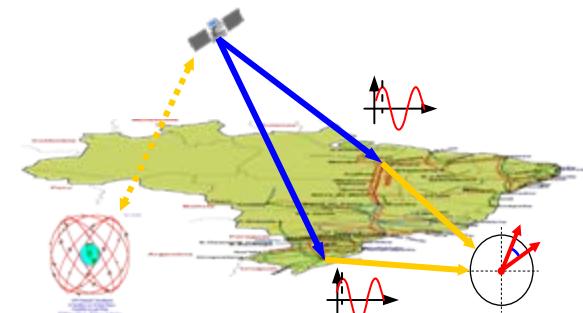
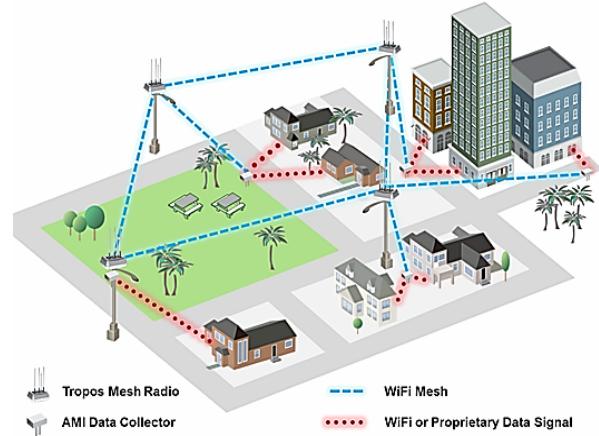
- ELEKTRO - SP

# Pesquisas na COPPE/UFRJ



# Simulação: Energia e TIC

- Smart Grids utiliza Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) para a troca de informações através de redes de em grande área
- O desempenho das TIC tornou-se crucial para o desenvolvimento de
  - Infra-estrutura de medição avançada (AMI)
  - Automação da Distribuição
  - Monitoramento em Área pla, Proteção e Controle (WAMPAC)
- **Simulações** são uma forma comum de avaliação, mas os sistemas de energia e redes de comunicação são normalmente analisados com simuladores dedicados.
- É importante dispor-se de uma **simulação combinada** para analisar as dinâmicas e impactos mútuos de ambos os domínios



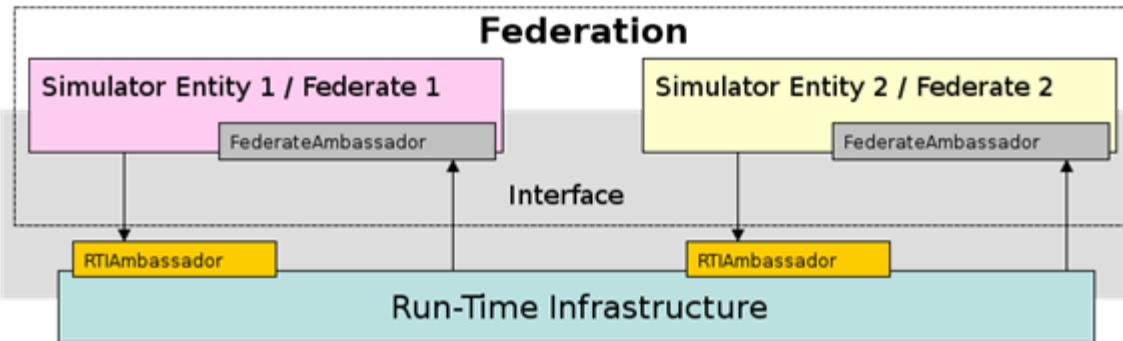
# Ferramenta de Co-Simulação

---

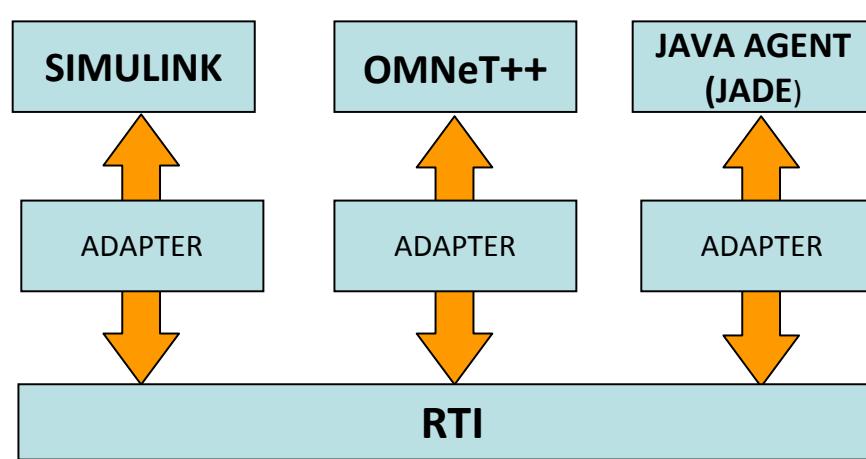
- Co-Simulação
  - Redes diferentes simuladas por seus simuladores especializados
  - O desafio principal é conectar, operar e sincronizar dados e interações entre os simuladores
  - O principal desafio é a implementação de estratégias de avanço de tempo representando os eventos
  - Arquitetura de simulação híbrida genérica baseada no padrão **IEEE High Level Architecture** para permitir uma simulação combinada dos sistemas de energia, comunicação e automação
- A interação entre os simuladores é administrada pelo **Run-Time Infrastructure (RTI)**
- HLA é um padrão de interoperabilidade para simulação distribuída usada para apoiar a análise, simulação e treinamento em um número de diferentes domínios, particularmente na área de defesa

# Co-Simulação (Energia and TIC)

## ■ Generic *High Level Architecture* (HLA)



## ■ Aplicação Desenvolvida



FLISR  
Implementação  
Multi-Agente

# Simulight

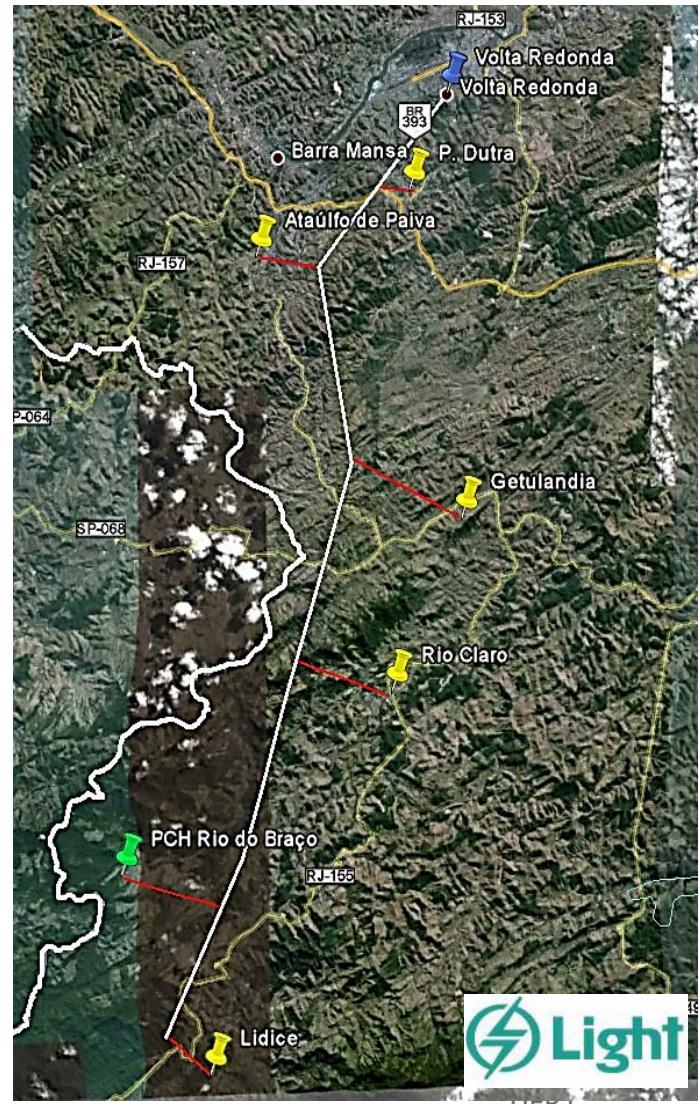
- **Tipos de Simulação**
  - Estática (fluxo de potência)
  - Quase-Dinâmica (controles lentos)
  - Dinâmica (estabilidade transitória)
- **Representação trifásica, monofásica e mista**
- **Representação de subestações no nível de chaves, disjuntores e barramentos**
- **Simulação de múltiplas ilhas e microrredes**
- **Modelagem de relés e funções de proteção**
- **Representação de Geração Eólica, Fotovoltaica, PCH e PCT**
- **Representação gráfica geo-referenciada dos alimentadores**



**Versão acadêmica disponível em:**  
<http://www.coep.ufrj.br/~tarang/Simulight/>

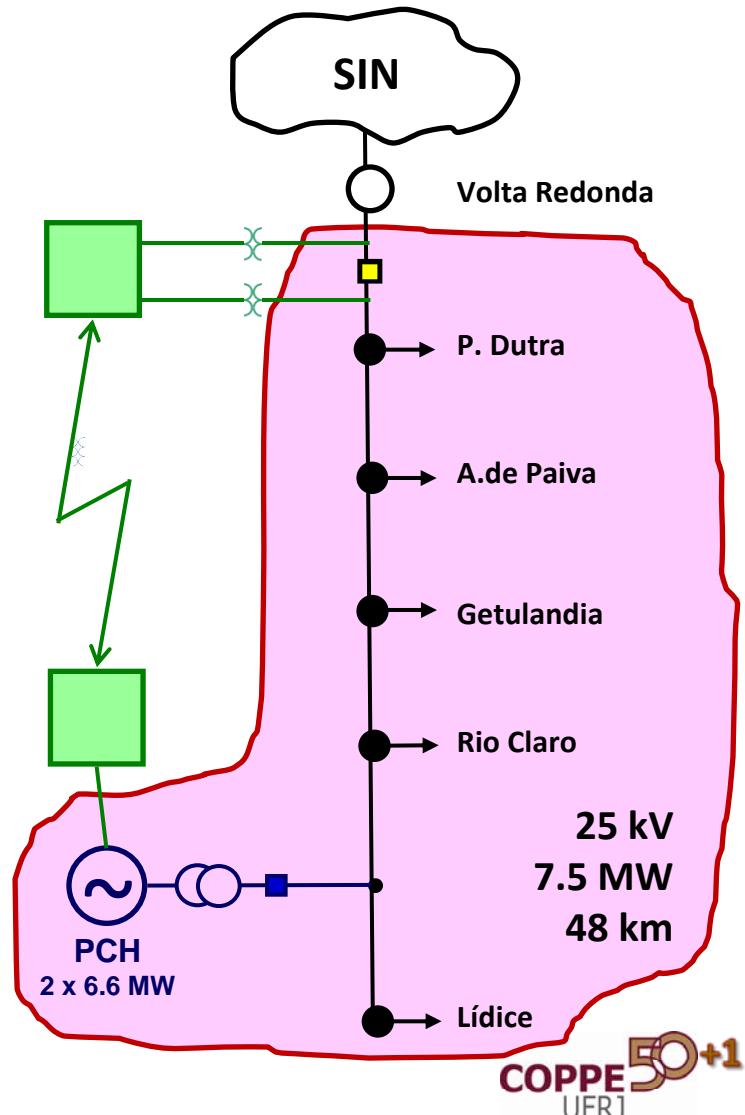
# Exemplo de Microrrede da Concessionária

- **Situada no município de Rio Claro RJ**
- **Estudos de ilhamento provocados pelo desligamento do alimentador (25 kV) na SE de Volta Redonda (138 kV)**
- **PCH com duas unidades de 6 MW cada**
- **Verificação da capacidade de alimentação da carga local**



# Estudos de Ilhamento

- **Interesse da empresa em atender demanda local com a PCH para melhorar índices de confiabilidade**
- **Ilhamentos**
  - Não-intencional (desligamento)
  - Intencional (manutenção, redução da demanda)
- **Religamento**
- **Estudos de Simulação**
  - Mostraram a viabilidade desde que introduzidos recursos mínimos de comunicação e automação
- **Experimentos**
  - Testes de ilhamento realizados com sucesso



# Projeto CPQd-Celpe

## ■ Estudo do sistema elétrico da Ilha de Fernando de Noronha

- Condição atual
- Com a instalação de geração eólica e fotovoltaica
- Com recursos de Redes Elétricas Inteligentes (prova de conceito)



## ■ Tipos de Estudo

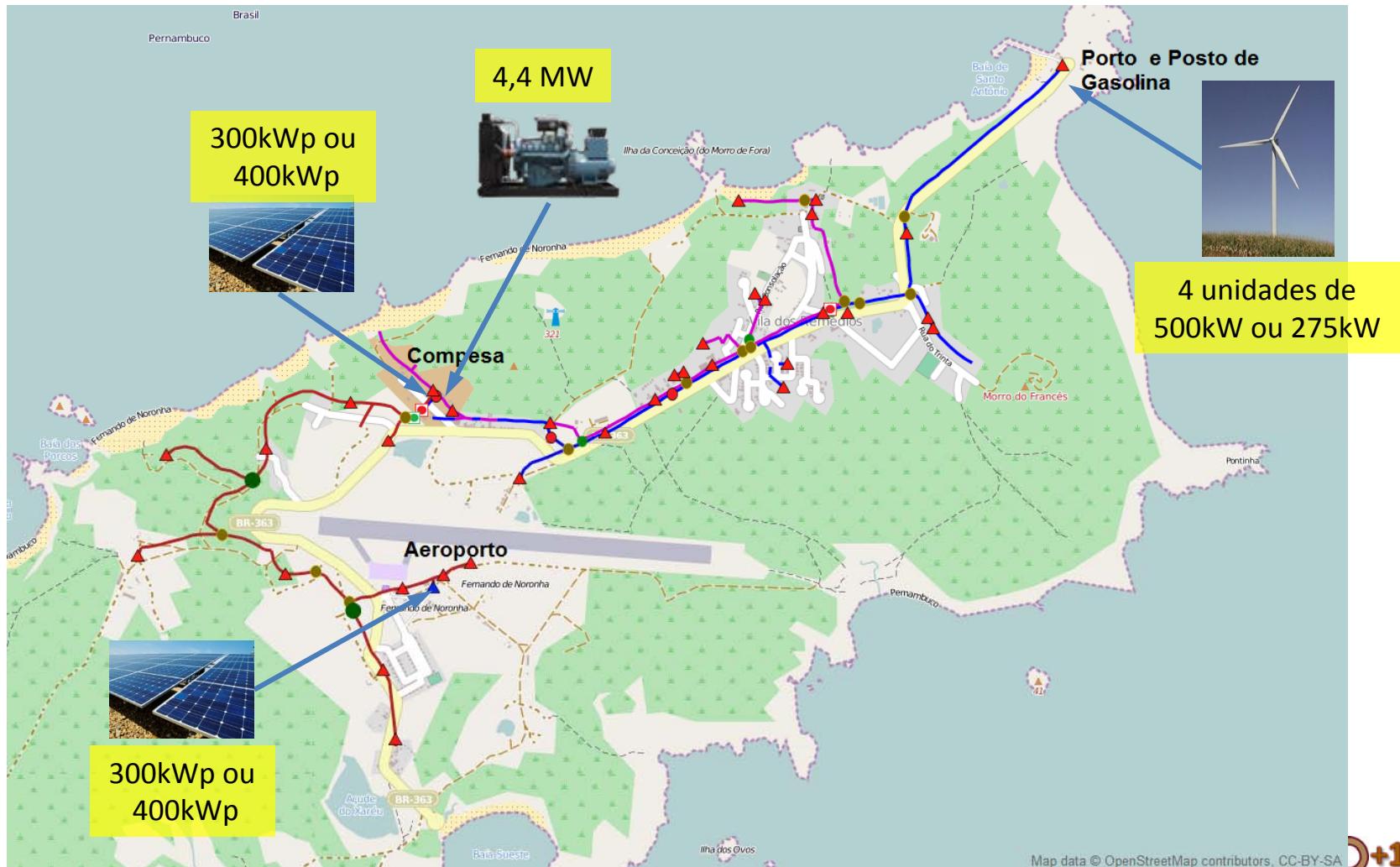
- Regime Permanente (Fluxo de Potência)
- Dinâmica Eletromecânica (Estabilidade Transitória)



## ■ Fenômenos Simulados

- Faltas
- Reconfiguração (recursos)
- Intermitência das fontes eólica e solar
- Recurso de automação e controle em ambiente de REI

# Sistema Elétrico de Fernando de Noronha

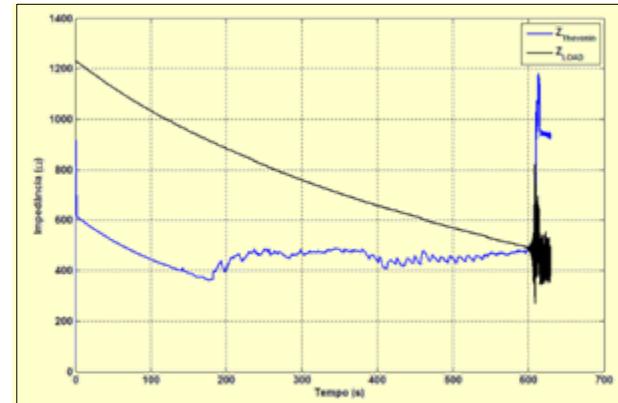


Map data © OpenStreetMap contributors, CC-BY-SA

# REI em Sistemas de Transmissão

## ■ Identificação de Instabilidade de Tensão baseada em Medição Fasorial Sincronizada

- Medição de fasores de corrente e tensão
- Equivalente de Thevenin
- Aproximação de Impedâncias



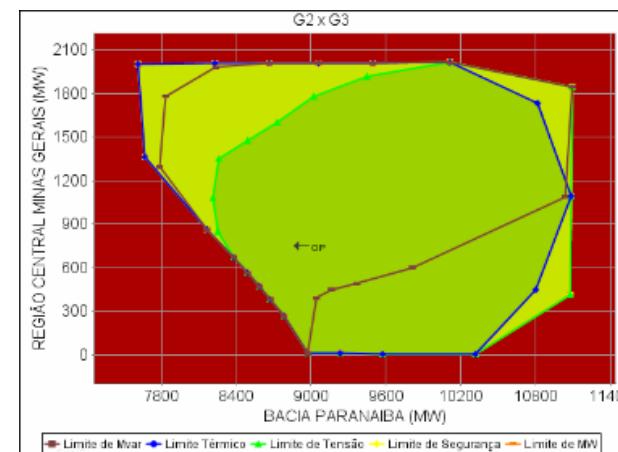
CESI

## ■ Estimação de Estado

- Estimação de estado utilizando dados de PMUs
- Estimação de estado em redes de distribuição utilizando dados de AMI

## ■ Avaliação Dinâmica da Segurança do SIN

- Integração do softwares ANAREDE e ANATEM do CEPEL
- Ambiente de computação paralela (clusters)

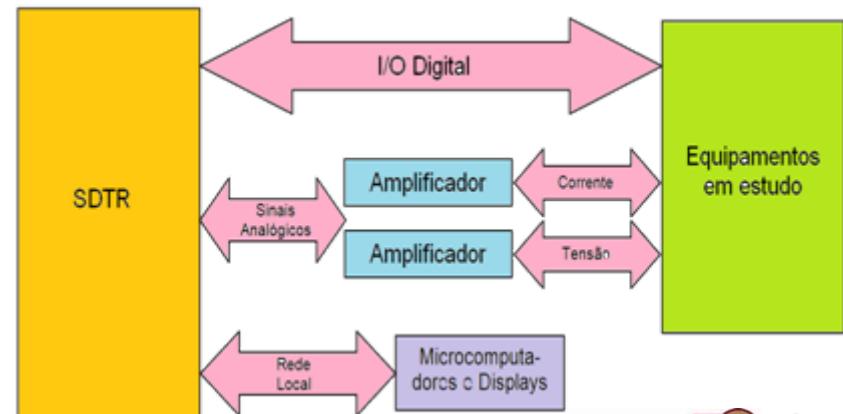


Eletrobras  
Cepel

COPPE 50+1  
UFRJ

# Simulação em Tempo Real de Tecnologias de REI

- Laboratório de simulação de redes elétricas em tempo real
- Baseado em sistema computacional paralelo especialmente projetado para simulação de redes elétricas
- Facilidades para interagir com equipamentos (relés, conversores, pmus, etc)
- Hardware in the loop
- Projetos propostos
  - Simulação de Microrredes Conectadas a Redes de Distribuição de Energia Elétrica
  - Aplicações de Medição Fasorial Sincronizada na Monitoração e Controle de Sistemas de Transmissão



# Bibliografia

## Livros Internacionais

- J. Ekanayake, N. Jenkins, K. Liyanage, J. Wu, and A. Yokoyama, *Smart Grid: Technology and Applications*, Wiley, 2012.
- E.H. Zhu Han and H.V. Poor, *Smart Grid Communications and Networking*, Cambridge University Press, 2012.

## Livros Nacionais

- J.C. Dutra, et al., *Redes Elétricas Inteligentes no Brasil: Subsídios para um Plano Nacional de Implantação*, Rio de Janeiro, Synergia Editora, 2013.
- N. Kagan, et al., *Redes Elétricas Inteligentes no Brasil: Análise de Custos e Benefícios de um Plano Nacional de Implantação*, Rio de Janeiro, Synergia Editora, 2013.
- F. Toledo, Coord., *Desvendando as Redes Elétricas Inteligentes*, Rio de Janeiro, Brasport, 2012.

## Relatórios

- The SMART GRID: An Introduction, Department of Energy (DOE), USA, 2008.
- Technology Roadmap: Smart Grids, International Energy Agency (IEA), 2011.
- SmartGrids SRA 2035, European Technology Platform for Electricity Networks of the Future (SmartGrids ETP), March 2012.
- Smart Grid: Relatório do Grupo de Trabalho de Redes Elétricas Inteligentes do Ministério de Minas e Energia, 2012.
- Redes Elétricas Inteligentes: Contexto Nacional, relatório preparado pela CGEE, Dezembro de 2012.

## Artigos

- S. Massoud Amin and B.F. Wollenberg, "Toward a Smart Grid: Power Delivery for the 21st Century", *IEEE Power and Energy Magazine*, vol. 3, no. 5, pp. 34-41, Sept./Oct. 2005.
- D.M Falcão, "Integração de Tecnologias para Viabilização da Smart Grid", *Anais do III Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE)*, 18-21 Maio, Belém PA, 2010.
- D.M. Falcão, "Smart Grids e Microredes: O Futuro já é Presente", *Anais do VIII Simpósio de Automação de Sistemas Elétricos (Simpase)*, Rio de Janeiro RJ, 09 a 14 de Agosto de 2009.

## Internet

IEEE	<a href="http://smartgrid.ieee.org/">http://smartgrid.ieee.org/</a>
Department of Energy (USA)	<a href="http://www.smartgrid.gov/">http://www.smartgrid.gov/</a>
SGIC	<a href="http://www.sgiclearinghouse.org/">http://www.sgiclearinghouse.org/</a>
NIST	<a href="http://www.nist.gov/smartgrid/">http://www.nist.gov/smartgrid/</a>
Galvin Electricity Initiative	<a href="http://www.galvinpower.org/">http://www.galvinpower.org/</a>
SG European Technology Platform	<a href="http://www.smartgrids.eu/">http://www.smartgrids.eu/</a>
Fórum Latino-Americano de Smart Grid	<a href="http://www.Smartgrid.com.br/">http://www.Smartgrid.com.br/</a>
Smartgrid News	<a href="http://smartgridnews.com.br/">http://smartgridnews.com.br/</a>
Redes Inteligentes	<a href="http://www.redeinteligente.com/">http://www.redeinteligente.com/</a>
Redes Inteligentes Brasil	<a href="http://redesinteligentesbrasil.org.br/">http://redesinteligentesbrasil.org.br/</a>

# Obrigado

Djalma M. Falcão  
[falcao@nacad.ufrj.br](mailto:falcao@nacad.ufrj.br)

COPPE/UFRJ  
Programa de Engenharia Elétrica  
Caixa Postal 68504  
21941-972 Rio de Janeiro RJ