

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

Características das *Smart Grids*

Giovanni Manassero Junior

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

Julho/2011

Estado atual das redes elétricas

Concepção dos sistemas elétricos de potência

- As redes elétricas são concebidas com o objetivo de garantir a entrega da energia elétrica aos consumidores, considerando a integridade física dos ativos. Neste tipo de concepção, o foco é a prevenção quanto à evolução de um problema;
- Atualmente, o modelo de precificação da energia elétrica não permite que os consumidores tomem decisões informadas acerca do seu consumo;
- Normalmente há obstáculos para a conexão de autoprodutores de energia elétrica às redes existentes;
- As redes são vulneráveis a desastres naturais e ataques físicos. Além disso, com o aumento do emprego da tecnologia digital, as redes tornaram-se vulneráveis também a ataques cibernéticos;

Estado atual das redes elétricas

Concepção dos sistemas elétricos de potência

- O processo de comercialização de energia elétrica pode não estar completamente consolidado e, nesse caso, os modelos empregados ainda não estão completamente desenvolvidos;
- A operação das redes elétricas é destinada à solução rápida de problemas relacionados à interrupção do fornecimento e, portanto, os problemas de qualidade de energia são relegados a um segundo plano;
- A gestão dos ativos ainda é baseada em métodos de manutenção preventiva e corretiva, sem a preocupação com sua utilização otimizada.

Em direção às *smart grids*

Processo de modernização das redes elétricas inteligentes

- A modernização das redes elétricas de potência é necessária para garantir o crescimento da sociedade industrial;
- O processo de modernização das redes elétricas é baseado nas seguintes premissas:
 - Confiabilidade: antecipação dos problemas relacionados aos equipamentos (técnicas de manutenção baseadas na condição) e capacidade de suportar distúrbios (minimização da interrupção no fornecimento);
 - Segurança: tolerância a ataques físicos e cibernéticos, de forma a minimizar a interrupção no fornecimento e os custos relativos ao restabelecimento do sistema. Além disso, segurança para as pessoas que manuseiam a rede (consumidores e as equipes de manutenção);

Em direção às *smart grids*

Processo de modernização das redes elétricas inteligentes

- O processo de modernização das redes elétricas é baseado nas seguintes premissas (cont.):
 - Economia: operação sob regras de oferta e demanda, resultando na precificação correta e no gerenciamento adequado das reservas de energia;
 - Eficiência: redução das perdas técnicas na transmissão e distribuição, aumento no rendimento da geração e melhoria na gestão dos ativos;
 - Impacto reduzido: aumento do acesso a fontes renováveis de energia, redução no impacto da geração de energia por meio de fontes não renováveis, conscientização do consumidor para redução do desperdício.

Em direção às *smart grids*

Futuro das redes elétricas

- Com a implantação de tecnologias, ações e políticas que garantam o processo de modernização das redes elétricas inteligentes, haverá uma mudança na sua concepção. Neste caso, as redes devem responder rapidamente a qualquer problema e o foco deve ser a prevenção de modo a minimizar os impactos decorrentes desses problemas;
- Neste caso, o modelo de precificação da energia elétrica deve ser dinâmico e os consumidores devem ser informados acerca do seu consumo e do preço da energia elétrica no momento em que é consumida;
- A conexão de autoprodutores de energia elétrica às redes existentes deve ser regulamentada de maneira adequada e os obstáculos devem ser removidos;

Em direção às *smart grids*

Futuro das redes elétricas

- As redes devem ser resilientes quanto a desastres naturais e ataques físicos/cibernéticos. Nesse caso, as redes devem ter capacidade para o rápido restabelecimento no fornecimento de energia;
- O processo de comercialização de energia elétrica deve ser completamente consolidado e os modelos empregados devem estar completamente desenvolvidos;
- A operação das redes elétricas deve ser destinada à solução rápida de problemas relacionados à interrupção do fornecimento e à qualidade de energia;
- A gestão dos ativos deve empregar métodos de manutenção baseada na condição, para garantir a otimização do uso desses ativos.

Em direção às *smart grids*

Visão sobre as redes elétricas inteligentes

- Esse processo requer o envolvimento das concessionárias de geração, transmissão e distribuição, bem como consumidores, políticos, agentes reguladores, etc.

To revolutionize the electric system by integrating 21st century technology to achieve seamless generation, delivery and end-use that benefits the nation.

A vision for the modern grid.
NETL - National Energy Technology Laboratory - DOE.

Escopo das *smart grids*

Definições

- As redes elétricas inteligentes fazem o uso da tecnologia digital para aumentar os índices de confiabilidade, segurança, de eficiência energética e econômica dos sistemas elétricos de potência, bem como para reduzir o seu impacto ambiental;
- Esse conceito se estende aos grandes geradores de energia elétrica, às linhas de transmissão e redes de distribuição, aos consumidores, aos geradores distribuídos e às unidades de armazenamento;
- O uso da tecnologia digital nos sistemas de gestão, manutenção, planejamento e operação dos sistemas elétricos de potência tem-se consolidado nos últimos anos;
- Atualmente, essas tecnologias estão em processo de integração e as redes elétricas inteligentes são resultado desse processo.

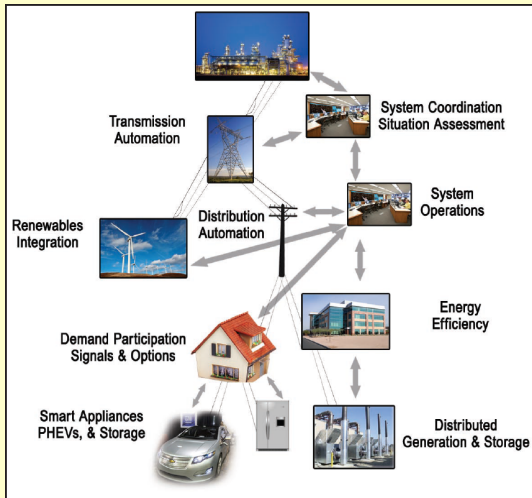
Escopo das *smart grids*

Impacto das redes elétricas inteligentes

- As áreas dos sistemas elétricos de potência cobertas pelo conceito de *smart grids* são:
 - Infraestrutura de transmissão e distribuição: linhas de transmissão/distribuição, chaves, transformadores, etc.;
 - Infraestrutura de gerenciamento dos sistemas de transmissão e distribuição: centros de operação regionais, centros de operação nacionais, etc.;
 - Ambiente político e regulatório: mecanismos de investimentos no setor, incentivos governamentais, regulamentação da atividade, etc.;
 - Lado da demanda: cargas residenciais, comerciais e industriais, geração distribuída, veículos elétricos, unidades de armazenamento, etc.

Escopo das *smart grids*

Impacto das redes elétricas inteligentes



Impacto das redes elétricas inteligentes

Infraestrutura de transmissão e distribuição

- Os conceitos de redes elétricas inteligentes para os sistemas de transmissão incluem automação das subestações, emprego de limites dinâmicos nos equipamentos, coordenação entre os dispositivos de proteção, emprego extensivo de sensores e de sistemas de comunicação;
- Para os sistemas de distribuição incluem automação dos alimentadores de distribuição (manobras de chaves para balanceamento das cargas, para o restabelecimento do fornecimento de energia, operação de capacitores para controle de tensão na rede, etc.) e medição avançada (leitura automática de medidores, controle das cargas dos consumidores, resposta pelo lado da demanda).

Impacto das redes elétricas inteligentes

Gerenciamento dos sistemas de transmissão e distribuição

- O gerenciamento dos sistemas de transmissão e distribuição consiste em uma série de ações para garantir os níveis de confiabilidade do fornecimento de energia elétrica sem desconsiderar os aspectos econômicos da atividade;
- Essas ações são desempenhadas por centros de operação da distribuição, centros de operação regionais e pelo centro de operação do sistema, porém essa arquitetura depende do modelo do setor elétrico;
- Os conceitos de redes elétricas inteligentes para o gerenciamento dos sistemas de transmissão e distribuição incluem o emprego de equipamentos de medição no sistema para que seja possível estimar corretamente seu estado e ampliar sua eficiência, confiabilidade e resposta aos distúrbios, além de minimizar o impacto ambiental.

Impacto das redes elétricas inteligentes

Ambiente político e regulatório

- O desenvolvimento das tecnologias e ações que possam promover a evolução das redes elétricas atuais para as redes elétricas inteligentes dependem de investimentos dos setores público e privado;
- Os investimentos do setor público dependem de políticas de remuneração que garantam a viabilidade econômica do processo, sem impactar o consumidor de energia elétrica;
- Os investimentos do setor privado dependem de garantias de retorno econômico e, para tanto, é necessária uma regulamentação coerente.

Impacto das redes elétricas inteligentes

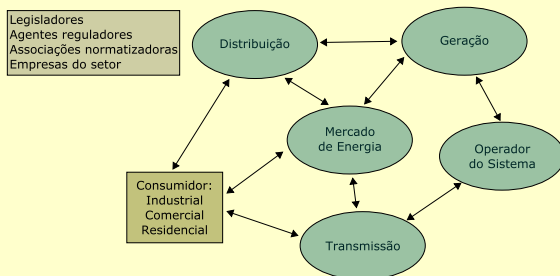
Lado da demanda

- Os conceitos de redes elétricas inteligentes no que se referem ao lado da demanda são:
 - DER: desenvolvimento das tecnologias que permitam a utilização dos recursos energéticos distribuídos, bem como sua integração aos sistemas já existentes;
 - Controle automático de cargas: desenvolvimento de tecnologias que possibilitem o controle das cargas dos consumidores de modo a efetuar o *peak shaving*;
 - Veículos elétricos: desenvolvimento de tecnologias que permitam a integração de veículos elétricos às redes.

Participantes envolvidos

Modificação na indústria base do desenvolvimento moderno

- O desenvolvimento e implantação das redes elétricas inteligentes devem modificar a indústria que está na base de qualquer processo produtivo, portanto, é de se esperar que todos sejam participantes do processo;



Características das *smart grids*

Participação dos consumidores

- Para que seja possível garantir a participação dos consumidores de energia elétrica deve-se permitir a troca de informações e de energia;
- Atualmente, a tecnologia que possibilita essa troca é a infraestrutura de medição avançada (AMI – *Advanced Metering Infrastructure*);
- A troca de informações e energia possibilita a implantação de programas de resposta pelo lado da demanda e o *peak shaving*, com a utilização da precificação dinâmica e do corte automático de cargas, respectivamente.

Características das *smart grids*

Capacidade de acomodação de autoprodutores

- Normas e procedimentos para a interconexão de autoprodutores de energia elétrica;
- A acomodação de um grande número de autoprodutores requer estudos para determinação do impacto de sua indisponibilidade nos índices de confiabilidade dos sistemas elétricos convencionais;
- Deve-se levar em consideração também o aspecto econômico e as questões ambientais;
- Nos países onde há incentivos fiscais e/ou econômicos para a instalação de geração distribuída e unidades de armazenamento de energia há tendência de crescimento no interesse dos investidores.

Características das *smart grids*

Viabilização de novos produtos/serviços

- A viabilização de novos produtos e serviços depende da consolidação das políticas, regulamentações, tecnologias, incentivos e financiamentos;
- Dentre os novos produtos pode-se destacar:
 - Veículos elétricos: podem substituir parte da frota de veículos à combustão e, portanto, podem surgir como um novo mercado para a indústria de energia elétrica;
 - Eletrodomésticos inteligentes: eletrodomésticos que utilizam a AMI e podem ser controlados remotamente para reduzir o consumo de pico.

Características das *smart grids*

Qualidade de energia contratável

- Nem todos os consumidores possuem os mesmos requisitos no que se refere à qualidade da energia elétrica entregue pelas concessionárias;
- Os consumidores mais afetados são aqueles que empregam equipamentos eletrônicos;
- Esses equipamentos normalmente são susceptíveis às variações nos níveis de tensão, mesmo que momentâneas, e à presença de conteúdo harmônico;
- Microrredes e DER podem contribuir para mitigar esse problema (p. ex. a geração distribuída pode contribuir com a manutenção dos níveis de tensão nas redes e as microrredes podem operar de maneira independente da infraestrutura de distribuição).

Características das *smart grids*

Otimização dos ativos e eficiência energética

- A busca pela eficiência energética passa necessariamente pelos consumidores de energia elétrica, bem como pelas concessionárias de distribuição, transmissão e geração;
- Consumidores que possuem uma certa quantidade de informações podem contribuir ativamente com a redução do desperdício de energia elétrica, por meio de mudanças em seus hábitos de consumo;
- No caso das concessionárias, a eficiência energética pode ser obtida com a substituição, ainda que gradual, dos equipamentos e sistemas menos eficientes, bem como com a utilização de técnicas de controle que possam contribuir com a redução das perdas técnicas e do congestionamentos das redes elétricas.

Características das *smart grids*

Operação resiliente a distúrbios

- Resiliência é a energia armazenada num corpo deformado elasticamente, que é devolvida quando cessam as tensões causadoras das deformações. Isto é, resiliência corresponde à energia potencial de deformação. Em outras palavras, resiliência é a propriedade de um corpo de recuperar a sua forma original após sofrer choque ou deformação;
- Diz-se que uma rede elétrica é resiliente a distúrbios quando é capaz de isolar rapidamente as regiões afetadas pelos distúrbios, sem interromper o fornecimento de energia elétrica às outras regiões;

Características das *smart grids*

Operação resiliente a distúrbios

- O processo de automação das subestações, das linhas de transmissão e das redes de distribuição pode contribuir para aumentar a sua resiliência;
- O avanço no emprego dos sincrofasores contribui para melhorar a percepção do estado das redes elétricas, do ponto de vista sistêmico.

Tecnologias, ações e políticas

Desenvolvimento das redes elétricas inteligentes

- O processo de desenvolvimento e implantação das redes elétricas inteligentes depende de:
 - Desenvolvimento de novas tecnologias:
 - Regulamentação e normatização;
 - Desenvolvimento de produtos e serviços.
- Para avaliar o andamento desse processo é possível utilizar um conjunto de métricas que descrevem a evolução das novas tecnologias, da regulamentação e normatização da atividade, bem como o desenvolvimento de novos produtos e serviços.

Tecnologias, ações e políticas

Descrição de métricas para avaliação

#	Metric Title	Type	Penetration/ Maturity	Trend
Area, Regional, and National Coordination Regime				
1	Dynamic Pricing: fraction of customers and total load served by RTP, CPP, and TOU tariffs	build	low	moderate
2	Real-time System Operations Data Sharing: Total SCADA points shared and fraction of phasor measurement points shared.	build	moderate	moderate
3	Distributed-Resource Interconnection Policy: percentage of utilities with standard distributed-resource interconnection policies and commonality of such policies across utilities.	build	moderate	moderate
4	Policy/Regulatory Progress: weighted-average percentage of smart grid investment recovered through rates (respondents' input weighted based on total customer share).	build	low	moderate

Tecnologias, ações e políticas

Descrição de métricas para avaliação

Distributed-Energy-Resource Technology				
5	Load Participation Based on Grid Conditions: fraction of load served by interruptible tariffs, direct load control, and consumer load control with incentives.	build	low	low
6	Load Served by Microgrids: the percentage total grid summer capacity.	build	nascent	low
7	Grid-Connected Distributed Generation (renewable and non-renewable) and Storage: percentage of distributed generation and storage.	build	low	high
8	EVs and PHEVs: percentage shares of on-road, light-duty vehicles comprising of EVs and PHEVs.	build	nascent	low
9	Grid-Responsive Non-Generating Demand-Side Equipment: total load served by smart, grid-responsive equipment.	build	nascent	low

Tecnologias, ações e políticas

Descrição de métricas para avaliação

Delivery (T&D) Infrastructure				
10	T&D System Reliability: SAIDI, SAIFI, MAIFI.	value	mature	declining
11	T&D Automation: percentage of substations using automation.	build	moderate	high
12	Advanced Meters: percentage of total demand served by advanced metered (AMI) customers	build	low	high
13	Advanced System Measurement: percentage of substations possessing advanced measurement technology.	build	low	moderate
14	Capacity Factors: yearly average and peak-generation capacity factor	value	mature	flat
15	Generation and T&D Efficiencies: percentage of energy consumed to generate electricity that is not lost.	value	mature	improving
16	Dynamic Line Ratings: percentage miles of transmission circuits being operated under dynamic line ratings.	build	nascent	low
17	Power Quality: percentage of customer complaints related to power quality issues, excluding outages.	value	mature	declining

Tecnologias, ações e políticas

Descrição de métricas para avaliação

Information Networks and Finance				
18	Cyber Security: percent of total generation capacity under companies in compliance with the NERC Critical Infrastructure Protection standards.	build	nascent	nascent
19	Open Architecture/Standards: Interoperability Maturity Level – the weighted average maturity level of interoperability realized among electricity system stakeholders	build	nascent	nascent
20	Venture Capital: total annual venture-capital funding of smart-grid startups located in the U.S.	value	nascent	high

Métricas para avaliação

Relação entre as métricas para avaliação e as características

Metric No.	Metric Name	Enables Informed Participation by Customers	Accommodates All Generation & Storage Options	Enables New Products, Services, & Markets	Provides Power Quality for the Range of Needs	Optimizes Asset Utilization & Efficient Operation	Operates Resiliently to Disturbances, Attacks, & Natural Disasters
1	Dynamic Pricing	Emphasis	Mention	Mention			Mention
2	Real-Time Data Sharing					Mention	Emphasis
3	DER Interconnection	Mention	Emphasis	Mention		Mention	
4	Regulatory Policy			Emphasis			
5	Load Participation	Emphasis			Mention	Mention	Mention
6	Microgrids		Mention	Mention	Emphasis		Mention
7	DG & Storage	Mention	Emphasis	Mention	Mention	Mention	Mention
8	Electric Vehicles	Mention	Mention	Emphasis			Mention
9	Grid-responsive Load	Mention	Mention	Mention	Mention		Emphasis
10	T&D Reliability						Emphasis
11	T&D Automation				Mention	Emphasis	Mention
12	Advanced Meters	Emphasis	Mention	Mention			Mention
13	Advanced Sensors					Mention	Emphasis
14	Capacity Factors					Emphasis	
15	Generation, T&D Efficiency					Emphasis	
16	Dynamic Line Rating					Emphasis	Mention
17	Power Quality			Mention	Emphasis		
18	Cyber Security						Emphasis
19	Open Architecture/Std			Emphasis			
20	Venture Capital			Emphasis			

Métricas para avaliação

Precificação dinâmica – Modelos e estágio de implantação

- Historicamente, o modelo de precificação utilizado pelas concessionárias de energia elétrica consistia na elaboração de uma tarifa única;
- Esse modelo é simples, porém não contempla as variações no preço da energia elétrica produzida e não informam adequadamente o consumidor;
- Atualmente existem três modelos de precificação dinâmica (TOU – *time-of-use*, CPP – *critical peak pricing* e RTP – *real time pricing*).

Method of Pricing	Number of Entities	Customer Served	
		Number	Share of Total
Real Time Pricing	100		
Critical Peak Pricing	88		
Time of Use	315	1,270,000	1.1%

Métricas para avaliação

Precificação dinâmica – Desafios para a implantação

- Existem barreiras técnicas, comerciais e políticas para a implantação dos modelos de precificação dinâmica. As barreiras técnicas são:
 - A principal barreira técnica é a implantação da infraestrutura avançada de medição e a atualização dos sistemas de cobrança das concessionárias;
 - Isso significa que as concessionárias devem implantar sistemas de cobrança capazes de tarifar o consumo de acordo com o modelo de precificação adotado e devem comunicar aos consumidores as informações sobre os preços.

Métricas para avaliação

Precificação dinâmica – Desafios para a implantação

- As barreiras comerciais e políticas são:
 - O custo para a implantação da infraestrutura avançada de medição pode ser proibitivo e os mecanismos de incentivos públicos podem sofrer resistência de setores da sociedade;
 - Os consumidores não se interessam por modelos de precificação dinâmica muito complexos devido à necessidade de acompanhamento diário. Entretanto, com o emprego de controle automático de cargas, esse panorama pode se alterar;
 - Os consumidores normalmente são avessos às mudanças, principalmente se essas mudanças implicam aumento de complexidade no gerenciamento do consumo de energia elétrica.

Métricas para avaliação

Compartilhamento de dados de tempo real – Motivação

- Redes elétricas inteligentes utilizam amplamente técnicas de tecnologia da informação;
- Dados e informações coletados (p. ex. dados de medidores eletrônicos inteligentes, dados dos sistemas de transmissão, distribuição e geração, informações a respeito do mercado de energia elétrica, etc.) devem ser utilizados para melhorar o desempenho dos sistemas elétricos;
- Para atingir tal objetivo é necessário que os dados sejam compartilhados entre todos os envolvidos.

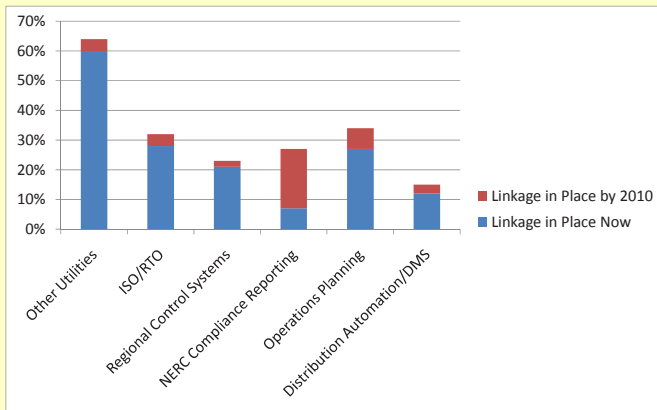
Métricas para avaliação

Compartilhamento de dados de tempo real – Motivação

- Em sistemas interligados é necessário que os dados sejam compartilhados em todos os níveis;
- Esse requisito é importante para garantir um aumento na confiabilidade dos sistemas e na capacidade de restabelecimento do fornecimento de energia elétrica, quando da ocorrência de contingências;
- Tipicamente, os dados que podem ser compartilhados são: medições de grandezas elétricas, estado de chaves/disjuntores, padrões de consumo dos consumidores, sincrofasores, etc.;
- É importante ressaltar que o modelo de compartilhamento de informações também depende do modelo do setor elétrico adotado.

Métricas para avaliação

Compartilhamento de dados de tempo real – Integração



Métricas para avaliação

Compartilhamento de dados em tempo real – Desafios para a implantação

- Existem barreiras técnicas, comerciais e políticas para o compartilhamento de dados em tempo real. As barreiras técnicas são:
 - A principal barreira técnica é a identificação e configuração dos dados de interesse dos participantes, bem como a sua manutenção;
 - Isso significa que é necessário investir na padronização desses dados de modo que todos os participantes possam acessá-los de maneira transparente;
 - Vale ressaltar que as informações sobre os parâmetros dos equipamentos que compõem os sistemas fazem parte desses dados e também devem estar disponíveis.

Métricas para avaliação

Compartilhamento de dados em tempo real – Desafios para a implantação

- As barreiras comerciais e políticas são:
 - Naturalmente é criada uma barreira comercial pois os dados de empresas concorrentes podem ser empregados na obtenção de vantagens competitivas (p. ex. vantagens no mercado de energia e vantagens no mercado de ações);
 - O compartilhamento de dados com todos os participantes (p. ex. pesquisadores, agentes do governo e empresas concorrentes) permite que esses participantes critiquem o modelo de operação adotado;
 - A disponibilidade dos dados traz um risco de segurança que pode ser explorado para colocar em risco a integridade do sistema como um todo.

Métricas para avaliação

Regulamentação para interconexão da geração distribuída

- A interconexão de geração distribuída e de unidades de armazenamento de energia deve ser viabilizada por meio de regras e procedimentos padronizados;
- Um exemplo de padronização que pode ser seguido é aquele apresentado na norma IEEE 1547 – *IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems*;
- O livre acesso às redes de distribuição e linhas de transmissão depende do modelo do setor elétrico adotado.

Métricas para avaliação

Regulamentação para interconexão da geração distribuída – Desafios para a implantação

- Existem barreiras técnicas, comerciais e políticas para a regulamentação para interconexão da geração distribuída. As barreiras técnicas são:
 - A principal barreira técnica é a dificuldade em se avaliar o impacto da instalação de geração distribuída nos índices de confiabilidade das redes elétricas convencionais;
 - Quando o montante de geração distribuída em um determinado sistema é elevado, considera-se que há um risco de indisponibilidade e, conseqüentemente, um risco de redução na confiabilidade;
 - É consenso que a geração distribuída não deve contribuir para agravar as contingências das redes e, portanto, devem operar com algum esquema de ilhamento.

Métricas para avaliação

Regulamentação para interconexão da geração distribuída – Desafios para a implantação

- As barreiras comerciais e políticas são:
 - Não há estudos de caso consolidados que garantam a viabilidade econômica da interconexão de geração distribuída às redes, para as concessionárias de transmissão e distribuição;
 - A utilização de geração distribuída pode contribuir para a redução no congestionamento das linhas de transmissão, porém esse benefício é difícil de ser mensurado adequadamente.

Métricas para avaliação

Políticas de investimentos – Custos vs. benefícios

- Os investimentos necessários para a implantação das tecnologias que podem viabilizar as redes elétricas inteligentes são bastante elevados;
- Não há políticas consolidadas que garantam a recuperação do investimento das concessionárias em redes elétricas inteligentes;
- Além disso, não há experiências que indiquem que a implantação das redes elétricas inteligentes pode trazer o retorno financeiro adequado.

Métricas para avaliação

Políticas de investimentos – Estudos de caso

- Para que seja possível viabilizar os investimentos em redes elétricas inteligentes deve-se construir estudos de caso que demonstrem efetivamente:
 - Redução nos custos com os leituristas;
 - Otimização das equipes de manutenção;
 - Aperfeiçoamento da precisão da medição de energia;
 - Melhoria do fluxo de caixa;
 - Redução nos tempos de interrupção do fornecimento de energia.

Métricas para avaliação

Políticas de investimentos – Desafios para a implantação

- Existem barreiras técnicas, comerciais e políticas para a definição de políticas de investimento nas redes elétricas inteligentes. As barreiras técnicas são:
 - Parte das tecnologias que devem integrar as redes elétricas inteligentes ainda estão por ser desenvolvidas e, portanto, deve-se investir nessas tecnologias e promover estudos de caso que comprovem sua viabilidade técnica (p. ex. unidades de armazenamento eficientes);
 - O conceito de redes elétricas inteligentes depende da padronização de informações, protocolos de comunicação e modelos de dados que ainda não foram consolidados.

Métricas para avaliação

Políticas de investimentos – Desafios para a implantação

- As barreiras comerciais e políticas são:
 - Existem custos significativos para a implantação das redes elétricas inteligentes e as respectivas tecnologias;
 - A ausência de mecanismos consolidados para a recuperação desses investimentos cria impedimentos para a implantação da tecnologia;
 - Não há motivações suficientes para a substituição prematura dos ativos não amortizados;
 - Estudos de caso devem considerar também os benefícios sociais associados às redes elétricas inteligentes.

Métricas para avaliação

Resposta pelo lado da demanda – Definições

- A definição de *Demand Response* – Resposta pelo lado da demanda é:

Changes in electric usage by end-use customers from their normal consumption patterns in response to changes in the price of electricity over time, or to incentive payments designed to induce lower electricity use at times of high wholesale market prices or when system reliability is jeopardized.

Federal Energy Regulatory Commission.
Assessment of Demand Response and Advanced Metering, 2007.

- Há dois tipos principais de programas de resposta pelo lado da demanda:
 - Programas de incentivos financeiros para que os consumidores modifiquem seus hábitos de consumo durante os horários de pico (*incentive-based demand response*); e
 - Programas de precificação diferenciada ao longo do dia, para induzir os consumidores a reduzir seu consumo em determinados horários (*time-based rates demand response*).

Métricas para avaliação

Resposta pelo lado da demanda – Definições

- Os programas de resposta pelo lado da demanda que fazem parte do primeiro grupo são:
 - Controle direto sobre a carga do consumidor (*direct load control*): a concessionária controla o uso final de determinado tipo de equipamento de forma remota ou no próprio local;
 - Controle das cargas pelo consumidor (*interruptible/curtailable rates*): neste caso os consumidores de médio e grande porte reduzem voluntariamente seu consumo durante os horários de pico;
 - Programas emergenciais de resposta pelo lado da demanda (*emergency demand response programs*): os consumidores reduzem voluntariamente seu consumo durante eventos que podem trazer riscos à confiabilidade do sistema elétrico;

Métricas para avaliação

Resposta pelo lado da demanda – Definições

- Os programas de resposta pelo lado da demanda que fazem parte do primeiro grupo são:
 - Programas de capacidade (*capacity market programs*): os consumidores reduzem obrigatoriamente seu consumo durante eventos que podem trazer riscos à confiabilidade do sistema elétrico;
 - Programas de recompra da demanda (*demand bidding/buyback programs*): nesse tipo de programa, grandes consumidores “vendem” a energia não consumida para a concessionária.
- A precificação dinâmica faz parte do segundo grupo.

Métricas para avaliação

Resposta pelo lado da demanda – Panorama

- A seguir são apresentados alguns dados acerca dos programas de resposta pelo lado da demanda do primeiro grupo, implantados nos Estados Unidos.

Type of Program	Number of Entities
Direct Load Control	209
Interruptible/Curtailable	248
Emergency Demand-Response Program	136
Capacity-Market Program	81
Demand Bidding/Buyback	57

Métricas para avaliação

Resposta pelo lado da demanda – Desafios para a implantação

- Existem barreiras técnicas, comerciais e políticas para a implantação de programas de resposta pelo lado da demanda. As barreiras técnicas são:
 - Para que seja possível implantar esses programas com sucesso é necessário desenvolver a infraestrutura avançada de medição;
 - Além disso, é necessário padronizar as informações, os protocolos de comunicação e os modelos de dados utilizados;
 - A presença de geradores distribuídos que empregam fontes renováveis e intermitentes de energia impõe novos desafios aos programas de resposta pelo lado da demanda, uma vez que a capacidade do sistema torna-se variável de acordo com a disponibilidade dos recursos energéticos.

Métricas para avaliação

Resposta pelo lado da demanda – Desafios para a implantação

- As barreiras comerciais e políticas são:
 - Para que esses programas sejam implantados com sucesso, as concessionárias de energia elétrica devem investir na infraestrutura avançada de medição;
 - Esses investimentos podem ser bastante elevados e o retorno é incerto;
 - Além disso, as concessionárias devem informar os consumidores de modo a auxiliá-los na mudança dos seus hábitos de consumo.

Métricas para avaliação

Microrredes – Definições

- Microrredes são sistemas de distribuição integrados, com cargas interconectadas, fontes de energia distribuídas e dispositivos de armazenamento;
- As microrredes têm dimensões reduzidas, quando comparadas com os sistemas de potência interligados. Podem compreender apenas um quarteirão ou até mesmo uma pequena cidade;
- Normalmente operam conectadas às redes elétricas principais, mas são capazes de operar em ilha.

Métricas para avaliação

Microrredes – Desafios para a implantação

- Existem barreiras técnicas, comerciais e políticas para a implantação de microrredes. As barreiras técnicas são:
 - Padronização da conexão de microrredes às redes elétricas;
 - Impacto da presença de microrredes nos sistemas elétricos, no que diz respeito à confiabilidade e resposta dinâmica às variações entre carga e geração;
 - A qualidade da energia produzida em microrredes que fazem o uso de fontes renováveis de energia pode ser inferior àquela fornecida pelas concessionárias de distribuição e transmissão.

Métricas para avaliação

Microrredes – Desafios para a implantação

- As barreiras comerciais e políticas são:
 - Dificuldade em elaborar estudos de caso que comprovem os benefícios do emprego de microrredes nos sistemas elétricos de potência;
 - Esses estudos de caso devem assegurar que as microrredes podem contribuir para aumentar a segurança, confiabilidade e qualidade de energia do sistema elétrico como um todo;
 - Além disso, devem garantir que as microrredes não devem resultar em impactos significativos no lucro das concessionárias.

Métricas para avaliação

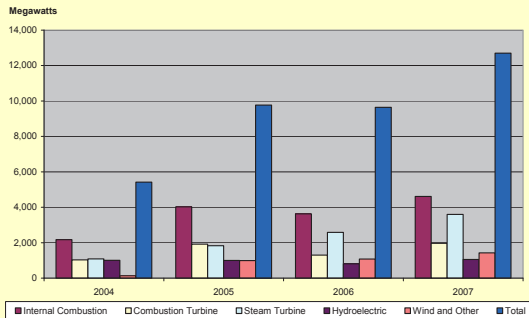
Geração distribuída – Definições

- Geração distribuída consiste nas unidades de geração ou armazenamento particulares, que são empregadas para atender ao consumo próprio;
- Eventualmente, a energia excedente pode ser vendida no mercado de energia elétrica;
- A geração distribuída é dividida conforme a fonte de energia empregada e o método de produção de energia elétrica: combustão interna, turbinas à combustão, turbinas a vapor, unidades de geração eólica, etc.

Métricas para avaliação

Geração distribuída – Panorama

- O panorama da geração distribuída nos Estados Unidos está ilustrado na figura a seguir.



Métricas para avaliação

Geração distribuída – Desafios para a implantação

- Existem barreiras técnicas, comerciais e políticas para a implantação de microrredes. As barreiras técnicas são:
 - Padronização da interconexão das unidades de geração distribuída à rede elétrica;
 - Operação, controle e proteção das unidades de geração distribuída.

Métricas para avaliação

Geração distribuída – Desafios para a implantação

- As barreiras comerciais e políticas são:
 - Atualmente, o custo da geração de energia elétrica por meio de unidades de geração distribuída podem ser superiores ao custo da geração por meio de fontes convencionais;
 - Além disso, as unidades de armazenamento de energia apresentam um custo de manutenção bastante elevado e, portanto, não se apresentam como uma alternativa economicamente viável;
 - O aumento da presença de unidades de geração distribuída nos sistemas de potência pode reduzir os índices de confiabilidade, além da possibilidade de produzir flutuações indesejáveis de tensão e problemas com a compensação de reativos.

Métricas para avaliação

Veículos híbridos e elétricos – Definições

- As redes elétricas inteligentes devem permitir a conexão de veículos elétricos/híbridos de maneira transparente;
- Desta forma, é necessário que a precificação seja dinâmica para que os consumidores sejam incentivados a “abastecer” os veículos nos horários fora de pico;
- No entanto, vale ressaltar que o desenvolvimento de veículos elétricos que possuam o mesmo desempenho dos veículos a combustíveis fósseis ainda não está consolidado.

Métricas para avaliação

Veículos híbridos e elétricos – Panorama e projeções

- O panorama atual nos Estados Unidos e a projeção para a composição futura do mercado estão apresentadas na figura a seguir.

Year	EVs On-Road		PHEVs On-Road		EV Sales		PHEV Sales	
	Total in Use	% of Light-Duty Vehicles	Total in Use		Total Sales	% of Light-Duty Market	Total Sales	% of Light-Duty Vehicles
2006	28,891	0.01%	-	0.00%	173	0.00%	-	0.00%
2010	24,247	0.01%	35,526	0.02%	130	0.00%	35,526	0.26%
2015	17,840	0.01%	442,570	0.18%	149	0.00%	139,164	0.86%
2020	11,453	0.00%	1,322,438	0.51%	153	0.00%	237,212	1.43%
2025	6,787	0.00%	2,701,419	0.98%	165	0.00%	350,386	1.95%
2030	4,351	0.00%	4,282,767	1.44%	184	0.00%	443,207	2.21%

Métricas para avaliação

Veículos híbridos e elétricos – Desafios para a implantação

- Existem barreiras técnicas, comerciais e políticas para a implantação dos veículos híbridos e elétricos. As barreiras técnicas são:
 - Limitações das tecnologias das baterias: intensidade energética, vida útil e durabilidade, segurança, dimensões e peso, custo de fabricação e restrições quanto à matéria-prima;
 - As cadeias de abastecimento deverão evoluir para fornecer novos elementos, dispositivos e equipamentos para os carros elétricos/híbridos, desde os elementos mais simples até os mais complexos;
 - Necessidade de desenvolvimento de sistemas de reciclagem das baterias;

Métricas para avaliação

Veículos híbridos e elétricos – Desafios para a implantação

- As barreiras técnicas são:
 - Mobilidade reduzida (p. ex. reabastecimento durante longas viagens);
 - Necessidade de desenvolvimento de infraestrutura de abastecimento para atender a uma frota sempre crescente.
- As barreiras comerciais e políticas são:
 - Os consumidores potenciais dos veículos elétricos tem preocupações acerca da potência, preço e confiabilidade;
 - Certos setores dos transportes não podem ser atendidos pela tecnologia atual (p. ex. transportes de cargas pesadas a longas distâncias, à exceção dos trens híbridos).

Métricas para avaliação

Tecnologias para o controle das cargas dos consumidores – Definições

- O controle das cargas dos consumidores pode ser efetuado por meio de duas metodologias distintas: ajustes efetuados pelos próprios consumidores, que respondem às sinalizações de preço da energia elétrica; e ações dos operadores dos sistemas para atender aos programas de resposta pela demanda dos quais os consumidores fazem parte;
- Normalmente as cargas de interesse incluem os equipamentos de condicionamento de ar (aquecimento e refrigeração), equipamentos de medição de energia elétrica, iluminação, etc.;
- A tecnologia para esse tipo de controle já existe, porém falta padronização nos sistemas de comunicação, nos modelos de dados e nas informações.

Métricas para avaliação

Tecnologias para o controle das cargas dos consumidores – Desafios para a implantação

- Existem barreiras técnicas, comerciais e políticas para a implantação das tecnologias para o controle das cargas dos consumidores. As barreiras técnicas são:
 - Implantação de sistemas de comunicação padronizados;
 - Definição de interfaces entre os sistemas de comunicação e os equipamentos dos consumidores (implica mudanças de *hardware*, *software* e *firmware*);
 - Diversidade de ambientes de operação da eletrônica embarcada.

Métricas para avaliação

Tecnologias para o controle das cargas dos consumidores – Desafios para a implantação

- As barreiras comerciais e políticas são:
 - O desenvolvimento de novos equipamentos que possam integrar as redes elétricas inteligentes é de interesse dos grandes fabricantes;
 - No entanto, a incorporação da eletrônica em um número crescente de aparelhos, bem como o desenvolvimento e manutenção do *firmware* para esses equipamentos, demanda um novo olhar sobre o ciclo de vida dos produtos e os seus custos;
 - Além disso, é necessário investir em estudos de caso que validem as tecnologias propostas.

Métricas para avaliação

Confiabilidade dos sistemas de transmissão e distribuição

- As tecnologias empregadas nas redes elétricas inteligentes devem contribuir para a minimização do congestionamento das linhas de transmissão, principalmente no que se refere aos métodos de resposta pelo lado da demanda;
- Dispositivos de controle e sensores distribuídos nos sistemas de potência podem fornecer dados para diversas ferramentas de operação das redes elétricas (sistemas de gerenciamento dos ativos, sistemas de gerenciamento das interrupções de fornecimento, etc.);
- A utilização dessas ferramentas pode auxiliar na manutenção do equilíbrio dinâmico entre oferta e demanda de energia elétrica, mesmo em condições de contingência. Além disso, pode auxiliar no restabelecimento do fornecimento de energia elétrica, reduzindo os tempos de interrupção.

Métricas para avaliação

Confiabilidade dos sistemas de transmissão e distribuição – Desafios para a implantação

- Existem barreiras técnicas, comerciais e políticas para a implantação das tecnologias que viabilizem o aumento da confiabilidade dos sistemas de transmissão e distribuição. As barreiras técnicas são:
 - Combinação de novas tecnologias com a infraestrutura existente e atualização dessa infraestrutura;
 - O aumento da participação de fontes renováveis de energia na matriz energética impõe novas condições de operação para as redes e isso deve ser levado em consideração durante as etapas de planejamento dos sistemas elétricos;
 - Além disso, deve-se desenvolver ferramentas sofisticadas para suporte à operação das redes, de modo a garantir a melhora nos índices de confiabilidade.

Métricas para avaliação

Confiabilidade dos sistemas de transmissão e distribuição – Desafios para a implantação

- As barreiras comerciais e políticas são:
 - O envelhecimento da infraestrutura existente pode implicar a redução nos índices de continuidade de serviço e nos índices de confiabilidade;
 - Uma forma de minimizar esse problema é promover a substituição de elementos que possuem taxas de falha elevadas, porém, essa alternativa decorre em custos, principalmente para os elementos que ainda não foram completamente amortizados;
 - Além do envelhecimento da infraestrutura, há também o envelhecimento da mão de obra qualificada e a dificuldade na sua substituição.

Métricas para avaliação

Automação dos sistemas de transmissão e distribuição – Definições

- Automação dos sistemas de transmissão e distribuição abrange um conjunto de tecnologias, que inclui: SCADA, sensores, IED's, etc.;
- Normalmente esses dispositivos agregam informações coletadas, em tempo real, sobre as condições operativas dos sistemas de potência e as fornecem a outros sistemas através de canais de comunicação;
- Esses sistemas implementam diversas funções, p. ex.: localização de faltas, isolamento e reconfiguração, restabelecimento do fornecimento, balanceamento de carga, controles de tensão e de reativos, medições, etc.;
- Quando utilizados corretamente, os sistemas de automação podem proporcionar um aumento na confiabilidade dos sistemas elétricos e, conseqüentemente, viabilizar o retorno do investimento.

Métricas para avaliação

Automação dos sistemas de transmissão e distribuição – Panorama

- O panorama dos Estados Unidos quanto à automação dos sistemas de distribuição é (2007):
 - Apenas 28% das subestações 20% dos alimentadores de distribuição são automatizados;
 - 46% das subestações possuem sistemas de detecção de interrupção no fornecimento de energia elétrica;
 - 46% dos alimentadores possuem sistemas de detecção de interrupção no fornecimento de energia elétrica;
 - 80% dos relés de proteção ainda são eletromecânicos e o restante é digital.
- A automação dos sistemas de transmissão é maior. Cerca de 84% das subestações de transmissão são automatizadas.

Métricas para avaliação

Automação dos sistemas de transmissão e distribuição – Desafios para a implantação

- Existem barreiras técnicas, comerciais e políticas para a implantação de automação nos sistemas de transmissão e distribuição. As barreiras técnicas são:
 - O processo de automação de subestações de transmissão e distribuição é bem conhecido e os desafios técnicos já foram transpostos;
 - Porém, a automação de alimentadores de distribuição ainda é incipiente e existem alternativas quanto aos sistemas de comunicação, arquiteturas, equipamentos, etc.
- As barreiras comerciais e políticas são:
 - A implantação de automação apresenta um custo elevado e, portanto, a automação de alimentadores de distribuição deve ser acompanhada de um estudo de caso que demonstre sua viabilidade econômica.

Métricas para avaliação

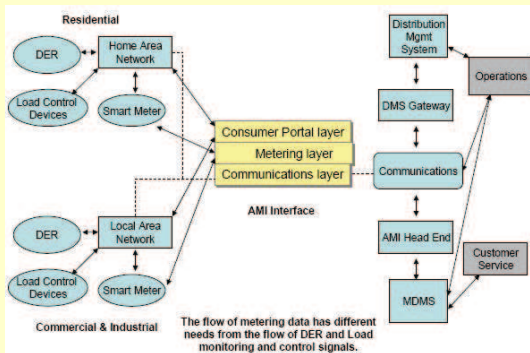
Infraestrutura avançada de medição – Definições

- Infraestrutura avançada de medição pode ser caracterizada como um sistema de medição que registra o consumo do cliente (e, possivelmente, outros parâmetros) periodicamente e que prevê a transmissão desses registros através de uma rede de comunicação;
- Além disso, a infraestrutura avançada de medição é capaz de fornecer dados sobre preços em tempo real, condições das redes, etc.;
- Essas informações contribuem para melhorar a operação e manutenção das redes, bem como a tarifação dos clientes.

Métricas para avaliação

Infraestrutura avançada de medição – Definições

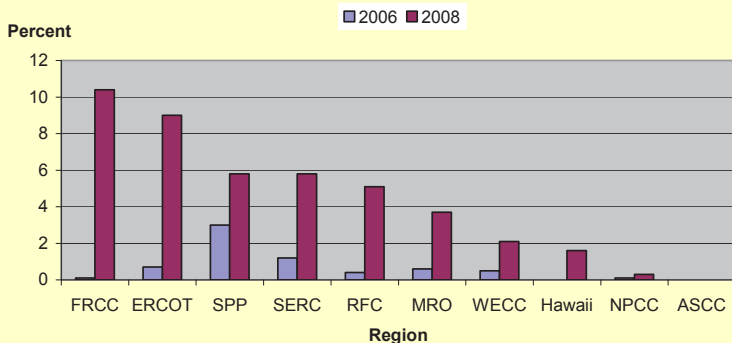
- Um exemplo de infraestrutura avançada de medição está ilustrado na figura.



Métricas para avaliação

Infraestrutura avançada de medição – Panorama

- O panorama de implantação da infraestrutura de medição nos Estados Unidos está ilustrado a seguir.



Métricas para avaliação

Infraestrutura avançada de medição – Desafios para a implantação

- Existem barreiras técnicas, comerciais e políticas para a implantação da infraestrutura avançada de medição. As barreiras técnicas são:
 - A infraestrutura avançada de medição deve atender a uma série de requisitos que dependem das necessidades das concessionárias de energia: requisitos de *hardware*, *software*, manutenção, memória de massa, etc.;
 - Desta forma, é necessário proceder com a padronização desses requisitos de modo a reduzir o custo de produção dos equipamentos que integram essa infraestrutura;
 - Além disso, é necessário padronizar os sistemas de comunicação, os modelos de dados, as informações, etc.;
 - No Brasil houve uma chamada pública da ANEEL quanto à especificação de um medidor eletrônico inteligente.

Métricas para avaliação

Infraestrutura avançada de medição – Desafios para a implantação

- As barreiras comerciais e políticas são:
 - O custo de implantação da infraestrutura avançada de medição é bastante elevado e não há mecanismos que garantam o retorno do investimento;
 - Nos países onde houve a instalação, mesmo que parcial, de infraestruturas automáticas de leitura (AMR) há uma certa reação quanto à substituição dos medidores.

Métricas para avaliação

Sistemas avançados de medição – Definições

- Sistemas avançados de medição compõem os WAMPAC's (*Wide Area Monitoring Protection Automation and Control Systems*);
- Consistem em uma infraestrutura avançada de medidores, sensores, unidades de medição fasorial sincronizada e IED's, que operam em tempo real e são utilizados para:
 - Monitoramento do desempenho dos sistemas em tempo real;
 - Diagnóstico antecipado de contingências;
 - Avaliação da capacidade das linhas de transmissão;
 - Otimização dos ativos dos sistemas elétricos.

Métricas para avaliação

Sistemas avançados de medição – Desafios para a implantação

- Existem barreiras técnicas, comerciais e políticas para a implantação dos WAMPAC's. As barreiras técnicas são:
 - As tecnologias empregadas nos elementos que compõem os sistemas avançados de medição ainda não estão completamente consolidadas e não há padronização dos sistemas de comunicação, dos modelos de dados e das informações;
 - Além disso, deve-se investir na infraestrutura de comunicação para integração dos dados de todos os equipamentos presentes nesses sistemas e garantir sua interoperabilidade.
- As barreiras comerciais e políticas são:
 - Não há um estudo de caso que indique os benefícios da utilização dos WAMPAC's.

Métricas para avaliação

Fatores de capacidade – Definições

- Fator de capacidade é a relação entre a energia consumida/fornecida durante um período de observação e a energia máxima que poderia ser consumida/fornecida durante esse mesmo período;
- Isso significa que se o fator de capacidade for nulo o sistema não está sendo utilizado, se for 100% o sistema está sendo utilizado nos seus valores nominais, e se for acima de 100% o sistema está sobrecarregado.

Métricas para avaliação

Fatores de capacidade – Panorama

- A seguir são apresentados os dados sobre os fatores de capacidade dos Estados Unidos.

	<u>2006 Measured</u>	<u>2008 Projected</u>
Summer peak demand (MW)	789,475	801,209
Summer generation capacity (MW)	954,697	991,402
Capacity factor 14.a, peak summer (%)	82.69	80.82
Winter peak demand (MW)	640,981	663,105
Winter generation capacity (MW)	983,371	1,018,124
Capacity factor 14.a, peak winter (%)	65.18	65.13
Yearly energy consumed by load (GWhr)	3,911,914	4,089,327
Capacity factor 14.a, average (%) ^(a)	46.08	46.46

(a)The average of the NERC (2006) summer and winter capacities was used for this calculation.

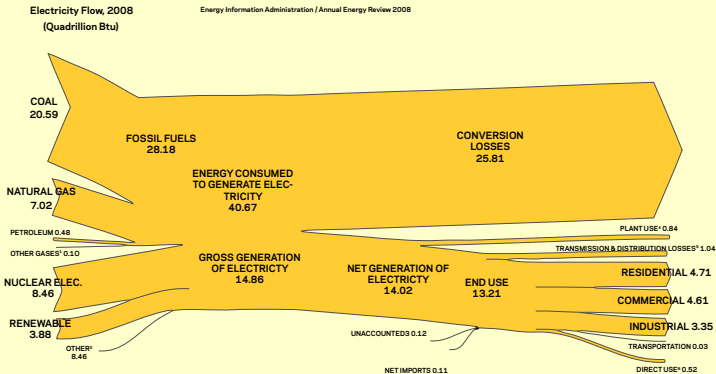
Métricas para avaliação

Eficiência em geração, transmissão e distribuição – Definições

- Os sistemas de geração, transmissão e distribuição são os principais componentes dos sistema elétricos de potência;
- Esses sistemas foram aperfeiçoados ao longo dos anos de modo a se tornarem bastante eficientes do ponto de vista energético;
- O emprego de métodos avançados de controle e monitoramento pode melhorar essa eficiência;
- Isso permite que os geradores trabalhem com taxas mais elevadas de rendimento e que haja redução das perdas técnicas na transmissão e distribuição.

Métricas para avaliação

Perdas nos sistemas de geração, transmissão e distribuição – EUA



¹ Blast furnace gas, propane gas, and other manufactured and waste gases derived from fossil fuels.

² Batteries, chemicals, hydrogen, pitch, purchased steam, sulfuric acid, miscellaneous technologies, and non-renewable waste (municipal solid waste from non-biogenic sources, and tire-derived fuels).

³ Data collection frame differences and non-sampling error. Derived for the diagram by subtracting the "T & D Losses" estimated in "T & D Losses and Unaccounted for" derived from Table B.1.

⁴ Electric energy used in the operation of power plants.

⁵ Transmission and distribution losses (electricity losses that occur between the point of

generation and delivery to the customer) are estimated as 7 percent of gross generation.

⁶ Use of electricity that is 1) self-generated, 2) produced by either the same entity that consumes the power or an affiliate, and 3) used in direct support of a service or industrial process located within the same facility or group of facilities that house the generating equipment. Direct use is exclusive of station use.

Notes: • Data are preliminary. • See Note, "Electrical System Energy Losses," at the end of Section 2. • Values are derived from source data prior to rounding for publication.

• Totals may not equal sum of components due to independent rounding.

Sources: Tables B.1, B.4a, B.9, A6 (column 4), and Energy Information Administration, Form EIA-923, "Power Plant Operations Report."

Métricas para avaliação

Perdas nos sistemas de geração, transmissão e distribuição – EUA

Fontes de energia [%]							
Carvão	Gás Natural	Petróleo	Propano e outros	Nuclear	Renováveis	Outros	Total
42,03	14,33	0,98	0,20	17,27	7,92	17,27	100,00

Perdas nos sistemas [%]		
Conversão	Distribuição e transmissão	Geração
52,68	2,12	1,71

Métricas para avaliação

Eficiência em geração, transmissão e distribuição – Desafios para a implantação

- Existem barreiras técnicas, comerciais e políticas para aumento da eficiência em geração, transmissão e distribuição. As barreiras técnicas são:
 - Tecnologias para aumento da eficiência energética nos sistemas de geração, transmissão e distribuição já foram empregadas;
 - É necessário efetuar o desenvolvimento de novas tecnologias (novos métodos de produção de energia, novos equipamentos e novos sistemas para redução das perdas técnicas);
 - Essas novas tecnologias devem incluir sistemas de armazenamento de energia, supercondutividade, etc.

Métricas para avaliação

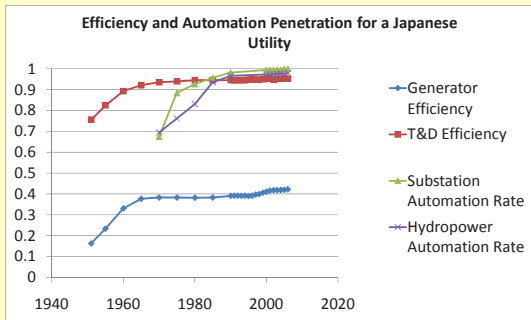
Eficiência em geração, transmissão e distribuição – Desafios para a implantação

- As barreiras comerciais e políticas são:
 - O desenvolvimento de novas tecnologias requer as etapas de pesquisa básica, pesquisa aplicada, desenvolvimento de protótipos, viabilização econômica desses protótipos e sua comercialização;
 - O processo de desenvolvimento de novas tecnologias apresenta um custo elevado e não há garantias de retorno financeiro.

Métricas para avaliação

Eficiência em geração, transmissão e distribuição – Automação e controle

- Sistemas de automação e controle podem contribuir para o aumento da eficiência energética, porém o ganho é incremental e o investimento é elevado.



Métricas para avaliação

Capacidade de transmissão dinâmica – Definições

- Atualmente o cálculo da capacidade de transmissão das linhas é efetuado considerando-se uma série de hipóteses conservadoras, de modo a garantir a confiabilidade do sistema;
- Essas hipóteses consideram a temperatura ambiente, radiação solar, velocidade do vento, etc.;
- Ferramentas para ajuste dinâmico da capacidade de transmissão são empregadas para aumentar a confiabilidade dos sistemas de transmissão, uma vez que garantem a operação segura das linhas com o máximo de capacidade possível.

Métricas para avaliação

Capacidade de transmissão dinâmica – Definições

- O ajuste dinâmico da capacidade das linhas de transmissão pode ser efetuado por meio do monitoramento de diversas condições, elétricas e mecânicas:
 - Monitoramento direto da temperatura do condutor;
 - Monitoramento da tensão mecânica no ponto de amarração dos condutores com o objetivo de estimar a temperatura do condutor;
 - Monitoramento das condições ambientais e da corrente de carga de modo a estimar a temperatura de operação do condutor.

Métricas para avaliação

Capacidade de transmissão dinâmica – Desafios para a implantação

- Existem barreiras técnicas, comerciais e políticas para a implantação de ferramentas de ajuste dinâmico da transmissão. As barreiras técnicas são:
 - Os critérios de estabilidade (de tensão e transitória) podem afetar a capacidade de transmissão da linha mais significativamente que as limitações térmicas;
 - Para que seja possível implantar os sistemas de ajuste dinâmicos é necessário desenvolver equipamentos para o monitoramento das condições das linhas de transmissão e os sistemas de comunicação entre esses equipamentos e os centros de operação;
 - Além disso, é necessário desenvolver as ferramentas computacionais para cálculo do ajuste dinâmico.

Métricas para avaliação

Capacidade de transmissão dinâmica – Desafios para a implantação

- As barreiras comerciais e políticas são:
 - As barreiras comerciais e políticas dependem do modelo de desregulamentação implantado e da forma como é efetuada a operação do sistema;
 - No Brasil não há barreiras políticas, visto que há apenas uma entidade responsável pela operação do sistema interligado;
 - Porém, nos Estados Unidos há barreiras relacionadas com os múltiplos operadores dos sistemas e a falta de intercâmbio de informações.

Métricas para avaliação

Qualidade de energia – Definições

- Qualidade de energia é um termo que descreve um grande número de problemas encontrados em qualquer sistema de energia elétrica;
- Os consumidores são afetados por problemas de qualidade de energia de maneira diferente:
 - Consumidores residenciais tendem a ser mais afetados por interrupções sustentadas; e
 - Consumidores comerciais e industriais são afetados principalmente por *voltage sags* e interrupções momentâneas;

Métricas para avaliação

Qualidade de energia – Definições

- A norma IEEE 1159 de 1995 define:
 - Afundamento de tensão (*Voltage sag*): *a decrease to between 0.1 and 0.9 pu in rms voltage or current at the power frequency for durations of 0.5 cycle to 1 min. Typical values are 0.1 to 0.9 pu.; e*
 - Interrupções momentâneas (*Momentary interruptions*): *is a type of short duration variation, the complete loss of voltage (< 0.1 pu) on one or more phase conductors for a time period between 0.5 cycles and 3 s.*

Métricas para avaliação

Qualidade de energia – Panorama

- O custo extra para aumentar a qualidade de energia justifica-se para certos consumidores quando esse custo pode ser comparado com a perda de receita devida às interrupções momentâneas e aos afundamentos de tensão;
- Para tanto, as redes elétricas devem ser dotadas de ferramentas que permitam o rápido diagnóstico de eventos de qualidade de energia;
- Além disso, as redes devem monitorar as cargas dos consumidores, de modo a limitar o impacto dessas cargas no que se refere aos eventos de qualidade de energia.

Métricas para avaliação

Eficiência em geração, transmissão e distribuição – Automação e controle

- Os custos dos eventos de interrupção estão apresentados a seguir.

Interruption Cost	Interruption Duration				
	Momentary	30 minutes	1 hour	4 hours	8 hours
Medium and Large C&I					
Cost Per Event	\$6,558	\$9,217	\$12,487	\$42,506	\$69,284
Cost Per Average kW	\$8.0	\$11.3	\$15.3	\$52.1	\$85.0
Cost Per Un-served kWh	\$96.5	\$22.6	\$15.3	\$13.0	\$10.6
Cost Per Annual kWh	9.18E-04	1.29E-03	1.75E-03	5.95E-03	9.70E-03
Small C&I					
Cost Per Event	\$293	\$435	\$619	\$2,623	\$5,195
Cost Per Average kW	\$133.7	\$198.1	\$282.0	\$1,195.8	\$2,368.6
Cost Per Un-served kWh	\$1,604.1	\$396.3	\$282.0	\$298.9	\$296.1
Cost Per Annual kWh	1.53E-02	2.26E-02	3.22E-02	\$0.137	\$0.270
Residential					
Cost Per Event	\$2.1	\$2.7	\$3.3	\$7.4	\$10.6
Cost Per Average kW	\$1.4	\$1.8	\$2.2	\$4.9	\$6.9
Cost Per Un-served kWh	\$16.8	\$3.5	\$2.2	\$1.2	\$0.9
Cost Per Annual kWh	1.60E-04	2.01E-04	2.46E-04	5.58E-04	7.92E-04

Métricas para avaliação

Qualidade de energia – Desafios para a implantação

- Existem barreiras técnicas, comerciais e políticas para a implantação de novos produtos/serviços relacionados à qualidade de energia. As barreiras técnicas são:
 - Os problemas relacionados à qualidade da energia elétrica dependem da região onde as redes estão instaladas. Em regiões onde há situações atmosféricas adversas os problemas podem ser mais constantes e, portanto, é difícil estabelecer padrões;
 - Os problemas de qualidade de energia elétrica normalmente requerem equipamentos para a sua detecção e a iniciativa para monitoramento dos níveis de qualidade deve partir do consumidor.

Métricas para avaliação

Qualidade de energia – Desafios para a implantação

- As barreiras comerciais e políticas são:
 - A ausência de padronização dificulta a comercialização diferenciada de energia elétrica, baseada nos índices de qualidade do fornecimento. Desta forma, é necessário investir em normas para permitir esse modelo de comercialização;
 - Mesmo que a padronização seja concluída com sucesso, o consumidor “leigo” não será capaz de verificar se o produto que está adquirindo possui o nível de qualidade contratado.

Métricas para avaliação

Segurança cibernética

- Atualmente os sistemas de automação utilizam inúmeros dispositivos distintos;
- Esses sistemas e equipamentos se comunicam entre si e com os centros de operação por meio de diversos protocolos abertos e protocolos proprietários;
- O conhecimento sobre os equipamentos e os mecanismos de troca de mensagens dos protocolos de comunicação permite que qualquer usuário possa interferir nesses sistemas;
- Esse problema é ainda mais crítico quando se trata de sistemas elétricos interligados. Nesse caso, problemas em pequenas áreas podem ocasionar distúrbios de grande magnitude.

Métricas para avaliação

Segurança cibernética – Panorama

- O panorama dos Estados Unidos com relação à segurança cibernética está apresentado a seguir.

Have you deployed the following security features? (Select all that apply)	Responses
a. Intrusion detection	65.0%
b. Key management systems	50.0%
c. Encrypted communications	70.0%
d. Firewalls	95.0%
e. Others (Please describe)	30.0%

Métricas para avaliação

Segurança cibernética – Panorama

- A padronização da NERC com relação à eventos que envolvam segurança cibernética está apresentada a seguir.

<i>NERC Standard</i>	<i>Subject Area</i>
CIP-001-1	Sabotage Reporting
CIP-002-1	Critical Cyber Asset Identification
CIP-003-1	Security Management Controls
CIP-004-1	Personnel & Training
CIP-005-1	Electronic Security Perimeter(s)
CIP-006-1	Physical Security of Critical Cyber Assets
CIP-007-1	Systems Security Management
CIP-008-1	Incident Reporting and Response Planning
CIP-009-1	Recovery Plans for Critical Cyber Assets

Métricas para avaliação

Segurança cibernética – Desafios para a implantação

- Existem barreiras técnicas, comerciais e políticas para a implantação da segurança cibernética. As barreiras técnicas são:
 - A utilização de infraestrutura de comunicação compartilhada e protocolos abertos nos sistemas de automação, supervisão, proteção e controle impõem novos desafios no que se refere à segurança de cibernética;
 - Esses novos desafios consistem na elaboração de práticas e sistemas capazes de detectar, isolar e solucionar eventuais problemas relacionados à segurança e integridade das informações;
 - Porém, deve-se ressaltar que as ameaças podem ser originadas interna ou externamente.

Métricas para avaliação

Segurança cibernética – Desafios para a implantação

- As barreiras comerciais e políticas são:
 - Manter a confiabilidade do setor elétrico sob ameaças que podem envolver vários incidentes acidentais ou deliberados, distribuídos e simultâneos, ou em cascata;
 - Deve-se tomar medidas para melhorar a segurança dos sistemas de automação e controle em tempo real por meio do uso de práticas de segurança atualizadas;
 - Esses sistemas devem ser projetados, instalados, operados e mantidos de modo a suportar ataques cibernéticos, sem a perda de suas funções críticas;
 - Nesse contexto, ainda não há mecanismos de recuperação de investimentos em segurança cibernética.

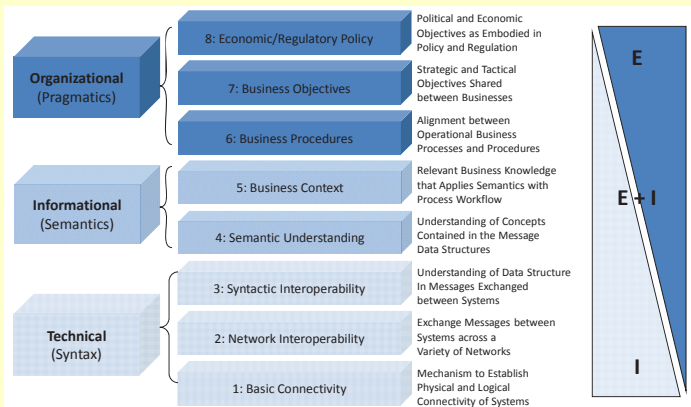
Métricas para avaliação

Arquiteturas e normas abertas

- O conceito de redes elétricas inteligentes sustenta-se, em parte, na facilidade de integração de equipamentos inteligentes e sistemas. Sendo assim, a integração deve convergir para modelos e padrões comuns;
- Embora essa convergência seja necessária, é preciso garantir suporte aos sistemas já consolidados;
- Nesse contexto, a adoção generalizada de modelos e padrões abertos é um indício de maturidade da tecnologia.

Métricas para avaliação

Arquiteturas e normas abertas – Panorama



Métricas para avaliação

Arquiteturas e normas abertas – Desafios para a implantação

- Existem barreiras técnicas, comerciais e políticas para a implantação de arquiteturas e normas abertas. As barreiras técnicas são:
 - Arquiteturas e normas abertas estão sujeitas à obsolescência com o desenvolvimento de novas soluções;
 - Embora a sua adoção favoreça a integração entre diversos sistemas e equipamentos, novas abordagens para o mesmo problema podem resultar em benefícios ainda maiores;
 - Arquiteturas e normas abertas devem necessariamente garantir suporte aos sistemas já consolidados e atender ao critério de “prova de futuro”.

Métricas para avaliação

Arquiteturas e normas abertas – Desafios para a implantação

- As barreiras comerciais e políticas são:
 - A escolha das arquiteturas e normas que devem ser utilizadas depende da concordância de diversas entidades, empresas, grupos de pessoas, etc.;
 - Não há mecanismos de recuperação de investimentos caso seja necessário adaptar soluções antigas às novas normas e arquiteturas;
 - Não há estudos de caso consolidados que demonstrem a viabilidade econômica da adoção de arquiteturas e normas abertas.

Métricas para avaliação

Capital de risco

- Capital de risco é uma modalidade de investimento que teve um papel fundamental na criação e crescimento das empresas do setor de energia elétrica no final do século XIX;
- Atualmente, teve papel importante na criação de empresas de biotecnologia, de tecnologia da informação e da indústria de comunicações;
- Portanto, é de se esperar que esse tipo de investimento seja fundamental para alavancar as tecnologias das redes elétricas inteligentes.

Métricas para avaliação

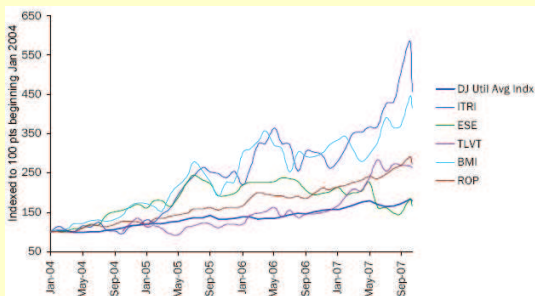
Capital de risco

- Os principais aspectos que tornam esse investimento atrativo são:
 - Custo elevado do petróleo, que possivelmente deve motivar uma mudança na matriz energética nos países dependentes;
 - Necessidade de manutenção e ampliação da infraestrutura no caso de ampliação do consumo;
 - Redução dos limites de segurança (capacidade marginal);
 - Integração de fontes renováveis de energia na matriz energética.

Métricas para avaliação

Capital de risco – Panorama

- A seguir é apresentado o desempenho, em termos de ações, de algumas empresas dos Estados Unidos, que investem em tecnologias para redes elétricas inteligentes.



Métricas para avaliação

Capital de risco – Desafios para a implantação

- Existem barreiras técnicas, comerciais e políticas para captação de capital de risco. As barreiras técnicas são:
 - Ainda não há um produto/serviço que possa garantir o retorno do investimento (p. ex. ecommerce);
 - O desenvolvimento das tecnologias que podem viabilizar as redes elétricas inteligentes é efetuado passo a passo. Nesse caso, a perspectiva de alguma mudança “revolucionária” é limitada;
 - As concessionárias de energia elétrica focam suas soluções para o lado do fornecimento e, na maioria dos casos, as tecnologias de redes inteligentes focam o lado da demanda;
 - Consumidores de energia elétrica “leigos” podem criar uma certa resistência quanto ao emprego de tecnologias de redes elétricas inteligentes (p. ex. medidores avançados, *real time pricing*, aparelhos que se comunicam com a rede, etc.).

Métricas para avaliação

Capital de risco – Desafios para a implantação

- As barreiras comerciais e políticas são:
 - Os prazos para retorno do investimento não são claros. Há estimativas que indicam que esse prazo pode variar de dez a vinte anos;
 - O cenário regulatório/político ainda não contempla as tecnologias que viabilizam as redes elétricas inteligentes;
 - A falta de competitividade, que decorre do monopólio natural do setor, desestimula o investimento em tecnologias que possam tornar o negócio mais competitivo.