



**XXIII SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GTL/06  
18 a 21 de Outubro de 2015  
Foz do Iguaçu - PR

**GRUPO – XV**

**GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS ELÉTRICOS - GTL**

**REQUISITOS DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÕES  
PARA AS FUNCIONALIDADES DAS SMART GRIDS**

**Roberto Asano Jr. (\*)      Ivan R. S. Casella      Patrícia T. L. Asano  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC (UFABC)**

**RESUMO**

Nos últimos anos o conceito das redes inteligentes, ou *smart grids*, vem sendo desenvolvido com foco nas potencialidades advindas da modernização do sistema de energia elétrica. As motivações para essa modernização e as potenciais funcionalidades da integração das tecnologias de informação e telecomunicação com a rede elétrica são apresentadas neste informe técnico, como uma introdução aos desafios de tal integração.

O informe ainda aborda as funcionalidades mais promissoras das redes inteligentes, obtidas em exemplos da literatura, bem com as considerações sobre a infraestrutura de telecomunicações e, finalmente, os requisitos de desempenho necessários para que essa infraestrutura suporte a implantação e expansão das redes inteligentes.

**PALAVRAS-CHAVE**

Redes Inteligentes, Smart Grid, Telecomunicação

**1.0 - INTRODUÇÃO**

O sistema elétrico de potência possui como objetivo primário prover energia para o consumo através dos processos em cadeia de geração (ou conversão em energia elétrica), transmissão e distribuição de energia elétrica para os pontos de consumo. Tal processo foi a base da construção da infraestrutura de potência desenvolvida no século XX, mas a obsolescência deste sistema, já não se adapta mais às necessidades do século XXI (1).

Nos dias de hoje, já se faz notar uma enorme pressão sobre os sistemas de produção de energia elétrica em todo o mundo para reduzir seu impacto ambiental e emissões de poluentes (tipicamente convertidas em equivalentes de dióxido de carbono - CO<sub>2</sub>) (2) e ao mesmo tempo abastecer uma demanda em contínua expansão (3). Em vários países, políticas agressivas de implantação de energias renováveis estão sendo colocadas em prática. Tais políticas começam a impor desafios e dificuldades para gerenciar a nova composição mais diversificada e distribuída do parque de geradores e assegurar um abastecimento de energia confiável e economicamente viável.

A integração destas novas fontes de energia ao sistema elétrico, especialmente no caso das fontes intermitentes como os geradores solares e eólicos, é um dos aspectos mais críticos. Uma vez que, por razões técnicas e de eficiência econômica, as redes de transmissão e distribuição atuais foram projetadas para uma operação majoritariamente centralizada.

Embora a geração de energia e operação centralizada tenha sido capaz de suprir a demanda dos consumidores de forma bastante confiável, ela limita a flexibilidade necessária em um ambiente de rápidas mudanças e que vem se caracterizando, entre outras coisas, por:

(\*) Rua Abolição, s/nº - Vila São Pedro - sala 922 - Bloco B - CEP 09210-180 Santo André, SP, - Brasil.  
Tel: (+55 11) 4996-0122 – Fax: (+55 11) 4996-3166 – Email: roberto.asano@ufabc.edu.br

- alta penetração da geração distribuída (particularmente fontes de energia renováveis), gerenciamento da demanda e pressão sobre o aumento da eficiência do uso de energia;
- dificuldades para construção de novas infraestruturas para a rede (custos, desapropriações, licenças);
- mercados de energia mais abertos, com um número maior de participantes e com conflitos de interesses mais frequentes e mais complexos na operação da rede elétrica;
- envelhecimento dos equipamentos para os quais serão necessários grandes investimentos, mas que também apresentam uma oportunidade para modernização tecnológica; e
- o avanço de tecnologias de informação e comunicação, além da eletrônica de potência, armazenamento de energia e produção de eletricidade por fontes renováveis ou cogeração.

Assim, para que de um lado, grandes parques eólicos e solares (*onshore* ou *offshore*) possam ser integrados no sistema de transmissão e, de outro lado, geradores distribuídos (fotovoltaicos, micro turbinas, etc.) possam se conectar à rede de distribuição, um sistema elétrico de potência mais avançado se faz necessário (4).

Tal sistema necessita gerenciar uma enorme quantidade de informações disponibilizada pelos sistemas de medição e respectivos sinais de controle direcionados a um crescente número de máquinas e equipamentos distribuídos geograficamente. Para tanto, é necessário planejar os links de comunicação de maneira a assegurar que não só a informação correta seja transmitida e recebida, mas também que seu tempo de transmissão seja satisfatoriamente rápido para a finalidade necessária e econômico o suficiente para permitir a expansão do sistema e integração de novos usuários e serviços.

Neste informe técnico serão apresentados os resultados da pesquisa bibliográfica sobre os requisitos dos sistemas de comunicação para diferentes aplicações em sistemas potência. Seja para medições remotas, controle ou proteção, seja em função da distribuição geográfica e quantidade de equipamentos, os requisitos de capacidade e confiabilidade podem ser bastante diferentes. Assim, este informe apresentará uma referência para comparação dos requisitos de cada função como base para a escolha do sistema de comunicação mais adequado.

## 2.0 - REDES INTELIGENTES – CONCEITUAÇÃO

O departamento de energia dos Estados Unidos (DOE) (5) propõe uma visão de redes inteligentes, na qual a aplicação de ferramentas e técnicas atuais introduzirão conhecimentos capazes de fazer com que a rede trabalhe muito mais eficientemente:

- assegurando confiabilidade ao suprimento energético em níveis que nunca foram possíveis anteriormente;
- mantendo sua economicidade;
- reforçando a competitividade global;
- acomodando plenamente as fontes de energia renováveis e tradicionais;
- potencialmente reduzindo as emissões;
- introduzindo avanços ainda não vislumbrados.

Algumas normas recentemente publicadas pelo IEEE (do inglês, Instituto dos Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos) (6)(7) já contemplam uma definição mais concreta para as redes inteligentes. Nelas, as redes inteligentes representam a integração das tecnologias de potência, comunicação e informação para o aprimoramento das infraestruturas elétricas de potência para abastecimento das cargas enquanto oferece espaço para evolução das funcionalidades que estão sendo preparadas para os usuários. Embora genérica, esta definição já apresenta as chaves para o que se vem se consolidando como as potencialidades da futura rede inteligente, provenientes da integração das tecnologias de comunicação e informação ao sistema elétrico de potência.

O instituto norte americano de padronização e tecnologia (NIST) utiliza a denominação de redes inteligentes para descrever uma rede modernizada que permite o fluxo bidirecional de energia e utiliza comunicação bidirecional e capacidades de controle que conduzirão a uma sequência de novas funcionalidades e aplicações (8). O NIST formulou um arcabouço conceitual simplificado que ilustra os diversos atores do sistema elétrico de potência, que tradicionalmente estavam isolados em suas próprias zonas de domínio, mas que passam a relacionar-se nas novas redes inteligentes como ilustrado na figura 1.

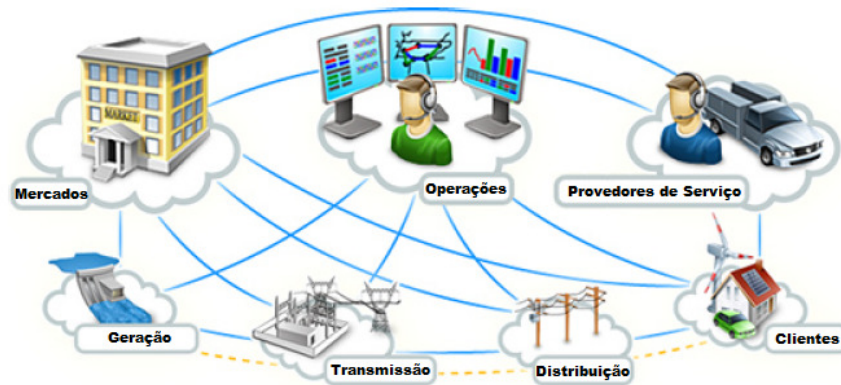


Figura 1: Modelo conceitual da rede inteligente adaptado do NIST mostrando as conexões de comunicação segura (linha cheia) e o fluxo de energia (linha tracejada) (8)

A IEC (do inglês, Comissão Eletrotécnica Internacional) (9) questiona se a terminologia de redes inteligentes é realmente uma definição técnica ou uma terminologia de marketing, por isso observa que não há um escopo bem aceito quanto ao que é inteligente ou não. Todavia, ela apresenta que um entendimento genérico se dá pelo conceito de modernização da rede elétrica. A rede inteligente contempla tudo relacionado ao sistema elétrico que esteja entre qualquer ponto da geração e qualquer outro ponto de consumo. Através da adição das tecnologias de redes inteligentes, a rede se tornará mais flexível interativa e capaz de prover realimentação em tempo real, ou seja, é uma rede elétrica que pode integrar inteligentemente as ações de todos os usuários conectados a ela – geradores, consumidores e também os que têm ambas as características – de maneira a fornecer energia elétrica de maneira eficiente, sustentável, econômica e consistente. Esta rede inteligente emprega produtos e serviços inovadores junto com tecnologias inteligentes de monitoramento, controle, comunicação e auto-recuperação para:

- facilitar a conexão e operação de geradores de todos os tamanhos e tecnologias;
- permitir aos consumidores participarem na otimização da operação do sistema;
- suprir os consumidores com maior quantidade de informação e possibilidades de escolha;
- diminuir significativamente o impacto ambiental de todo o sistema elétrico;
- alcançar níveis mais altos de confiabilidade e consistência de fornecimento.

Com relação à comunidade científica, numa pesquisa com palavras chave em 3000 publicações sobre redes inteligentes (10) relacionaram as redes inteligentes com:

- confiabilidade do sistema;
- alargamento ou reforço do poder do consumidor;
- descentralização da geração;
- energias renováveis;
- planejamento de sistema;
- eficiência energética;
- mobilidade elétrica.

Quanto às motivações para o desenvolvimento e implantação de redes inteligentes, Lamin (11) apresenta as diferenças entre alguns países e regiões e destaca os seguintes propulsores para as redes inteligentes no Brasil:

- redução das perdas não técnicas;
- maior confiabilidade (continuidade da operação);
- eficiência energética e crescimento sustentável;
- redução dos custos operacionais e gestão de ativos.

De uma maneira geral, em todas as definições são apresentadas funcionalidades bastante ambiciosas para as redes inteligentes, todavia, não menores que as potencialidades que as tecnologias atuais já nos permitem vislumbrar.

### 3.0 - REDES INTELIGENTES – POTENCIALIDADES

Nas redes convencionais, o sistema supervisório de controle e aquisição de dados (SCADA) foi tipicamente construído usando uma topologia em estrela na qual a informação trafega entre o centro de controle e as subestações. Nelas, a principal função desse sistema consiste na detecção de falhas e o gerenciamento da geração e consumo (12). Para as novas redes inteligentes, o departamento de energia dos Estados Unidos (13) priorizou as funcionalidades em seis grandes áreas:

#### a. Infraestrutura avançada de medição

A infraestrutura de medição avançada identifica o consumo de energia de uma maneira muito mais detalhada que os medidores convencionais e comunica a informação coletada no ponto de consumo de volta para a concessionária com os propósitos de monitoramento da carga e cobrança (14). Essa infraestrutura não consiste apenas da instalação física de medidores inteligentes, mas também inclui toda a complicada rede de telecomunicação e informação, incluindo diversos sistemas que permitirão traduzir uma enorme quantidade de dados em informação significativa disponibilizadas para os consumidores (15). Partindo-se desta estrutura, o consumidor pode controlar seu uso de energia e a concessionária pode engajá-lo no controle de pico de demanda através de tarifas horárias diferenciadas.

#### b. Gerenciamento da demanda residencial de energia

Um passo a frente está o gerenciamento da demanda residencial de energia, o qual auxiliará os moradores a manter-se continuamente em contato com o mundo exterior, otimizando seus estilos de vida e reorganizando a grade horária do consumo cotidiano de energia de maneira a assegurar um alto padrão de vida com contas de energia moderadas (12).

#### c. Veículos elétricos

Os veículos representam uma grande parcela do consumo de energia, ainda que uma modesta parcela da frota venha a ser convertida em veículos elétricos, estudos serão necessários para reforçar a infraestrutura de distribuição elétrica, de maneira que ela possa acomodar os ciclos de carregamento desses veículos. Caso a quantidade desses veículos venha a crescer, o estresse ao sistema de distribuição poderia vir a causar instabilidades e apagões. Para evitar este cenário catastrófico, o carregamento desses veículos deve ser monitorado e controlado para prevenir sobrecargas na rede elétrica (12).

#### d. Supervisão situacional de grandes regiões

A supervisão situacional de grandes regiões inclui uma das mais desafiadoras funcionalidades que é a medição sincronizada, na mesma base de tempo, em diversas partes do sistema de potência. Nesta aplicação, exige-se exatidão de 1µs (16). A supervisão situacional e monitoramento são funções chaves da rede inteligente dada a importância da confiabilidade e da segurança na interoperabilidade entre tantos sistemas e dispositivos diferentes (15).

#### e. Fontes de energia renováveis e armazenamento

O tradicional legado da geração de energia elétrica está se convertendo em um novo cenário que integra um extensivo número de geradores variáveis e de pequeno porte, de acordo com sua fonte primária de energia (como o vento ou o Sol), com seus respectivos efeitos desafiadores para o sistema. Para tanto, controles inteligentes deverão permitir uma maior penetração desse tipo geração (14).

#### f. Gerenciamento da rede de distribuição

Como gerenciamento da rede de distribuição pode-se entender a habilidade de gerenciar, operar e manter os ativos de distribuição de energia e prover energia de maneira confiável, estável e eficiente (15). Os sistemas SCADA vêm sendo utilizado por décadas para monitorar e controlar as redes elétricas de potência. Todavia a experiência da indústria mostra que tal sistema ficará restrito apenas aos sistemas de alta tensão (14). As taxas de transmissão entre 75 e 2400 bits/s tradicionalmente empregadas podem ser suficientes para a função de monitoramento, mas não para as tarefas de controle e gerenciamento dos ativos (17).

A adição de inteligência à rede de energia apresenta uma infinidade de outras possibilidades além das apresentadas. Nelas existe em comum uma necessidade de integração das informações dispersas e uma infraestrutura de comunicação mais flexível e descentralizada (12).

#### 4.0 - CONSIDERAÇÕES PARA A INFRAESTRUTURA DE COMUNICAÇÃO E INFORMAÇÃO

A infraestrutura de comunicação e informação será a responsável por permitir que as leituras dos sensores sejam processadas pelos elementos de controle da rede inteligente e pelo envio de mensagens de controle para vários pontos da rede de maneira a obter a ação desejada. Tal infraestrutura precisa ser robusta o suficiente para receber as informações dos usuários e torná-los parte integrante do processo. Da mesma forma, o usuário deve ser capaz de receber informações num nível apropriado dessa rede (14). Assim, segundo (14), os requisitos principais que devem ser levados em consideração para as redes inteligentes são:

- a capacidade e qualidade da transmissão, do ponto de vista de taxa de transmissão, latência ou estabilidade;
- interoperabilidade ou capacidade dos diversos sistemas e equipamentos da rede inteligente de trabalhar juntos e comunicar-se entre eles;
- escalabilidade para acomodar a contínua ampliação do sistema, tanto em quantidade de dispositivos como também a modernização com adição de novos serviços;
- segurança para proteger as informações e comunicações de ataques cibernéticos através de mecanismos de autenticação e autorização;
- Padronização em diferentes níveis e áreas, desde a geração, transmissão e controle até os sistemas de medição e comunicação.

Padronização e normas serão as chaves para o sucesso da implantação das redes inteligentes. Sistemas e protocolos comuns serão essenciais para assegurar a interoperabilidade e escalabilidade entre os componentes das redes inteligentes. Em vários fóruns de padronização internacionais já se mapeou o caminho para a implantação de redes inteligentes e as primeiras normas já começam a ser publicadas.

#### 5.0 - REQUISITOS DE DESEMPENHO DO SISTEMA DE COMUNICAÇÃO

O sistema de comunicação para as redes inteligentes devem cobrir ao mesmo tempo grandes áreas entre os centros de controle e produção de energia, normalmente geograficamente distantes, até pequenos consumidores e seus múltiplos dispositivos para gerenciamento de demanda. Os autores de (18) apresentam uma divisão em três camadas para a hierarquia de comunicação das redes inteligentes: onde uma rede para área abrangente (WAN do inglês, *Wide Area Network*) conecta as concessionárias, com as subestações, as usinas de grande porte e os centros de controle; uma segunda camada de rede conecta os dispositivos da subestação e rede de distribuição numa dada região (NAN ou FAN do inglês, *Neighbor* ou *Field Area Network*); e uma camada mais ampla acomoda as redes que alcançam os consumidores, seja residencial, comercial ou industrial (HAN/ BAN/ IAN do inglês, *Home, Building, Industrial Area Network*). A figura 2 ilustra essas três camadas e as faixas propostas de alcance e taxa de transmissão de cada uma (18).

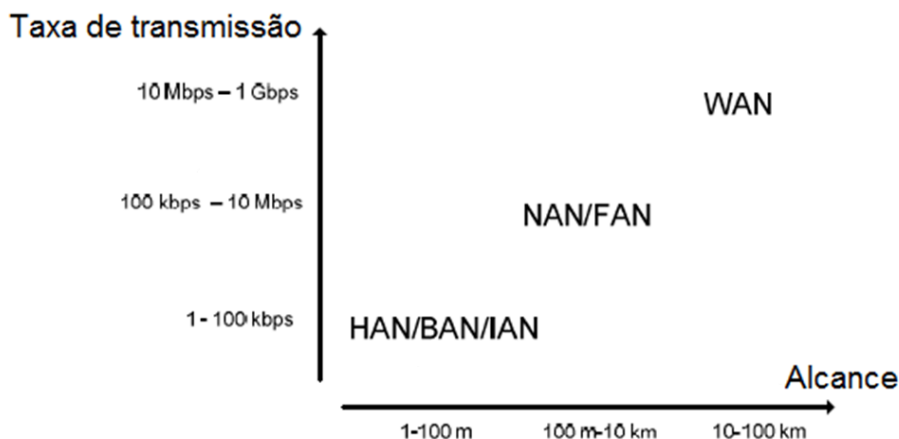


Figura 2: Taxa de transmissão e alcance para a hierarquia de comunicação das redes inteligentes

Além da taxa de transmissão, um requisito fundamental é a latência. Todavia, a latência não é obtida facilmente, uma vez que, na prática, é impactada por diversos fatores tais como (19):

- atraso na transmissão – dependendo do tamanho do pacote de dados que deve ser preparado antes da transmissão;

- atraso de propagação – tempo que a onda eletromagnética demora em trafegar entre os pontos transmissor e o receptor;
- tempo de processamento – depende dos cabeçalhos para roteamento e também da eficiência do roteador para separação dos dados dentro do pacote;
- atraso nas filas – é impactado pela eficiência para rotear o volume de tráfego gerado pelos múltiplos equipamentos acessando a rede de comunicação.

Os atrasos precisam ser bem considerados, principalmente nas aplicações que demandam controle em ciclo fechado.

Concentrando o foco na latência de transmissão, a tabela 1 (15) e a figura 3 (20) apresentam os requisitos detalhados por aplicação/ funcionalidade.

Tabela 1 – Requisitos da rede inteligente (15)

Funcionalidade	Taxa de transmissão	Latência
Automação da subestação	9,6 – 56 kbps	15 – 200 ms
Monitoramento das linhas de transmissão	9,6 – 56 kbps	15 – 200 ms
Gerenciamento da demanda residencial	9,6 – 56 kbps	300 – 2000 ms
Infraestrutura de medição avançada	10 – 100 kbps nos nós e 500 kbps nos entroncamentos	2000 ms
Supervisão situacional de grandes regiões	600 – 1500 kbps	15 – 200 ms
Gerenciamento da demanda	14 – 100 kbps nos nós	500 ms – minutos
Gerenciamento das quedas de energia	56 kbps	2000 ms
Automação da distribuição	9,6 – 56 kbps	20 – 200 ms
Gerenciamento da distribuição	9,6 – 100 kbps	100 – 2000 ms
Gestão dos dados de medições	56 kbps	2000 ms
Gestão de ativos	56 kbps	2000 ms
Recursos da geração e armazenamento distribuídos	9,6 – 56 kbps	300 – 2000 ms
Veículos elétricos e carregamento	9,6 – 56 kbps	2 s – 5 minutos

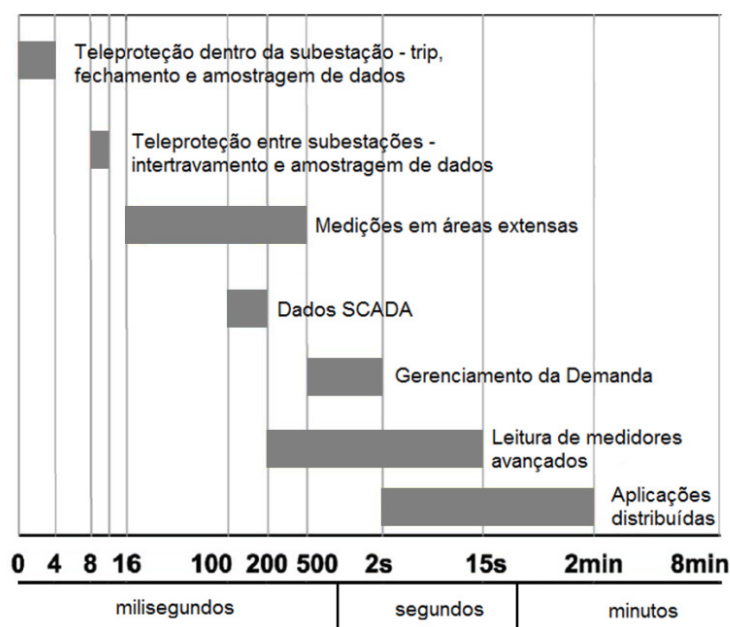


Figura 3: Requisitos de latência para as funcionalidades das redes inteligentes (20)

Como uma referência prática, a tabela 2 (21) sumariza os valores esperados para a latência típica nas principais tecnologias de transmissão com potencial aplicação em redes inteligentes.

Tabela 2 – Latência típica das tecnologias de comunicação (21)

	Exemplo	Latência Típica
Estrutura rápida dedicada	fibra ótica	5 $\mu$ s
TCP/IP com fio	DSL	40 ms
Comunicação sem fio	WiMax	10 ms
Telefonia celular rápida	UMTS	150 ms
Telefonia celular lenta	GPRS	500 ms
Transmissão pela rede elétrica	PLC	segundos

Para transformar as redes inteligentes em realidade, será necessário incorporar capacidades de comunicação que não existem nos sistemas de potência e em seus sistemas de controle implantados no passado. A futura arquitetura de comunicação deverá tirar proveito dos recentes avanços nas tecnologias de comunicação e protocolos. Para isso, será necessário o uso de tecnologias que não foram consideradas no passado. Adicionalmente, esta arquitetura de comunicação deverá ser confiável, escalável e expansível para as futuras funcionalidades e serviços das redes inteligentes (12).

## 6.0 - AGRADECIMENTO

Agradecimento ao apoio recebido da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) para esta pesquisa.

## 7.0 - CONCLUSÃO

Este informe técnico apresenta de forma concisa as definições e visões sobre as redes inteligentes do futuro, revelando um amplo espectro de funcionalidades de possível aplicação. Algumas dessas possibilidades têm alcançado maior e mais rápido avanço, seja pela priorização realizada por agentes, seja pela rápida ação das empresas em posicionar seus produtos, dispositivos e serviços no mercado.

Algumas das potencialidades das redes inteligentes foram discutidas, as quais mostraram a importância dos sistemas e tecnologias de informação e telecomunicação. Para que o sistema possa expandir, requisitos de interoperabilidade e escalabilidade precisam ser definidos através de tecnologias e protocolos de comunicação padronizados. Tais padrões necessitarão levar em consideração os requisitos de qualidade de serviço dos sistemas de telecomunicações necessários para o funcionamento adequado de cada aplicação, bem como a capacidade de cada tecnologia de comunicação empregada, visando não somente a necessidade presente, como também a futura.

Finalizando, pode-se destacar que, para a implantação proveitosa das redes inteligentes e suas funcionalidades se faz necessário uma atualização nos paradigmas de operação do setor de energia, assim como, um avanço da sociedade na aceitação das interferências em seus hábitos em troca de eventuais vantagens econômicas. Sem tais mudanças para absorver as tecnologias, os investimentos para implantação das redes inteligentes podem apresentar resultados limitados, perdendo-se os potenciais benefícios do controle eficiente dos sistemas de geração, transmissão, distribuição e consumo de energia.

## 8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Lopes, Y et al., "Smart Grid e IEC 61850: Novos Desafios em Redes e Telecomunicações para o Sistema Elétrico", Minicurso para o SBrT'2012, XXX Simpósio Brasileiro de Telecomunicações – SBrT'12, Brasília, 13-16 de Setembro de 2012.
- (2) Furtado, M. (coordenador), "[r]evolução energética: PERSPECTIVAS PARA UMA ENERGIA GLOBAL SUSTENTÁVEL", relatório Brasileiro do Conselho Europeu de Energia Renovável e Greenpeace Internacional, São Paulo, 2007.
- (3) Brasil. Ministério de Minas e Energia, "Plano Nacional de Energia 2030", Ministério de Minas e Energia e colaboração Empresa de Pesquisa Energética, v. 2. Projeções, Brasília, 2007.

- (4) WORLD SMART GRID FORUM 2013 “Results and Recommendations”, Organizers: IEC International Electrotechnical Commission, SGCC State Grid Corporation of China (CN), VDE Association for Electrical, Electronic & Information Technologies (DE), Berlin, 24-25 September 2013.
- (5) USA. Department of Energy, “The Smart Grid: an Introduction.”, Prepared for the U.S. Department of Energy by Litos Strategic Communication under contract No. DE-AC26-04NT41817, Subtask 560.01.04, Washington
- (6) IEEE Std 2030 “IEEE Guide for Smart Grid Interoperability of Energy Technology and Information Technology Operation with the Electric Power System (EPS), End-Use Applications, and Loads”, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York, September, 2011.
- (7) IEEE Std 1909 “IEEE Recommended Practice for Smart Grid Communications Equipment - Test Methods and Installation Requirements”, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York, December, 2014.
- (8) NIST Special Publication 1108R2 “NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 2.0”, National Institute of Standards and Technology, February, 2012.
- (9) IEC “What is a Smart Grid”, página internet disponível em <http://www.iec.ch/smartgrid/background/explained.htm>, acessado em 15/03/2015.
- (10) Preger, G. F., “Cenários de Redes Inteligentes para Geradoras e Transmissoras do Sistema Eletrobras”, VII WORKSPOT- Workshop internacional sobre transformadores de potência, equipamentos, subestações e materiais, Rio de Janeiro, 2014.
- (11) Lamin, H., “Análise de Impacto Regulatório da Implantação de Redes Inteligentes no Brasil”, Tese de Doutorado em Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, Julho, 2013.
- (12) Bouhaf, F., Mackay, M. e Merabti, M., “Links to the Future”, IEEE Power & Energy Magazine, Jan./ Feb., 2012.
- (13) USA. Department of Energy, “Communications Requirements of Smart Grid Technologies”, Washington, 2010.
- (14) Yan, Y. et al., “A Survey on Smart Grid Communication Infrastructures: Motivations, Requirements and Challenges”, IEEE Communications Surveys & Tutorials, Volume:15, Issue: 1, 2013.
- (15) Gungor, V. C. et al., “A Survey on Smart Grid Potential Applications and Communication Requirements”, IEEE Transactions on Industrial Informatics, Volume: 9, Issue: 1, 2013.
- (16) Ferraz, C. H., Vasconcelos, E. L., Langrafe, E. C., “Planejamento da Sincronização das Novas Redes Elétricas Inteligentes”, XXII SNPTEE Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Brasília, 2013.
- (17) Aravinthan, V., et al., “Wireless communication for smart grid applications at distribution level - Feasibility and requirements”, IEEE Power and Energy Society General Meeting, San Diego, 2011.
- (18) Kuzlu, M. e Pipattanasomporn, M., “Assessment of communication technologies and network requirements for different smart grid applications”, IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies (ISGT), 2013.
- (19) Kansal, P. e Bose, A., “Smart grid communication requirements for the high voltage power system”, IEEE Power and Energy Society General Meeting, San Diego, 2011.
- (20) Lu, X. et al., “An Empirical Study of Communication Infrastructures Towards the Smart Grid”, IEEE Transactions on Smart Grid, Volume. 4, Issue. 1, 2013.
- (21) Ran, B. et al., “Last-Mile Communication Time Requirements of the Smart Grid”, Sustainable Internet and ICT for Sustainability (SustainIT), Palermo, 2013

## 9.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

**Roberto Asano Junior** - Engenheiro Eletricista pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), MBA pela Universitat de Barcelona (UB - Espanha) e doutorando na área de Energia na Universidade Federal do ABC (UFABC). É especialista voluntário da ABNT, do CIGRE, do IEEE, e da IEC. Tem experiência na área de Energia Elétrica, com ênfase em Transmissão da Energia Elétrica, Distribuição da Energia Elétrica, atuando principalmente nos seguintes temas: modelagem eletromagnética e térmica de transformadores de potência; diagnóstico, perícia e manutenção de transformadores de potência e óleo isolante; otimização do projeto elétrico de transformadores;



simulação de transitórios eletromagnéticos; materiais isolantes sólidos e líquidos; e estudos de confiabilidade de equipamentos elétricos. Também tem experiência nacional e internacional em execução e gerenciamento de projetos de pesquisa para indústria do setor de energia.

**Ivan Roberto Santana Casella** - Possui mestrado e doutorado em engenharia elétrica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo com estágio doutorial na Universidade de Toronto. Atualmente é professor associado I da Universidade Federal do ABC. Tem experiência na área de engenharia elétrica, com ênfase em pesquisa e desenvolvimento de sistemas de comunicação sem fio, atuando principalmente nos seguintes temas: Sistemas WCDMA, Sistemas OFDMA, Equalização Adaptativa, Codificação Espaço-Temporal, Sistemas MIMO, Codificação Turbo, Alocação de Recursos e Smart Grids.

**Patricia Teixeira Leite Asano** - possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Mato Grosso (1995), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (1999) e doutorado em Engenharia Elétrica São Carlos pela Universidade de São Paulo (2003). Atualmente é professora da Universidade Federal do ABC. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Operação de Sistemas Hidrotérmicos de Potência, atuando principalmente nos seguintes temas: algoritmos genéticos, sistemas hidrotérmicos, planejamento da operação, otimização e inteligência artificial.