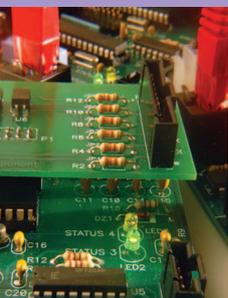


RELATÓRIO

DE ACOMPANHAMENTO SETORIAL

SMART GRID

MARÇO 2012



RELATÓRIO

DE ACOMPANHAMENTO SETORIAL
SMART GRID

TENDÊNCIAS NO MUNDO E NO BRASIL E
POSSIBILIDADES DE DESENVOLVIMENTO PRODUTIVO E
TECNOLÓGICO

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI

Mauro Borges Lemos

Presidente

Maria Luisa Campos Machado Leal

Diretora

Clayton Campanhola

Diretor

Otávio Silva Camargo

Chefe de Gabinete

Rogério Dias de Araújo

Coordenador

Carlos Henrique de Mello Silva

Técnico

Equipe Técnica

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI

Rogério Dias de Araújo – *Coordenador de Inteligência Competitiva*

Carlos Henrique de Mello Silva – *Técnico*

Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas - IE/Unicamp

Fernando Sarti

Diretor

Núcleo de Economia Industrial e Tecnologia - NEIT/IE-Unicamp

Fernando Sarti – *Coordenador do Projeto ABDI/NEIT-IE-UNICAMP*

Célio Hiratuka – *Coordenador do Projeto ABDI/NEIT-IE-UNICAMP*

Smart Grid: Tendências no Mundo e no Brasil e Possibilidades de Desenvolvimento Produtivo e Tecnológico

Autores:

Antonio Carlos Bordeaux Rego

Claudio de Almeida Loural

Moacir Giansante

Projeto gráfico e Diagramação do miolo

Marina Proni

©2012 – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI

Qualquer parte desta obra pode ser reproduzida, desde que citada a fonte.

SUMÁRIO

Apresentação	6
1. Introdução	7
2. Principais Tendências de desenvolvimento de Smart Grid no Mundo	8
2.1 Tendências tecnológicas e difusão de uso em nível mundial.	14
2.1.1 Principais tendências tecnológicas:	17
2.1.2 Estado da arte e padronização das tecnologias de redes de comunicação	22
2.1.3 Desafios tecnológicos	24
2.1.4 Difusão de uso em nível mundial: Cases	29
2.2 Principais atores no mercado de Smart Grid em nível internacional.	22
2.3 Políticas públicas para desenvolvimento tecnológico, difusão e regulação dos setores envolvidos.	24
3. Desafios e Oportunidades para o Brasil	30
3.1 Estágio atual de desenvolvimento e difusão da tecnologia.	17
3.2 Posicionamento dos diferentes atores.	22
3.3 Panorama geral das políticas públicas.	24
3.3.1 Principais desafios regulatórios	29
3.3.2 Principais oportunidades	22
Conclusões	31
Referências Bibliográficas	31

APRESENTAÇÃO

Este estudo foi executado com vistas a identificar oportunidades econômicas e tecnológicas decorrentes da difusão da tecnologia Smart Grid na economia brasileira.

Entre os principais objetivos, destacam-se aqueles para identificar as principais tendências de utilização e desenvolvimento produtivo e tecnológico do Smart Grid em nível mundial.

Devido à profusão de experiências voltadas para Smart Grid em vários países do mundo, o estudo também se volta para mapear os aspectos fundamentais dentro da cadeia de valor, para se avaliar o posicionamento de empresas que utilizam ou que fornecem produtos e serviços para Smart Grid como, por exemplo, empresas de energia, provedores de serviços de telecomunicações, fabricantes de hardware e software, etc.

Da mesma forma, mostra-se relevante identificar as principais políticas de estímulo à adoção da tecnologia em curso no cenário internacional.

Por fim, o estudo se volta para o cenário brasileiro com o objetivo de identificar as tendências na utilização da tecnologia Smart Grid e analisar as possibilidades para o desenvolvimento tecnológico e produtivo no país.

Nesse sentido, são destacados os principais desafios e oportunidades e apresentadas algumas recomendações.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a definição sobre o conceito de Smart Grid apresenta variação entre os diferentes organismos que discutem o tema. É possível observar a evolução dos conceitos desde a definição do Departamento de Energia Americano (2003) [1], na qual a principal característica era a capacidade do sistema monitorar e controlar cada nó da rede elétrica, até definições mais recentes como, por exemplo, aquela proporcionada pelo conselho de reguladores europeus do setor elétrico que, após realização de consulta pública em 2010 [5], consolidou nova definição de *Smart Grid* como sendo "...uma rede elétrica capaz de integrar de forma econômica e eficiente o comportamento e as ações de todos os usuários conectados - produtores, consumidores e aqueles que desempenham ambos - os *prosumidores* - no sentido de garantir sistemas de energia econômicos, eficientes e sustentáveis com baixas perdas e altos níveis de qualidade e de segurança".

Independente da definição associada ao tema Smart Grid, são esperados significativos benefícios a partir de sua adoção e difusão, desde impactos econômicos até ambientais.

Em termos econômicos, estimam-se relações custo/benefício da ordem de 1:5 obtidas com a modernização das redes e o decorrente aumento de eficiência. Já em termos ambientais, são esperadas reduções na emissão de carbono da ordem de 60 a 211 milhões de toneladas de CO₂ e no consumo de eletricidade da ordem de 12%, até 2030. [14]

Para fins deste estudo, serão analisadas em maior detalhe as duas plataformas que incorporam as Tecnologias da Informação e da Comunicação (TICs) de forma mais intensa e que,

provavelmente, representam os maiores investimentos no processo de modernização das redes, quais sejam: as plataformas de comunicação integrada e as plataformas de medição inteligente.

O estudo é dividido em cinco capítulos, sendo o primeiro destinado à introdução e à estrutura do documento.

O segundo capítulo traz as principais tendências de desenvolvimento das Smart Grid ao redor do mundo, destaca as principais tendências tecnológicas das Smart Grids e discute como se dá a difusão de seu uso em nível mundial, com destaque para os países líderes no processo. Além disso, faz uma análise da cadeia de valor do segmento e das políticas públicas voltadas para desenvolvimento tecnológico, difusão e regulação dos setores envolvidos.

O terceiro capítulo apresenta os desafios e oportunidades para o Brasil, sob a luz do estágio atual de difusão e desenvolvimento da tecnologia no país e do posicionamento dos diferentes atores. Por fim, apresenta um panorama geral das políticas públicas no Brasil, destacando os principais instrumentos voltados para a difusão e desenvolvimento tecnológico e os principais desafios regulatórios.

O quarto capítulo conclui o estudo e o quinto apresenta a bibliografia utilizada.

2. PRINCIPAIS TENDÊNCIAS DE DESENVOLVIMENTO DE SMART GRID NO MUNDO

O tema *Smart Grid* apresenta um grande potencial para revolucionar toda a cadeia de suprimento e consumo de energia elétrica, incluindo geração, transmissão, distribuição e armazenamento de energia. O objetivo é dotar a infraestrutura de tecnologia digital para melhorar a confiabilidade e eficiência dos sistemas, por meio do uso de TICs e, em particular, sensores e suas redes de suporte para comunicação. [1]

Nesse cenário, as motivações para o desenvolvimento das Smart Grids se enquadram em uma ou mais das seguintes razões: [2]

- Melhorar a confiabilidade e segurança da rede, resultando em melhor qualidade¹;
- Melhorar a eficiência operacional e reduzir os custos;
- Equilibrar a geração e a demanda de energia a partir da mesma capacidade instalada.
- Reduzir o impacto ambiental dos sistemas elétricos.

Porém, as limitações para sua adoção em larga escala são de natureza técnica e econômica, incluindo a ausência de padronização e de consenso sobre as tecnologias aplicáveis, deficiência dos planos de negócios e dos modelos regulatórios e, principalmente, desconfiança do consumidor final.

Mesmo assim, estima-se que o mercado mundial irá investir mais de US\$ 200 bilhões para

a modernização das redes, entre 2008 e 2015. Por isso, diversos países apresentam programas voltados para o desenvolvimento tecnológico e para difusão das *Smart Grids*, com o objetivo de melhorar a compreensão sobre o uso das tecnologias envolvidas e mitigar os riscos associados a uma implantação em larga escala.

2.1 Tendências tecnológicas e difusão de uso em nível mundial.

Nesta seção são analisadas as principais tendências tecnológicas e sua difusão nos diferentes mercados.

2.1.1 Principais tendências tecnológicas:

A partir de uma perspectiva tecnológica de seus componentes, podemos caracterizar uma *Smart Grid* em cinco diferentes vetores: [1]

- Componentes avançados de rede elétrica;
- Sensores e medidores inteligentes;
- Sistemas avançados de controle e automação;
- Sistemas de suporte a decisão e interfaces avançadas;
- Tecnologias de comunicação.

Os componentes avançados de rede elétrica são componentes voltados para melhorar a eficiência do fornecimento de energia, sua confiabilidade e disponibilidade como, por exemplo, materiais condutores e supercondutores, armazenadores de energia, geradores de energia renovável operados pelo próprio consumidor (solar, hidráulica e eólica) etc.

Os sensores e medidores inteligentes são dispositivos² que se encontram distribuídos ao

1 Para fins deste estudo, o conceito de qualidade aplicável à rede elétrica está relacionado à qualidade do serviço prestado (QoS), em particular, os indicadores que mensuram as interrupções e as transgressões no fornecimento: FIC (Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão) e DIC (Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão), DMIC (Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão), DRP (Duração Relativa da Transgressão de Tensão Precária) e DRC (Duração Relativa da Transgressão de Tensão Crítica).

2 Alguns autores consideram os medidores inteligentes como um caso particular de atuadores – dispositivos que, ao contrário dos sensores, convertem sinais elétricos em outras grandezas físicas (*display* de grandezas medidas por sensores, corte/religamento de energia elétrica etc) – e que, por sua vez, podem fazer

longo de toda a rede elétrica, desde transformadores e subestações até as residências e se destinam, no caso dos sensores, ao monitoramento das condições da rede como, por exemplo, monitoração de temperatura, detecção de falhas e distúrbios na rede, corte/religamento de segmentos de rede e, no caso dos medidores de usuário, à medição do consumo de energia e armazenamento de informações relativas ao consumo.

Além disso, os medidores podem se destinar à telemedição - ou seja, o envio das informações coletadas no ambiente de usuário - e que possibilita a gestão do lado da demanda (DSM) e a exploração de novos negócios.

Os sistemas avançados de controle e automação são compostos, principalmente, por algoritmos computacionais que permitem a análise das informações coletadas ao longo de toda a rede e o diagnóstico rápido para toda sorte de eventos. Também conhecidos por Sistemas de Suporte a Operações (OSS) eles fornecem comandos para intervenções humanas ou automáticas sobre os elementos da rede elétrica e se prestam para as mais diversificadas aplicações operacionais. Por exemplo, novos sistemas de automação de subestações de distribuição foram desenvolvidos para permitir a obtenção de informações locais, de forma a monitorá-las remotamente. Com isso, é possível detectar e localizar as falhas mais rapidamente, isolar segmentos de rede e restabelecer o serviço (FLISR – *Fault Location, Isolation and Supply Restoration*), reduzindo os tempos de interrupção.

Por sua vez, os sistemas de suporte a decisão são algoritmos computacionais que permitem a gestão e o planejamento das relações com os clientes, a partir das informações obtidas sobre o perfil de consumo dos mesmos. Também conhecidos por Sistemas de Suporte a Negócios (BSS), tais sistemas se prestam para ampliar a capacidade de decisão humana e baseiam-se no uso de Inteligência Artificial e Agentes Autônomos, tecnologias de geoposicionamento e de virtualização etc.

Já, as interfaces avançadas permitem a integração de dados provenientes de diferentes fontes de forma a prover informações sobre o estado da rede e da qualidade de serviço por meio de fácil visualização.

parte de uma rede de sensores. Ou seja, todos esses dispositivos em combinação com funcionalidades de (tele)comunicação formam o que se denomina “rede de sensores”.

Em relação às tecnologias de comunicação, a evolução tecnológica se dará no sentido de adaptar as plataformas de comunicação, comuns ao setor de telecomunicações, à toda sorte de interações e intervenções necessárias ao longo cadeia de suprimento de energia elétrica.

De forma geral, a infraestrutura necessária deve permitir a comunicação bidirecional entre os diferentes elementos da rede elétrica, constituindo uma rede de acesso de comunicação; entre os elementos e seus pontos de centralização (medição e controle), constituindo uma rede *backhaul*; e entre esses pontos e o *Data Center* da empresa, que pode ser compartilhado por diferentes municípios ou mesmo estados, constituindo uma rede *backbone*.

2.1.2 Estado da arte e padronização das tecnologias de redes de comunicação

No caso das tecnologias identificadas para aplicação em redes *backbone*, elas se dividem em soluções cabeadas e sem fio, e sua escolha se dá a partir de fatores como confiabilidade, custo, segurança e, principalmente, infraestrutura já existente e disponível.

Entre as redes cabeadas, as tecnologias e padrões são:

- Linhas “alugadas” E1 (TDM/SDH) de empresas prestadoras de serviços de telecomunicações;
- Power Line Communications (PLC) sobre redes elétricas das próprias empresas distribuidoras:
 - o Em banda estreita - *Narrowband over Power Lines* (NPL):
 - CENELEC EN 50065-1 (Europa), FCC Part 15 (EUA), Industry Canada (Canadá) e MPT (Japão)
 - o Em banda larga - *Broadband over Power Lines* (BPL):
 - IEEE 1901

Entre as redes sem fio, as tecnologias e padrões são:

- Em redes de terceiros:
 - o Em banda estreita - 2G e satélite;
 - o Em banda larga - 3G e 4G.
- Em redes próprias e/ou de terceiros:
 - o Enlaces de rádio microondas ponto a ponto;
 - o Rádio ponto-multiponto (padrões proprietários do tipo *mesh*, WiMAX etc).

Já, para as demais aplicações (*backhaul* e

acesso) existe uma incerteza ainda maior na identificação das tecnologias mais adequadas devido ao fato de que muitas dessas tecnologias serão embarcadas nos diferentes dispositivos presentes no ambiente de cliente e, conseqüentemente, sua adoção dependerá fortemente do grau de maturidade dos padrões de interoperabilidade.

Entre as redes cabeadas, as tecnologias e padrões são:

- *Power Line Communications* para redes internas:

o HomePlug (IEEE1901)

o HomeGrid (ITU-T G.hn)

Entre as redes sem fio, as tecnologias e padrões são:

- IEEE 802.15.4 (PAN):

o ZigBee:

▪ ZigBee Smart Energy Profile

▪ ZigBee Evolution

o IEEE 802.15.4g (Smart Utility Network):

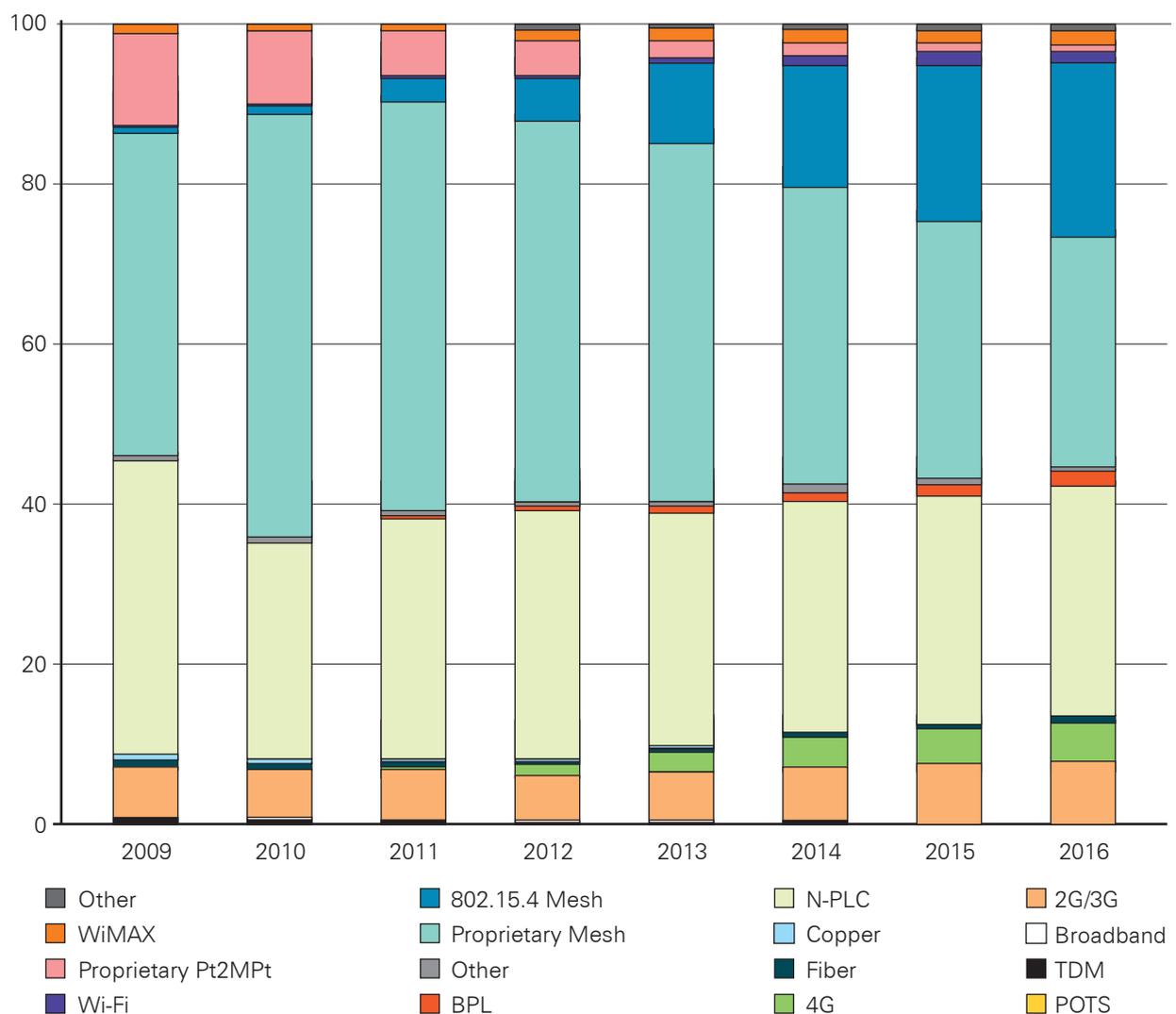
- IEEE 802.11 Wi-Fi:

o Metro Wi-Fi

- IEEE 802.15.1 (Bluetooth)

Em termos de adoção, mais de 50% das redes atuais é constituída por soluções proprietárias de redes sem fio do tipo *Mesh*, além do que, quase 20% incluem outras soluções sem fio como, por exemplo, tecnologias proprietárias para rádio Ponto-Multiponto e tecnologias celulares de segunda e terceira geração (2G/3G), conforme o Gráfico 1. [3]

Gráfico 1 - Distribuição das tecnologias de rede (em %)



Atualmente, soluções voltadas para cabos elétricos (PLC), cabos telefônicos e cabos ópticos são pouco utilizadas e tampouco apresentam previsão de adoção significativa nos próximos cinco anos.

No entanto, espera-se para o mesmo período uma maior adoção das tecnologias de quarta geração (4G) e da tecnologia de rede sem fio em conformidade com o padrão IEEE802.15.4 *Mesh*, que deve superar outras tecnologias sem fio na implantação de redes de sensores e medidores, em função de suas características, principalmente, em relação à segurança. [1]

Em relação às tecnologias para redes cabeadas, são previstas algumas aplicações para a rede interna do usuário e o padrão Home Plug é o que se apresenta com maiores chances de sucesso, visto que foi mantido no *road map* [13] do órgão americano de padronização (NIST)³, ao contrário do padrão HomeGrid que foi removido da lista final de tecnologias para redes domésticas.

Promovido pela Aliança Home Plug, o padrão apresenta requisitos de QoS que permitem transmissões em taxas de, aproximadamente, 14 Mbps para 4 diferentes níveis de prioridade com mecanismos de criptografia.

3 NIST (*National Institute of Standards and Technology*).

Tabela 1 - Prós e contras das tecnologias de rede sem fio.

Padrão IEEE	Aplicação	Prós	Contras
ZigBee (IEEE 802.15.4)	<ul style="list-style-type: none"> - Telemedição; - Interface de usuário; - Conexão de sensores e outros equipamentos em ambiente de cliente 	<ul style="list-style-type: none"> - Baixo consumo de potência; - Baixo custo de implantação; - Alta escalabilidade (redes com grande quantidade de dispositivos); - Voltado para automação e segurança, industrial e residencial. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alcance limitado; - Baixa capacidade de transmissão.
WiFi (IEEE 802.11)	<ul style="list-style-type: none"> - Conexão de equipamentos em ambiente de cliente; - Acesso entre WANs e ambiente de cliente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fácil implantação; - Custos em queda; - Maiores taxas de transmissão. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto consumo de potência; - Necessidade de recursos adicionais para segurança.
Bluetooth (IEEE 802.15.1)	<ul style="list-style-type: none"> - Telemedição; - Interface de usuário; - Conexão de sensores e outros equipamentos em ambiente de cliente 	<ul style="list-style-type: none"> - Maior maturidade; - Disponibilidade comercial. 	<ul style="list-style-type: none"> - Baixa escalabilidade (redes com pequena quantidade de dispositivos); - Baixa segurança.

2.1.3 Desafios tecnológicos

Em termos de desafios tecnológicos, os cinco vetores descritos em 2.1.1 podem ser analisados segundo cinco diferentes critérios voltados para estimar necessidade e a oportunidade de eleger atividades de P&D para cada um dos vetores, da seguinte forma: [14]

- Ausência de padronização ou em conflito com outros padrões;
- Ausência de investimentos públicos e/ou privados;
- Desenvolvimento de longo prazo e alto risco;
- Solução transformadora da situação atual, com alto retorno;
- Solução factível em face do orçamento de P&D disponível.

A Tabela 2 relaciona o nível de necessidade/opportunidade associado a cada critério para as atividades dos cinco vetores tecnológicos. As atividades que apresentam nível alto e médio na maior parte dos critérios encontram-se destacadas em cinza e indicam as áreas cujos desafios justificam a destinação preferencial de recursos de P&D.

Assim, nove atividades apresentam desafios tecnológicos a serem superados por programas de P&D nos diferentes vetores. Entre elas, a atividade de P&D que apresenta o maior nível de desafio está relacionada aos Sistemas Avançados de Controle e Automação e são as Tecnologias de Controle e Proteção Adaptativas.

Com o advento da geração distribuída nas *Smart Grids* é necessário dotar as redes de tec-

Tabela 2 - Nível de risco associado a P&D dos vetores tecnológicos.

Vetores Tecnológicos e Atividades relacionadas	a	b	c	d	e
Componentes Avançados de Rede Elétrica					
Tecnologias de Conexão de Veículos Elétricos	Alto	Médio	Alto	Alto	Médio
Tecnologias de Armazenamento de Energia	Baixo	Alto	Alto	Alto	Baixo
Cargas Inteligentes e Fontes Ativas	Médio	Médio	Médio	Alto	Alto
Conversores de Eletrônica de Potência	Baixo	Médio	Alto	Alto	Médio
Subcomponentes de Eletrônica de Potência	Baixo	Baixo	Alto	Alto	Médio
Sensores e Medidores Inteligentes					
Sensores em Ambiente de Usuário	Médio	Alto	Médio	Alto	Alto
Sistemas de Sensores Distribuídos (*)	Médio	Médio	Alto	Alto	Médio
Sensores Embarcados	Baixo	Médio	Médio	Alto	Alto
Sensores Distribuídos de Clima	Baixo	Médio	Médio	Médio	Alto
Infraestrutura Automática de Sensores e Medidores	Alto	Baixo	Baixo	Médio	Médio
Sistemas Avançados de Controle e Automação					
Tecnologias de Controle e Proteção Adaptativas	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
Sistemas Mistos CA/CC	Alto	Alto	Alto	Alto	Médio
Tecnologias de Controle Distribuído	Alto	Alto	Alto	Médio	Médio
Tecnologias de Automação da Rede de Distribuição	Baixo	Baixo	Médio	Médio	Médio
Sistemas de Suporte a Decisão e Interfaces Avançadas					
Ferramentas de Suporte à Operação	Alto	Médio	Alto	Alto	Alto
Ferramentas de Diagnóstico e Manutenção	Médio	Alto	Médio	Alto	Alto
Processamento de Informação e Visualização	Médio	Médio	Médio	Médio	Alto
Tecnologias de Comunicação					
Segurança da Informação	Médio	Alto	Alto	Alto	Alto
Telecomunicações (Integração e Cobertura)	Alto	Baixo	Médio	Médio	Alto

(*) Tecnologia selecionada em função dos progressos e do impacto previstos

nologias que permitam a operação segura, eficiente e confiável sob diferentes condições em que a rede se encontra, pois a geração distribuída exige mecanismos adaptativos que protejam a rede da potência e dos fluxos de corrente introduzidos no sentido *upstream* da rede, ou seja, do usuário para a rede.

Outras duas atividades de P&D relacionadas a esse vetor tecnológico que apresentam desafios significativos são os Sistemas Mistos CA/CC e as Tecnologias de Controle Distribuído.

Os primeiros estão relacionados com a possibilidade de distribuição de energia em Corrente Contínua na rede, exigindo o desenvolvimento de sistemas de potência e a conversão de equipamentos de usuário para um ambiente misto de fornecimento.

As Tecnologias de Controle Distribuído dizem respeito à capacidade da rede em controlar automaticamente partes isoladas da rede (*microgrids*), desde unidades individuais (residências) até parque industriais, aumentando a resiliência da rede às falhas e interrupções. Atualmente, a automatização de *microgrids* está restrita a bases militares, ilhas, universidades e grandes complexos industriais.

Em seguida, o vetor que apresenta atividades com maiores desafios é o de Sistemas de Suporte à Decisão e Interfaces Avançadas. Nesse vetor, são identificadas as atividades de Ferramentas de Suporte à Operação e de Diagnóstico e Manutenção.

As primeiras exigem desenvolvimento de ferramentas que combinam as medidas obtidas da rede e os algoritmos de decisão voltados para a automatização de ações na rede como, por exemplo, gestão da geração distribuída, armazenamento e consumo; envio de potência ativa e reativa; FLISR etc.

Já as outras incluem ferramentas voltadas para as ações das equipes de campo como, por exemplo, detecção de fase, localização de falhas, diagnóstico da comunicação e dos equipamentos e corte remoto. Além disso, incluem dispositivos para intervenção em linhas energizadas e atividades assistidas por robôs.

No vetor de Tecnologias de Comunicação, as atividades de P&D identificadas estão relacionadas com a Segurança da Informação.

Atualmente, técnicas de criptografia, autenticação e outras voltadas para a proteção da informação estão restritas aos componentes críticos

da rede como, por exemplo, o medidor inteligente. À medida que o controle da rede se torna cada vez mais descentralizado, as informações são armazenadas em diferentes pontos da rede, o que aumenta a necessidade de identificar ameaças à integridade da rede e os requisitos de segurança, que devem ser incorporados às plataformas de comunicação que dão suporte às *Smart Grids*.

Em relação às atividades em Telecomunicações, observa-se que um dos poucos pontos que merecem atenção é a padronização, conforme apresentado em 2.1.2.

Por sua vez, no vetor de Sensores e Medidores Inteligentes são identificadas as atividades de P&D relacionadas a Sensores em Ambiente de Usuário e Sistemas de Sensores Distribuídos.

Sensores dentro das residências e dos prédios serão responsáveis por prover informações adicionais ao usuário sobre o uso e a qualidade da energia, sendo necessário desenvolver sensores de baixo custo e de baixo consumo.

Os Sistemas de Sensores Distribuídos também necessitam de sensores de baixo custo e com baixa latência na medição de grandezas da rede como, por exemplo, tensão, corrente, potência real e reativa e ângulo de fase. Atualmente, o ângulo de fase pode ser medido por dispositivos *Phasor measurement units* (PMUs), originalmente criados para os sistemas de transmissão. Entretanto, para a sua difusão na rede de distribuição será necessário desenvolver medidores de menor custo.

Nesse caso, é importante notar que os medidores inteligentes em particular já não apresentam desafios tecnológicos relevantes sendo observada apenas a questão da padronização não estabilizada e algumas preocupações sobre limitação em termos de atualização de software, espaço reservado à memória, consumo de energia e custo dos medidores atuais.

Por fim, no vetor de Componentes Avançados de Rede Elétrica são identificadas atividades de P&D relacionadas às Tecnologias de Conexão de Veículos Elétricos.

Tais tecnologias devem permitir a integração dos veículos elétricos com as redes de distribuição. Os controladores de conexão dos veículos devem gerenciar a distribuição da carga e representam significativo desafio tecnológico.

Uma análise mais detalhada sobre a disponibilidade comercial das tecnologias associadas a cada vetor pode ser obtida em [15].

2.1.4 Difusão de uso em nível mundial: Casos

Como mencionado anteriormente, existem muitas incertezas associadas à evolução e difusão das Smart Grids. Além daquelas de natureza tecnológica existem obstáculos regulatórios devido ao fato do setor elétrico ser fortemente regulado nos diferentes países.

Com isso, observa-se um grande interesse na execução e divulgação de testes piloto para as tecnologias candidatas, com o objetivo de se compreender os aspectos contrutivos, evolutivos e operacionais das Smart Grids.

As iniciativas observadas em alguns países europeus como Reino Unido, França e Espanha, entre outros, devem somar mais de 100 milhões de medidores. Os investimentos governamentais previstos para os dez principais países, além do Brasil, que se destacam superam U\$ 18 bilhões⁴, sendo eles: [4]

- China: U\$ 7.320 milhões;
- Estados Unidos: U\$ 7.090 milhões;
- Japão: U\$ 849 milhões;
- Coréia do Sul: U\$ 824 milhões;
- Espanha: U\$ 807 milhões;
- Alemanha: U\$ 397 milhões;
- Austrália: U\$ 360 milhões;
- Reino Unido: U\$ 290 milhões;
- França: U\$ 265 milhões;
- Itália: U\$ 270 milhões;
- Brasil: U\$ 204 milhões.

2.1.4.1 China

No caso da China, o governo chinês estabeleceu um plano de longo prazo para estimular investimentos em sistemas hídricos, infraestrutura rural e redes elétricas, incluindo tecnologias Smart Grid.

Desde 2010, a estatal chinesa *State Grid Corporation of China* (SGCC) iniciou um programa piloto voltado para o planejamento da implantação das redes até 2030.

A partir de 2011, a implantação de medidores inteligentes ganha foco e os editais iniciais devem somar mais de 40 milhões de medidores, muitos deles com telemedição por meio da tecnologia PLC.

Por sua vez, os fornecedores chineses estão atentos a todo esses processo motivados pela

mercado potencial previsto até 2020 de mais de 700 milhões de medidores, capacitando-os a competirem pelo mercado global.

2.1.4.2 Estados Unidos

Desde 2009, os EUA destinaram cerca de U\$ 4,5 bilhões para modernização das redes elétricas por meio do *American Recovery Reinvestment Act* dos quais, mais de U\$ 600 milhões são para provas de demonstração. Estados que lideram as iniciativas são : Texas e Califórnia.

2.1.4.3 Japão

O programa das companhias elétricas japonesas prevê o desenvolvimento de Smart Grids que contemplem a geração de energia solar, até 2020, cujos investimentos governamentais superam U\$ 100 milhões. Outras iniciativas são voltadas para o desenvolvimento de medidores inteligentes.

2.1.4.4 Coréia do Sul

O governo sulcoreano lançou, em conjunto com a indústria, programa piloto de U\$ 65 milhões voltado para a integração de geradores de energia eólica, linhas de distribuição e de 6000 residências na ilha de Jeju. O programa prevê implantação em nível nacional até 2030.

2.1.4.5 Espanha

Desde 2008, o governo espanhol estabeleceu a substituição dos medidores convencionais por medidores inteligentes, sem qualquer custo para o consumidor final. As distribuidoras Endesa e Iberdrola prevêem juntas a implantação de mais de 23 milhões de medidores até 2015.

2.1.4.6 Alemanha

O programa nacional E-Energy possui diversos projetos com enfoque nas TICs aplicadas ao sistema energético alemão.

2.1.4.7 Austrália

Desde 2009, o governo australiano destinou U\$ 100 milhões de dólares australianos, em iniciativa denominada "Smart Grid, Smart City", voltada para piloto de demonstração em escala comercial.

2.1.4.8 Reino Unido

O órgão regulador OFGEM tem uma iniciativa denominada zona de energia registrada voltada

4 As 10 maiores nações para investimento em Smart Grid. Disponível em: <http://smartgridnews.com.br/as-10-maiores-nacoes-para-investimento-em-smart-grid/>

para estimular o desenvolvimento e implementação de soluções inovadoras para conectar geradores distribuídos à rede das empresas distribuidoras. Os recursos provêm do fundo para baixa emissão de carbono que destinará até £\$ 500 milhões de libras para projetos que testem, operem e comercializem novas tecnologias.

O programa britânico ainda se destaca pela intenção de obter uma infraestrutura de comunicação comum a todos os varejistas de distribuição de energia, responsáveis pelos medidores inteligentes, distribuídos em diferentes operadores de rede, tanto elétricas como de gás.

Dentro desse programa, a British Gas já anunciou a intenção de implantar alguns milhões de medidores em parceria com a operadora de telecomunicações Vodafone, utilizando sua infraestrutura de rede celular para a telemedição dos medidores. Outras iniciativas prevêem o uso de sistemas rádio como, por exemplo, a empresa de infraestrutura de telecomunicações Arqiva que pretende utilizar sua infraestrutura nacional de torres para comunicação de medidores inteligentes, através de sistemas rádio da empresa Sensus, iniciativa denominada SmartReach.

2.1.4.9 França

Atualmente, a empresa de distribuição ERDF está implantando 300 mil medidores inteligentes em pilotos de demonstração, utilizando protocolo de comunicação denominado Linky, já homologado pelo órgão regulador francês e operado por subsidiária da ERDF, denominada EDF. O sucesso da iniciativa determinará a utilização do protocolo na substituição de 35 milhões de medidores até 2016.

São 3 diferentes pilotos utilizando 100 mil medidores cada, cujos fornecedores são Itron, Landis+Gyr, e Iskraemeco, sendo uma das poucas iniciativas no mundo com interoperabilidade entre diferentes fornecedores, obtida por meio do protocolo Linky.

2.1.4.10 Itália

Em 2011, o órgão regulador italiano *Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas* aprovou oito projetos para a modernização do sistema de distribuição de média tensão, a serem financiados pelas tarifas de uso de energia, voltados para demonstrar o gerenciamento e a automação das soluções de integração do sistema, em escala comercial. Além disso, o ministério de de-

envolvimento econômico destinou mais de US\$ 270 milhões para projetos que demonstrem as funcionalidades das Smart Grids e promovam a modernização da Itália meridional.

2.2 Principais atores no mercado de Smart Grid em nível internacional.

A cadeia de valor do setor elétrico deve sofrer significativas mudanças durante o processo de implantação de tecnologias Smart Grid, cujo universo de atores é amplo e diversificado à medida que as tecnologias e aplicações envolvidas incluem a indústria tradicional de equipamentos de energia, provedores de serviços de telecomunicações, eletrônica de consumo, fornecedores de sistemas de informação, além das próprias empresas geradoras, transmissoras e distribuidoras de energia elétrica.

A nova cadeia de valor apresenta oito novos papéis, além daqueles tradicionais voltados para a geração, transmissão e distribuição. São eles: [9]

- Integração das energias renováveis, papel voltado para conectar as fontes geradoras alternativas (fotovoltaicas, eólicas e de armazenamento) à rede elétrica. Divide-se entre as empresas responsáveis pela interconexão (Ingeteam, Mitsubishi Electric, SMA, Square D etc) e pelo armazenamento de energia (AES Energy, Storage, Areva, Panasonic, S&C Electric etc);
- Automação e Controle, papel voltado para dotar os sistemas de distribuição de inteligência. Divide-se entre as empresas responsáveis pelos controladores digitais (SEL, Telemetric etc), roteamento e comutação (RuggedCom, GARrettCom, S&C Electric etc), fasores de sincronismo (ABB, GE, SEL, Siemens etc), automação de subestações (EFACE ACS, Motorola etc), equipamentos de rede (GE, Landis + Gyr, Silver Spring Networksetc), dispositivos de transmissão e distribuição (ABB, Cooper Power Systems, Howard, S&C Electric, Vishay etc) e gerenciamento e controle (EFACEC ACS);
- Agregação do Comportamento da Demanda, voltado para coletar informações sobre consumo de energia para melhor gestão da demanda e redução do pico. Divide-se entre as empresas responsáveis pelo fornecimento de equipamentos (Cooper Power, GE, Honeywell, OpenPeak, Tendril etc) e pela prestação do serviço (Comverge, Constellation Energy,

EnerNOC, Gridpoint etc);

- Conexão de veículos elétricos, papel voltado para prover a infraestrutura de conexão dos veículos elétricos à rede elétrica, por meio da qual é possível carregar as baterias veiculares e também utilizá-las quando os veículos estiverem estacionados. Divide-se entre as empresas responsáveis pelo fornecimento de baterias (A123 Systems, Compact Power, EnerDel (Ener1), Johnson Controls etc) e pela interconexão à rede elétrica (Better Place, Bright Automotive, Coulomb, Gridpoint etc);

- Gestão da energia residencial, papel voltado para prover serviços que permitam ao consumidor monitorar e gerenciar seu uso de energia elétrica. Divide-se entre as empresas responsáveis pelo fornecimento de dispositivos inteligentes (GE, LG Electronics, Whirlpool etc), termostatos inteligentes (Control4, Tendril etc), mostradores domésticos (Agilewatts Inc, Control4, Cisco Systems, EnergyHub, Tendril etc) e gerenciamento remoto (Google, Microsoft etc);

- Gestão da energia comercial e industrial, papel voltado para prover a automação predial integrada com informações de comportamento da demanda. Divide-se entre as empresas responsáveis pela automação predial (Honeywell, Johnson Controls, Rockwell Automation, Schneider, Siemens etc), sistemas empresariais (Adera Technologies, PowerIT Solutions, Redwood Systems etc) e serviços de data center (Hewlett Packard, Sentilla, Verdiem etc);

- Geração Distribuída, papel voltado para a instalação de fontes de geração de pequena escala como, por exemplo, geração fotovoltaica residencial e sua interconexão à rede elétrica. Divide-se entre as empresas responsáveis pela interconexão (DirectGrid, Enphase Energy, Fronius, Solectria etc), integração (GE, IBM etc) e instalação (SolarCity, Sun Run etc);

- Medição Avançada, papel voltado para prover a infraestrutura de medidores inteligentes com funcionalidades de armazenamento de dados e comunicação com as distribuidoras de energia elétrica. Divide-se entre as empresas responsáveis pela rede de comunicação doméstica (OpenPeak, Sequentric, Tendril, Google, People Power, Tendril etc), medidores inteligentes (GE, Itron, Silver Spring, Trilliant, Echelon Corporation, Elster Group, Holley Metering Ltd, Iskraemeco, PRI Ltd, Sensus,

SmartSynch, Sensus etc etc), comunicações (Cooper Power, Itron, Silver Spring Networks, Trilliant etc) gerenciamento de dados (Elster Group, eMeter, Itron, Oracle etc), telecomunicações (AT&T, Verizon, T-Mobile etc), fornecedores de componentes e semicondutores (Cericom, Ember, Sierra Wireless, Texas Instruments, etc) e Integração de sistemas (Accenture, Capgemini, IBM, Arcadian Networks, Arqiva, Comverge, EnerNex Corporation, SAP etc).

Em termos de infraestrutura, existe uma grande preocupação com as plataformas de TICs, voltadas para a transmissão e armazenamento das informações oriundas da rede. Um dos gargalos da rede será observado nos sistemas de *data mining* das empresas, devido à intenção das mesmas em obter informações sobre consumo dos usuários com frequência cada vez maior, originando verdadeiros “tsunamis” de dados. [3]

Para isso, a estratégia observada nas empresas é das mais variadas havendo desde aquelas empenhadas em “remendar” seus sistemas corporativos isolados (gestão de ativos, gestão de equipes, gestão de falhas, *billing* e CRM), cujas interfaces e bases de dados são proprietárias, até aquelas que investem em soluções integradas, por um único fornecedor ou por meio de um integrador de sistemas que, por sua vez, podem fazer uso de uma arquitetura SOA (*Service Oriented Architecture*) ou utilizar arquiteturas convencionais.

Da mesma maneira, a estratégia em relação às redes de comunicação é incerta, uma vez que as empresas de energia preferem construir suas próprias infraestruturas de comunicação, ao contrário de depender dos provedores de serviços de telecomunicações.

Entretanto, a capilaridade requerida em uma Smart Grid pode forçar a uma revisão desta prática, desde que esses provedores também se mostrem dispostos a rever seus planos de serviços e de preços.

Dentre as diferentes infraestruturas de rede, aquela dos provedores de serviços móveis se mostra bastante adequada para uma Smart Grid, visto que podem ser adaptadas para aplicações críticas, com altas taxas e baixa latência de transmissão. Além disso, são redes com ampla cobertura geográfica e melhor estrutura de custos (CAPEX e OPEX) para seus detentores, permitindo-lhes empregar capital menor e terceirizar atividades como manutenção e reparos. [10]

2.3 Políticas públicas para desenvolvimento tecnológico, difusão e regulação dos setores envolvidos.

Apesar de serem destinadas ao setor elétrico, as tecnologias Smart Grid são oriundas de diferentes áreas de P&D e se encontram em prospecção em nível global. Entretanto, essas tecnologias devem ser analisadas em nível regional, à luz de especificidades importantes como, por exemplo, idade média da infraestrutura de rede elétrica existente, crescimento da demanda por energia, necessidades em termos de geração complementar e, principalmente, estruturas empresariais definidas por condições regulatórias ou de mercado. [4]

Em particular, essas duas últimas podem representar obstáculos significativos para a obtenção dos benefícios esperados pela adoção de Smart Grid. Por exemplo, alguns mercados não impedem a verticalização das empresas de energia (geração, transmissão e distribuição), possibilitando uma melhor apropriação dos benefícios gerados pela adoção de tecnologias que perpassam todos os segmentos da infraestrutura de suporte.

Por isso, espera-se que investimentos em Smart Grid se deem mais rapidamente em cenários com empresas verticalizadas, cujos planos de negócio indiquem períodos de recuperação dos investimentos (*payback*) mais curtos. Nos demais cenários, a adoção de Smart Grid pode ficar condicionada a uma maior cooperação entre empresas distribuidoras e transmissoras.

Além disso, é importante que sejam estabelecidas políticas públicas que tenham por objetivo superar as dificuldades de mercado para o desenvolvimento e a difusão das tecnologias de Smart Grid.

Recentemente, a Comissão Européia recomendou que cada país-membro defina um modelo nacional para a implantação de Smart Grid, com o objetivo de acelerar as políticas de estímulo a essas tecnologias. [11]

Um levantamento das ações desses países-membros mostra que as agências reguladoras de três países (Áustria, França e Grã Bretanha) já confirmaram a existência de plano nacional para Smart Grid. Entre os demais, onze países (Chipre, Dinamarca, Estônia, Hungria, Irlanda, Lituânia, Polônia, Eslovênia, Suécia, República Tcheca e Itália) divulgam sua intenção em criar planos nacionais e os restantes ainda não possuem previsão. [5]

Outra recomendação da C.E. foi para que as agências reguladoras de cada país-membro garanta a disseminação dos resultados dos projetos de demonstração levados a cabo, de maneira a permitir a troca de conhecimento e experiências, evitar duplicações desnecessárias e melhorar os resultados obtidos.

Com isso, 12 países relataram a existência de 43 projetos, dos quais 18 envolvem a experimentação de Smart Grid com a aplicação de Smart Meter e os restantes somente o conceito de Smart Grid, ou seja, com o objetivo exclusivo de melhorar a eficiência operacional, totalizando um orçamento de mais de €400 milhões. Porém, a estimativa de investimentos em projetos Smart Grid é bem maior, para a qual existem mais de 300 projetos com orçamento em torno de €5,5 bilhões, dos quais €300 milhões são destinados para projetos de P&D.

Em relação aos 43 projetos relatados, seu financiamento se baseia em dois modelos: por meio de taxa adicional às tarifas praticadas e/ou por meio de fundos públicos.

No primeiro caso, alguns países apresentam regulação que permite transferência para os usuários de alguns custos de P&D, de forma a incentivar a implantação de Smart Grid como, por exemplo, Grã Bretanha que, atualmente, pode transferir até 90% dos custos de alguns projetos, desde que sejam feitos estudos prévios sobre o impacto das iniciativas sobre as tarifas.

Da mesma forma, Itália e Finlândia pretendem adotar esse modelo de acordo com seus planos nacionais de Smart Grid.

Nos casos em que os projetos são totalmente financiados por fundos públicos, não existe um único modelo, à medida que envolvam múltiplos fundos que por sua vez são administrados por diferentes agências. Variam também os critérios para seleção dos projetos visto que nem todos se baseiam em processo concorrencial.

Entretanto, alguns incentivos adicionais têm se mostrado necessários para difundir a adoção de Smart Grid por parte das empresas do setor elétrico desses países. Por isso, o quadro regulatório do setor tem sido modificado para criar condições que favoreçam os investimentos necessários.

Por exemplo, na Finlândia a agência reguladora cria incentivos para a implantação de Smart Grid à medida que reconhece os novos investimentos de forma integral e com base em valores de referência. Ou seja, ao reconhecer os novos

sistemas na base de ativos da empresa a regulação permite a recuperação dos investimentos por meio do reajuste das tarifas de uso e, tomando por base valores de referência, estimula às empresas negociarem reduções nos valores praticados para os sistemas. Tal prática regulatória é denominada de regulação de tarifas por custos históricos.

De forma parecida, a Irlanda permite que as empresas elétricas se apropriem dos ganhos de eficiência obtidos durante cinco (05) anos, estimulando a adoção de tecnologias que melhorem a produtividade como, por exemplo, Smart Grid. Já a Itália permite às empresas distribuidoras de energia, uma remuneração adicional ao Custo Médio Ponderado de Capital (CMPC) para investimentos de modernização da rede, por meio de tecnologias que aumentem a eficiência energética, em particular, soluções de Smart Grid para controle, regulação e gerenciamento de unidades de carga e de geração, incluindo veículos elétricos.

A Alemanha por sua vez, é um dos poucos países cujas ações voltadas para difundir as tecnologias de Smart Grid são conduzidas pelas próprias empresas do setor, que por sua vez são motivadas por questões regulatórias como, por exemplo, a ampla competição que se dá no mercado de varejo de distribuição de energia elétrica na medida em que é facultada ao consumidor a escolha da empresa distribuidora local.

3. DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA O BRASIL

À semelhança de outros países, o setor elétrico brasileiro se insere no panorama mundial como um mercado potencial para a introdução de tecnologias Smart Grid, estimulando investimentos públicos e privados da ordem de alguns bilhões de dólares. Entretanto, a perspectiva de realização desses investimentos fica condicionada à superação de alguns desafios que são analisados nesta seção.

3.1 Estágio atual de desenvolvimento e difusão da tecnologia.

Entre as diferentes motivações que justificam o interesse em Smart Grid no Brasil, aquelas que se mostram mais importantes são referentes aos aspectos de segurança e de eficiência energética.

No primeiro caso, espera-se dotar a rede nacional de maior segurança contra a ocorrência de blecautes, por meio da automatização dos elementos e dos sistemas da rede com o uso de sensores em toda a rede.

Segundo a consultoria PSR⁵, das seis maiores ocorrências registradas no mundo desde 1965, três se deram no Brasil:

- 11/03/1999: 97 milhões de pessoas;
- 10/11/2009: 60 milhões de pessoas;
- 03/02/2011: 53 milhões de pessoas.

Analisando-se sob a perspectiva de evolução do consumo de energia, previsto pelo Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030), a preocupação com a segurança cresce à medida que se espera uma expansão média do consumo de energia elétrica em torno de 4% ao ano. Ou seja, a capacidade de geração, transmissão e distribuição deve saltar, nas próximas duas décadas, dos atuais 69 GW de capacidade instalada para 225 GW.

Em termos de eficiência energética espera-se

uma otimização na distribuição e no consumo de energia, com redução de perdas técnicas e não técnicas (comerciais), a partir do monitoramento e da automação de toda a rede. A ANEEL prevê economias de até 10% no consumo de energia elétrica.

Além disso, conforme previsto pelo Plano Nacional de Eficiência Energética 2030 (PNEf 2030) haverá a possibilidade do consumidor gerar e vender a energia produzida excedente para a rede elétrica no longo prazo criando a figura do "prossumidor", um consumidor de energia elétrica capaz de gerar parte da energia consumida, para si e para outros.

Outros motivadores dizem respeito à qualidade da energia elétrica, à geração distribuída e a mudanças climáticas.

Por isso, nos últimos anos, o interesse pela tecnologia *Smart Grid* tem aumentado, inclusive no ambiente técnico-científico. Em particular, o CNPq⁶ reconhece atualmente 08 grupos de pesquisa ativos e com projetos de *Smart Grid*: UFRJ (02), CEFET/RJ, UFF, UFRGS, UFJF, IFMT e Mackenzie⁷.

Adicionalmente, são reconhecidos os avanços obtidos pela USP e CPqD, por meio da incorporação de tecnologias de sensoriamento, monitoramento e de TICs, no uso e na racionalização da energia elétrica. As duas instituições constam entre as principais executoras de projetos do programa de P&D regulado pela ANEEL. [17]

Segundo a ANEEL, em 2011 existiam 752 projetos de P&D cadastrados e com interesse

6 Pesquisas referente a Smart Grid. CNPq. Diretório dos grupos de Pesquisas no Brasil. Disponível em: <<http://dgp.cnpq.br/buscaoperacional>>. Acesso em out 2011.

7 UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro), CEFET (Centro Federal de Educação Tecnológica), UFF (Universidade Federal de Fluminense), UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), UFJF (Universidade Federal de Juiz de Fora) e IFMT (Instituto Federal de Mato Grosso).

5 "Grandes apagões viram rotina no Brasil", 28/02/2011. Disponível em: <http://diariodocongresso.com.br/novo/2011/02/brasil-e-lider-mundial-em-apagoes/>

em sua execução, dos quais 52 apresentavam o objetivo de avaliar os principais aspectos da implantação de Smart Grid e cujos investimentos previstos totalizavam cerca de R\$ 150 milhões, distribuídos conforme o Gráfico 2. [16]

Em termos experimentais, muitas empresas distribuidoras estão conduzindo testes pilotos para demonstração, conforme relatado recentemente em evento da indústria⁸.

Um dos projetos mais avançados do ponto de vista de desenvolvimento de tecnologias Smart Grid é conduzido pela Light, cujo escopo prevê todas as fases típicas de um programa de P&D tradicional: aplicação de pesquisa, fabricação da cabeça de série e dos protótipos industriais, inclusive do medidor eletrônico inteligente.

Baseado em diferentes modelos de medição, o sistema de medição inteligente da Light foi desenvolvido em parceria com o fabricante de medidores CAS Tecnologia e está em conformidade com as regulamentações da ANEEL, referentes a requisitos mínimos dos medidores e a estrutura tarifária, que se encontram em fase de publicação.

Além disso, está preparado para funcionamento bi-direcional e pode enviar e receber mensagens de outros dispositivos (medidor de água e gás, *smart appliances* etc.).

8 Café da Indústria, evento realizado pela ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial). Disponível em: <http://www.abdi.com.br/Acao%20Documento%20Legislacao/CafeTICS.zip>.

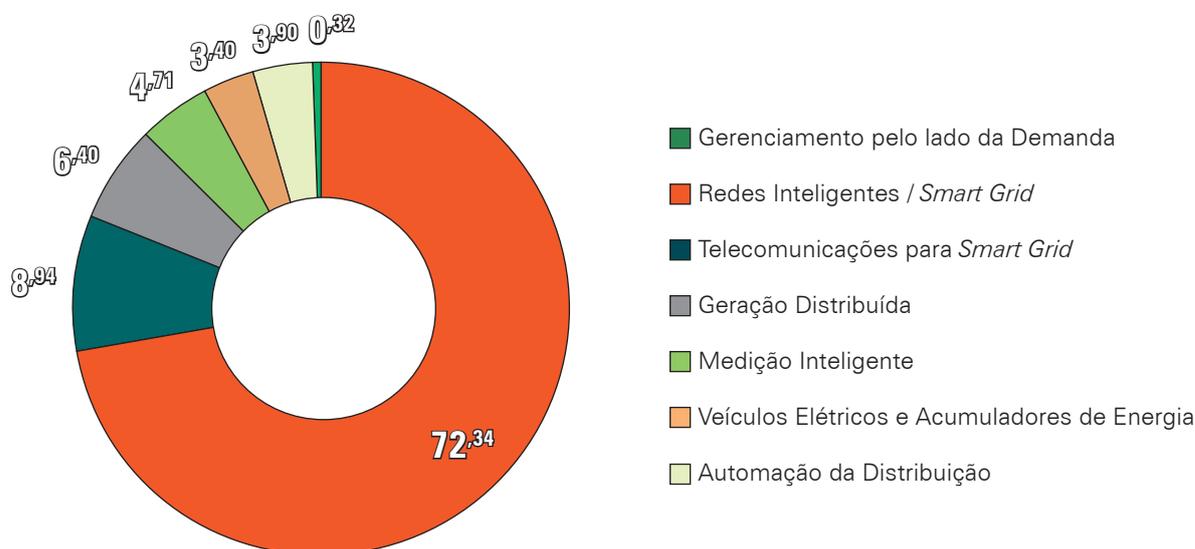
A primeira etapa do projeto piloto envolve um total de mil unidades consumidoras residenciais que receberão os medidores inteligentes, dos quais 250 eram previstos para 2011.

A CEMIG iniciou projeto de Smart Grid denominado CIDADES DO FUTURO no município de Sete Lagoas (MG), envolvendo consumidores de todas as categorias. O projeto engloba desde a implantação de medidores inteligentes até a utilização de veículos elétricos, passando pela automação das redes, pela geração distribuída, implantação da infraestrutura de telecom e de sensores, ferramentas de gerenciamento pelo lado da demanda (DSM) e de relacionamento com consumidores/parceiros.

Juntas, Light e CEMIG pretendem investir R\$ 65 milhões nos próximos três anos em temas de Smart Grid, desde medidores eletrônicos até geração distribuída, em parceria com fabricantes de soluções para desenvolver os equipamentos que serão utilizados. Até 2012, testes de microgeração com a instalação de painéis fotovoltaicos e equipamentos de armazenamento de energia com capacidade de 2 kW, devem envolver cerca de 20 unidades residenciais e incluem o desenvolvimento de uma usina solar de 3 MW pico.

Outro projeto com escopo amplo é o da Eletronbrás, no município de Parintins (AM), que visa a construção de um modelo de referência para aplicação em larga escala das tecnologias de redes inteligentes no mercado-alvo das empresas

Gráfico 2 - Temas de P&D de projetos *Smart Grid* (em %) [16]



distribuidoras do grupo. O projeto prevê a implantação de 15 mil medidores inteligentes, além disso engloba outros aspectos como a automação das redes, a geração distribuída, a infraestrutura de telecom e de sensores e as ferramentas de gerenciamento pelo lado da demanda (DSM) e de relacionamento com consumidores e parceiros. Tais ferramentas são voltadas para monitorar o perfil de uso e ampliar a interação com os clientes da empresa.

O grupo Endesa – por meio de suas duas empresas de distribuição, a AMPLA e a COELCE – está implantando pilotos com diferentes objetivos. No primeiro caso, a AMPLA está implantando projeto denominado CIDADE INTELIGENTE no município de Búzios (RJ), englobando Medição Inteligente, Telecomunicação, Automação, Geração Distribuída e Armazenamento, Prédio Inteligente e Veículos Elétricos. A abrangência do projeto envolverá a instalação de 10 mil medidores inteligentes e automação de 25 pontos da rede de média tensão. Já, a COELCE está implantando no município de Aquiraz (CE) um Sistema de Reposição Automática (SRA) e de um Sistema Inteligente para Mudança Automática de Ajuste do Sistema de Proteção (SIAP) na rede de média tensão.

Outro piloto que visa a automação da rede é o da empresa CPFL Energia, localizado no município de Morungaba (SP), e que tem por objetivo o controle e a automação de subestações, com a inserção de equipamentos monitorados para manutenção, proteção, qualimetria e controle, conectados aos seus respectivos centros de gestão remota.

Alguns testes buscam maior aprofundamento na avaliação de tecnologias de telecomunicações, quando aplicadas às Smart Grids. Nesse sentido, a empresa distribuidora CELG planeja teste, possivelmente no município de Nova Venéza (GO), para avaliar diferentes plataformas de telecomunicações como, por exemplo, tecnologia de redes cabeadas (modems ópticos, xDSL e PLC), tecnologias de rádio fixo (Ponto a Ponto, Ponto-Multiponto e Mesh) e tecnologias de rádio móvel (GPRS, 3G), voltados para supervisão das redes de média e baixa tensão.

No caso do teste da empresa CEEE, o piloto é específico para a avaliar o desempenho da tecnologia PLC no monitoramento de consumo, parametrização e diagnóstico da rede elétrica de distribuição em baixa tensão.

Por sua vez, a empresa EDP-Bandeirante prevê a realização de piloto no município de Apareci-

da (SP), com o objetivo de implantar um sistema completo de medição inteligente, nas unidades consumidoras, além de medidores em todos os alimentadores de média tensão e em todas as estações transformadoras. Os medidores inteligentes fazem parte de uma família de medidores previamente desenvolvida em projeto de P&D, em parceria com o fabricante ECIL, e já homologados pelo INMETRO. As funcionalidades sob avaliação são a teleleitura para medição remota e faturamento, corte/religamento remoto, detecção de fraudes e melhor gestão do balanço energético.

Por fim, a ABRADE (Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica) está coordenando projeto de P&D selecionado pela Aneel, com a participação da Aptel (Associação de Empresas Proprietárias de Infraestrutura e de Sistemas Privados de Telecomunicações e de mais 37 empresas de distribuição, cujo período de desenvolvimento previsto é de janeiro a dezembro de 2011.

Em termos econômicos, o mercado brasileiro de Smart Grid é visto com grande potencial por muitos países e representa uma grande oportunidade para o desenvolvimento de negócios que serão alavancados pelo fato do Brasil hospedar a Copa do Mundo de 2014 e os Jogos Olímpicos em 2016.

No período de 2011-2015, o Brasil investirá valor superior a U\$7,9 bilhões sendo que, a maior parcela dos investimentos refere-se a medidores eletrônicos, em torno de U\$2,2 bilhões, ou seja, 27,6% dos investimentos, conforme Gráfico 3. [8]

O plano do governo brasileiro é instalar 64 milhões de medidores eletrônicos até 2021, estimando uma vida útil do equipamento em torno de 13 anos.

No entanto, a implantação deve se dar de uma forma um pouco mais lenta atingindo a meta somente após 2026, conforme o Gráfico 4. [6]

Um dos fatores que podem comprometer a implantação dos medidores no prazo necessário é o alto valor das tarifas elétricas no Brasil, impedindo aplicação de taxas adicionais e dificultando ainda mais a recuperação de novos investimentos.

Outro aspecto importante para o sucesso do plano de substituição diz respeito à capacidade de produção da indústria nacional. Segundo a ABRADDE, a demanda anual de medidores eletrônicos no país é de cerca de 3,5 milhões de medidores, ao mesmo tempo em que a capacidade máxima instalada do parque produtivo é de 8 milhões a.a.. Ou seja, a substituição dos 64 milhões

Gráfico 3 - Previsão de investimentos em Smart Grid no Brasil (em %) [8]

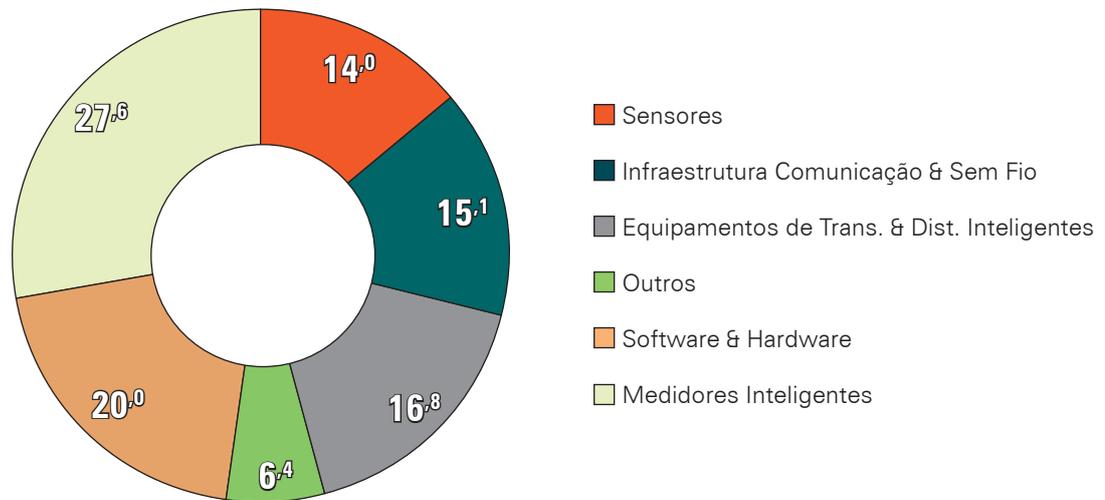
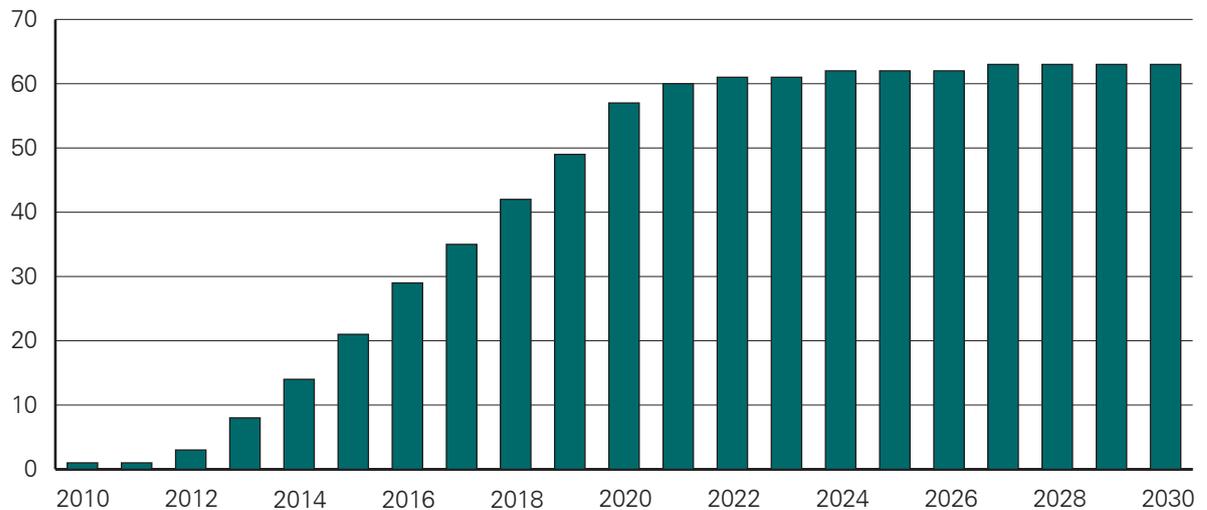


Gráfico 4 - Previsão de crescimento da base de medidores inteligentes no Brasil. (em milhões) [6]



de medidores levaria, no mínimo, 8 anos.

De qualquer maneira, a capacidade da indústria atender a demanda depende da complexidade desejada para os equipamentos de medição eletrônica. Atualmente, um conjunto de parâmetros e funcionalidades encontra-se sob avaliação da ANEEL, para fins de regulamentação dos requisitos mínimos dos sistemas de medição de energia elétrica instalados em unidades consumidoras residenciais.

O texto submetido a uma consulta pública⁹, voltada para subsidiar a formulação da regulamentação, dá indícios do nível de complexidade esperado para os medidores eletrônicos, que deverão ser adotados pelas distribuidoras de energia elétrica. Em seu Art. 5º o regulamento estabelece as grandezas que devem ser apura-

⁹ Consulta Pública 015/2009 publicada no DOU do dia 30/01/2009, já encerrada, com o objetivo de obter subsídios e informações para implantação da medição eletrônica em baixa tensão.

das pelo sistema de medição para cada unidade consumidora:

- Tensão: valor eficaz instantâneo;
- Energia elétrica ativa: registro do valor para fins de faturamento do consumo, em cada posto horário;
- Energia elétrica reativa indutiva: registro do valor, em cada posto horário, apenas na frequência nominal da tensão e da corrente (60 Hz).

Adicionalmente, são definidas funcionalidades complementares que devem ser apuradas para cada unidade consumidora:

- Interrupções de curta duração: devem ser registradas data e hora de início e fim de cada interrupção de curta duração;
- Interrupções de longa duração: devem ser registradas data e hora de início e fim de cada interrupção de longa duração, para efeito de cálculo da Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão - FIC, da Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão - DIC e da Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão - DMIC;
- Duração de transgressão de tensão: devem ser apurados os parâmetros para efeito de cálculo de Duração Relativa da Transgressão de Tensão Precária - DRP e de Duração Relativa da Transgressão de Tensão Crítica - DRC;
- Postos tarifários: deve haver capacidade de aplicação de tarifas diferenciadas, no mínimo, em 4 (quatro) postos horários, devendo ser programáveis o início e o fim de cada posto.

É fato que deverá ser facultado à distribuidora a adoção de sistemas de medição com requisitos adicionais aos estabelecidos na regulamentação e, provavelmente, a introdução da telemedição não será mandatória. Porém, a incorporação de novas funcionalidades pode comprometer a viabilidade econômica do plano de substituição desses equipamentos.

Os investimentos necessários para aquisição dos medidores eletrônicos dependem fortemente das funcionalidades previstas, conforme tabela 3. [7]

Observa-se que os requisitos relacionados aos parâmetros de tensão e energia (ativa e reativa) causam baixo impacto no custo final dos medidores. Por outro lado, as funcionalidades de registro das interrupções e de aplicação de pla-

nos tarifários diferenciados encontram-se entre as funcionalidades que causam maior impacto no custo final dos medidores, juntamente com as interfaces de comunicação integrada (telemedição), o que poderia desestimular sua adoção.

Entretanto, ao se analisar as contribuições das distribuidoras de energia elétrica feitas por ocasião de audiência pública¹⁰ – posterior à consulta pública 015/2009, constata-se o interesse das próprias empresas distribuidoras no emprego de medidores com um número maior de funcionalidades.

Entre as funcionalidades sugeridas ganham destaque, por exemplo, a medição de vários parâmetros: energia elétrica reativa capacitiva, energia elétrica reativa excedente, corrente, fator de potência, frequência, demanda elétrica etc. Também são recomendadas funcionalidades de sinalização para indicar a sequência de fases (quando aplicável) e registrar inversão do fluxo de corrente, violação do medidor (tampa do medidor, tampa de bornes, caixa de medição e fraude magnética) e de corrente de neutro (quando aplicável).

Outras funcionalidades mencionadas são relacionadas a alarme de ausência de tensão e corrente nas fases, dispositivo de corte/religamento remoto (medição direta), interface de comando para dispositivos externos de corte/religamento remoto (medição indireta), interface de comunicação padronizada, protocolo de comunicação público e aberto entre equipamentos de diferentes fabricantes, controle de versão e atualização de software etc.

Tal nível de complexidade pode favorecer fornecedores que já possuem grande base instalada nos países desenvolvidos, cujas redes já adotam muitos desses recursos.

¹⁰ Contribuições à Audiência Pública 043/2010, já encerrada e disponível em: http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/dspListaContribuicao.cfm?attAnoAud=2010&attIddeFasAud=435&attAnoFasAud=2011&id_area=13.

Tabela 3 - Relação de investimento adicional em relação ao medidor eletrônico básico.

Aplicação / funcionalidade	Investimento necessário¹
Energia Elétrica Ativa (kWh)	Básico
Energia Elétrica Reativa (kVarh)	+
kW (máxima demanda)	++
Fator de Potência	+
Tensão	+
Corrente	+
Relógio (time stamp)	+++
Calendário/ tarifas	+++
Memória de massa	+++
Auto diagnóstico	+
Classe 1	Básico
Classe 0,5	++
DIC/FIC (necessidade de relógio)	+++
Anti fraude 1 (mecânica tampa solidária)	+
Anti fraude 2 (detecção eletrônica, abertura tampa)	++
Anti fraude 3 (software unidirecional/ energia reversa)	+
Saída pulso	++
Porta óptica	++
Saída RS 485/ 232/ Euridis/ M-bus	++
Saída Ethernet	++++
Comunicação Integrada RF	+++
Comunicação Integrada PLC	+++
Comunicação Integrada GPRS	++++
Firmware Download	++

(1) A grandeza refere-se, provavelmente, ao nível de complexidade na produção dos medidores.
Legenda: + Baixo, ++ Médio, +++ Alto, ++++ Muito Alto.

3.2 Posicionamento dos diferentes atores.

Autalmente, o mercado brasileiro de Smart Grid é dominado por empresas internacionais cuja participação de mercado, para todos os segmentos listados em 2.1.1, é da ordem de 73%. [8]

A partir de informações obtidas por meio de consulta feita às empresas distribuidoras de

energia elétrica¹¹ e à mídia especializada¹² é possível identificar o universo de fornecedores de equipamentos, cujos portfólios apresentam produtos voltados para Smart Grid.

Os principais fornecedores de medidores eletrônicos para Smart Grid são: ABB, Aclara, AREVA, CAM/GyM, COMPLANT, Ecil, Eletra (Antiga

¹¹ AMPLA, CEEE, CELPE, CEMIG, COELCE, CPFL, EDP BANDEIRANTE, LIGHT e Eletrobrás, em evento realizado pela ABDI "Café da Indústria".

¹² Disponível em: <http://smartgridnews.com.br>, <http://www.energiahoje.com>, <http://www.osetoreletrico.com.br>

FAE), ELO Sistemas Eletrônicos, ELSTER, GE, ITRON, LANDIS + GYR, NANSEN e SIEMENS.

Por sua vez, aqueles que apresentam portfólio voltado para controle e automação incluindo equipamentos como, por exemplo, chaves/religadores automáticos, relés digitais, medidores automáticos de subestações e de redes e sistemas SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) são: ABB, ALTUS Sistemas de Informática S.A, AREVA, EFASEC, Elipse, COOPER, NOJA, Whipp & Bourne, SCHNEIDER, SEL e SIEMENS.

Estimulados pela perspectiva de crescimento do mercado brasileiro de Smart Grid, as empresas apresentam estratégias variadas, em função de sua participação atual no segmento. Alguns desses fabricantes já presentes no Brasil prevêem investimentos significativos para aumentar sua participação no mercado, entre eles: ABB, GE, IBM e ITRON. [8]

Outros, buscam diferenciar-se introduzindo inovações no mercado como, por exemplo, a Landis +Gyr com a introdução de seu sistema de Gestão de Perdas + Medição (SGP+M), com possibilidade de prover comunicação em duas vias entre medidores de consumidores e sistemas *back-end* e a Alstom Grid com a inauguração de seu laboratório de testes para transformadores (HVDC)¹³ de até 800Kv, para corrente contínua e alternada, em seu centro de P&D em transformadores, na cidade de Canoas (RS).

Por sua vez, fabricantes que ainda não se encontram presentes no mercado nacional adotam estratégia de licenciar sua tecnologia para fabricantes nacionais e/ou estabelecer parcerias de representação comercial como, por exemplo, a ECHELON, tradicional fornecedor de medidores eletrônicos que licenciou sua tecnologia à ELO Sistemas Eletrônicos e a Silver Springs, recém-chegada ao Brasil¹⁴ para comercializar medidores eletrônicos fabricados nos Estados Unidos por meio de parceria com a fabricante de medidores Nansen.

3.3 Panorama geral das políticas públicas.

Na última década, observou-se a viabilidade de se formular políticas públicas para o Brasil que

visam o desenvolvimento e a difusão de novas tecnologias. Alguns dos programas elaborados se mostraram capazes de atualizar tecnologicamente setores produtivos da economia tais como: Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica (“Luz para Todos”), o Plano Geral de Metas para a Universalização do Serviço Telefônico Fixo Comutado Prestado no Regime Público (PGMU), o Programa Nacional de Banda Larga (PNBL) e o Sistema Brasileiro de Televisão Digital (SBTVD).

Entre os principais fatores que permitiram a execução desses programas estão a criação de uma estrutura organizacional para a execução e fiscalização, a identificação das fontes de recursos, bem como do arcabouço legal e regulatório empregado.

Por isso, a elaboração de eventual programa nacional voltado para Smart Grid, conforme proposto em [12], deve levar em consideração os aspectos tecnológicos, econômicos e regulatórios de forma a identificar as mudanças necessárias no setor elétrico brasileiro.

Tomando por base algumas recomendações da Agência Internacional de Energia (IEA), as ações voltadas para políticas públicas de P&D e de regulamentação que se mostram necessárias são: [4]

- Estimular as parcerias público-privadas com o intuito de estimular os investimentos privados em todos os segmentos de energia elétrica;
- Reconhecer que a implantação das Smart Grids deve priorizar as necessidades e condições regionais, visto que uma única solução não atende a maioria dos casos;
- Promover as mudanças regulatórias necessárias à medida que a tecnologia permite novas formas de exploração e consumo de energia elétrica como, por exemplo, permitir a comercialização de energia pelo consumidor residencial;
- Investir em P&D e promover testes pilotos para demonstração e que visem os aspectos mais abrangentes dos sistemas, permitindo identificar os principais comportamentos no uso de energia elétrica.

Da análise do cenário brasileiro observa-se que muitas dessas ações encontram-se em andamento, porém a mudança do arcabouço regulatório deve se aprofundar para permitir o avanço das iniciativas, conforme é descrito na próxima seção.

13 High Voltage Direct Current.

14 Disponível em: <http://www.redeinteligente.com/2010/06/10/potencial-brasileiro-para-smart-grids-atrai-empresa-americana/>

3.3.1 Principais desafios regulatórios

Atualmente, existem algumas limitações de natureza regulatória para a exploração de novas aplicações a serem suportadas pelas redes Smart Grid, que deverão ser objeto de mudanças do marco regulatório, conforme a seguir: [12]

- Gerenciamento pelo lado da demanda e tarifação dinâmica: a necessidade de administrar os picos de consumo, de forma a promover o uso mais racional dos recursos, exige a adoção de estruturas tarifárias diferentes das atuais e que reflitam as estruturas de custos operacionais e de alocação de recursos a cada instante, estimulando o uso nos intervalos de menor custo;
- Integração de fontes renováveis: Com a profusão de geradoras de matriz renovável distantes dos centros de consumo como, por exemplo, as geradoras de energia eólica e solar, a conexão dessas geradoras à rede exige a aplicação de um marco regulatório que estabeleça os procedimentos operacionais adequados para a injeção de energia e, com isso, garantir a eficiência do sistema elétrico em toda a cadeia de suprimento;
- Fiscalização e monitoramento de toda a cadeia de suprimento e consumo: A adoção das tecnologias de Smart Grid permite que a rede envie informações sobre a qualidade da energia entregue ao consumidor final. Isto permite um aprimoramento da regulamentação voltada para a qualidade do serviço, possibilitando ações mais intensas de fiscalização e de auditoria que, por sua vez, pressionarão as empresas a adotarem uma postura mais proativa em termos de tomada de decisões e melhora da qualidade do serviço;
- Segurança cibernética e privacidade dos consumidores: A manipulação de informações sobre o consumo de energia pode expor hábitos e comportamentos dos consumidores à medida que se torna possível em uma Smart Grid identificar cada aparelho elétrico presente em uma residência. Tal possibilidade exige uma regulamentação específica voltada para a segurança e a integridade das informações transmitidas por meio da rede;
- Comercialização de energia elétrica pelos consumidores: A partir da possibilidade do consumidor se tornar também um gerador e armazenador de energia elétrica, a regulamentação deve sofrer uma mudança significativa

no sentido de regular a nova relação comercial entre provedor e usuário, de forma a permitir operações como, por exemplo, comercialização de energia elétrica (produzida ou estocada) entre usuários e distribuidoras de energia ou diretamente entre usuários produtores e/ou estocadores.

É bem verdade que nos últimos anos, os diferentes órgãos responsáveis pela regulamentação do setor elétrico intensificaram suas ações com vistas à adequação do marco regulatório às tecnologias e aplicações das *Smart Grid*.

Em 2009, o INMETRO publicou portaria¹⁵ aprovando o Regulamento Técnico Metrológico estabelecendo as condições mínimas a que deverão satisfazer os softwares para sistemas distribuídos de medição de energia elétrica para uso em unidades consumidoras.

Na mesma época, a ANEEL publicou consulta pública⁹ voltada para o plano de substituição dos medidores atuais e, posteriormente, realizou audiência pública¹¹ para obter informações adicionais, cujas contribuições encontram-se sob avaliação da área técnica para deliberação da matéria e consequente resolução normativa da agência.

Ainda em 2010, a ANEEL publicou outra consulta pública¹⁶, seguida de audiência pública¹⁷, para obter subsídios para alteração da metodologia de definição da estrutura tarifária aplicada ao setor de distribuição de energia elétrica. Aprovada em 22/11/11, a nova estrutura tarifária abre novas possibilidades para os consumidores de energia elétrica dos diversos tipos, alta¹⁸, média¹⁹

15 Portaria Inmetro nº 011 de 13 de janeiro de 2009, disponível em: http://www.exemplar.net.br/consultas/Portaria_Inmetro_011_2009.pdf

16 Portaria Inmetro nº 011 de 13 de janeiro de 2009, disponível em: http://www.exemplar.net.br/consultas/Portaria_Inmetro_011_2009.pdf

17 Audiência Pública 120/2010, publicada no DOU do dia 17/12/2010, já encerrada, com o objetivo de obter subsídios e informações adicionais referentes à alteração da Estrutura Tarifária aplicada ao setor de distribuição de energia elétrica no Brasil.

18 ANEEL altera estrutura tarifária para consumidores de alta tensão, disponível em http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?identidade=4922&id_area=90. Acesso em 29/11/11.

19 Tarifa branca ao consumidor de baixa tensão va-

e intermediária.

A nova sistemática modifica os padrões vigentes desde a década de 1980, levando em conta as diversas mudanças ocorridas na oferta e na demanda de energia como, por exemplo, a desverticalização das atividades de distribuição, geração e transmissão de cada empresa, o livre acesso de consumidores às redes, a criação do mercado livre e a diferenciação das tarifas.

Por fim, em 2011 a ANEEL realizou audiência pública²⁰ para obter subsídios para a regulamentação da geração distribuída, em particular, aquelas baseadas em fonte solar fotovoltaica.

Da regulamentação voltada para as tecnologias de comunicação espera-se, da parte da ANATEL, a designação de frequências dedicadas e adequadas para as Infraestruturas de Medição Avançada (AMI)²¹ e aplicações de automação das concessionárias de distribuição de energia elétrica, à semelhança do que foi estabelecido na faixa de 450MHz.

Nesse caso, a ANATEL²² destinou preferencialmente, banda de 50kHz de “subida” e de 50kHz de “descida”, para uso dos serviços de telemedicação das empresas que atuam no provimento de serviços de interesse público, nas áreas de energia elétrica, gás, saneamento e esgoto.

3.3.2 Principais oportunidades

Entre 2011 e 2015, os dois segmentos que apresentam previsão de maior crescimento para o mercado brasileiro são os segmentos de sensores e de medidores inteligentes, 24,2% e 22,0% respectivamente. [8]

De fato, a rede de distribuição brasileira representa mais de 1 milhão de quilômetros de exten-

são – quando somadas as redes de alta, média e baixa tensão, cuja participação na rede nacional chega a 4%, 60% e 36%, respectivamente – e a base de medidores atual representa cerca de 64 milhões de medidores, dos quais deverão ser substituídos no período, pelo menos, 20 milhões.

Os fornecedores desses equipamentos deverão explorar aspectos para viabilizar o desenvolvimento de tecnologia no país, entre eles:

- Atendimento aos requisitos locais;
- Interoperabilidade;
- Padronização;
- Interação adequada com o cliente brasileiro;
- Tecnologias de baixo custo.

Além disso, a evolução que as plataformas deverão sofrer em função da necessidade de incorporar funcionalidades relativas à segurança da informação pode resultar na obtenção de vantagens competitivas importantes para os fornecedores de soluções voltadas para o mercado consumidor de energia brasileiro.

lerá com novo medidor, disponível em: http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=4921&id_area=90. Acesso em 29/11/11.

20 Audiência Pública 042/2011, publicada no DOU do dia 11/08/2011, já encerrada, com o objetivo de obter contribuições à minuta de Resolução Normativa que busca reduzir as barreiras para a instalação de micro e minigeração distribuída incentivada e alterar o desconto na TUSD e TUST para usinas com fonte solar.

21 Do inglês *Advanced Metering Infrastructure*.

22 Regulamento sobre Canalização e Condições de Uso de Radiofrequências na Faixa de 450 MHz a 470 MHz, aprovado pela resolução 558, de 20 de Dezembro de 2010 da ANATEL.

CONCLUSÕES

A partir desta análise, observa-se que o conceito de *Smart Grid* é bastante abrangente e extrapola o que, normalmente, é conhecido por *Smart Metering*, ou Infraestrutura de Medição Avançada (AMI).

Por conta desse fato, a implantação das *Smart Grids* fica condicionada ao desenvolvimento e disponibilidade de diferentes plataformas que dão suporte às funcionalidades previstas para uma *Smart Grid*, distribuídas pelos cinco vetores tecnológicos descritos em 2.1.1.

Em termos de componentes avançados, observa-se um grande interesse do mercado nacional por tecnologia voltada para a geração distribuída nos vários projetos de P&D identificados em 3.1. Isso representa uma oportunidade para a introdução de inovações geradas pela indústria local, porém a integração e interconexão dessas soluções devem ocorrer por meio de grandes grupos internacionais.

Da mesma forma, sensores e medidores inteligentes podem se mostrar uma grande oportunidade para a indústria local, pois representam o maior volume de investimentos em uma implantação de *Smart Grid* com abrangência nacional, dado que a rede de distribuição brasileira supera 1 milhão de quilômetros e a base de medidores a ser substituída é de cerca de 64 milhões de unidades. Entretanto, é importante que os fabricantes se antecipem durante o longo processo de homologação.

Em relação aos sistemas avançados de controle e automação, a análise das iniciativas das empresas distribuidoras indica a presença de grandes grupos internacionais que dominam o fornecimento de soluções completas para a modernização das redes. Este fato se dá, principalmente, em face dos desafios tecnológicos e investimentos de P&D necessários ao desenvolvimento desses sistemas, conforme descrito em 2.1.3

De forma análoga, os sistemas de suporte a decisão e interfaces avançadas são dominados

por grandes grupos internacionais. Entretanto, muitas oportunidades devem surgir para desenvolvedores de aplicativos voltados para a prestação dos novos serviços e que serão suportados por tais sistemas. Em particular, existe uma grande expectativa em relação às interfaces avançadas que se destinam à uma interação mais intensa e amigável com o consumidor.

Por fim, as tecnologias de comunicação que serão demandadas expandem o mercado para as empresas prestadoras de serviços de telecomunicações e para os fabricantes de equipamentos, principalmente, aqueles que se anteciparem durante o longo processo de padronização com o objetivo de garantir a interoperabilidade de seus sistemas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. Smart Sensor Networks: Technologies and Applications for Green Growth. OCDE, dezembro de 2009.
- [2]. Smart Grid Technologies Networking and Communications, Energy Management, Grid Automation, and Advanced Metering Infrastructure. Research Report. Pike Research, 2009.
- [3]. Smart Grid: Ten Trends to Watch in 2011 and Beyond. Research Report. Pike Research, 2010.
- [4]. Technology Roadmap Smart Grids. OECD/IEA. 2011.
- [5]. CEER status review of regulatory approaches to smart electricity grids. CEER, julho 2011.
- [6]. Brazil smart grid outlook. Smart Grid Opinions, julho de 2011.
- [7]. Medição eletrônica em baixa tensão: Aspectos regulatórios e recomendações para implantação. Hugo Lamin. Dissertação de mestrado. UNB, junho de 2009.
- [8]. Brazil. The Smart Grid Network. ZPryme, outubro de 2011.
- [9]. U.S. Smart Grid Finding new ways to cut carbon and create jobs. Center on Globalization, Governance & Competitiveness Duke University, abril, 2011.
- [10]. Public Carrier Networks for Smart Grids 2G, 3G, and 4G Cellular Networks for Smart Meters, Distribution Automation, Substation Automation, and Mobile Workforce Communications. Research Report, Pike Research, 2011.
- [11]. EU Commission Task Force for Smart Grids, "Expert Group 3: Roles and Responsibilities of Actors involved in the Smart Grids Deployment", abril de 2011.
- [12]. Capítulo II - Desafios tecnológicos e regulatórios em rede inteligente no Brasil. Márcio Venício Pilar Alcântara, agosto de 2011.
- [13]. NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 1.0, janeiro de 2010.
- [14]. Smart Grid Research & Development. Multi-Year Program Plan (MYPP), 2010-2014. U.S. Department of Energy Office of Electricity Delivery & Energy Reliability, julho de 2010.
- [15]. A COMPENDIUM OF SMART GRID TECHNOLOGIES. National Energy Technology Laboratory for the U.S. Department of Energy Office of Electricity Delivery and Energy Reliability, julho de 2009.
- [16]. Mapa de Projetos de P&D em Redes Inteligentes Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Márcio Venício Pilar Alcântara. Apresentação no III Seminário Internacional de Smart Grid. Campinas, junho de 2011.
- [17]. Inovação Tecnológica no Setor Elétrico Brasileiro – uma avaliação do programa de P&D regulado pela Aneel . IPEA. Brasília, 2011.

