Redes Elétricas Inteligentes no Brasil: a necessidade de uma avaliação adequada de custos e benefícios

Andrea Felippe Cabello*

1 INTRODUÇÃO

A introdução de redes elétricas inteligentes (ou *smart grid*, no termo original em inglês) vem sido discutida em todo o mundo. Embora não haja consenso sobre sua definição, pode afirmar-se que a expressão "redes inteligentes" é um conceito amplo que envolve tecnologias de controle, de monitoramento, de armazenamento e de comunicação cujo objetivo é fazer um melhor uso dos recursos existentes. Os ganhos decorrentes da adoção destas redes surgiriam principalmente do uso de um maior volume de informações sobre consumo, transmissão, perdas, entre outras variáveis, que guiariam os agentes envolvidos em suas escolhas relacionadas ao uso e à geração de energia.

A introdução desse sistema ainda está em fase de testes no mundo, com projetos-piloto que visam investigar a melhor maneira de tornar a tecnologia viável em escala comercial e com uma relação custo-benefício adequada. No Brasil, a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) vem fomentando pesquisas relacionadas a essas redes por meio de chamadas públicas e de seu programa de incentivo à pesquisa e desenvolvimento (P&D). O resultado deste esforço é que muitas concessionárias do setor elétrico no Brasil já têm algum projeto que visa desenvolver medidores inteligentes, maior automação do processo – com um melhor uso de informações para respostas mais rápidas – e melhor adequação de fontes alternativas de energia à rede existente.

O objetivo deste artigo é apresentar de forma sucinta os conceitos das redes elétricas inteligentes, e seus potenciais benefícios em termos qualitativos, e discutir as potencialidades para sua aplicação no Brasil. Trata-se ainda de uma pesquisa preliminar no Ipea, e este texto objetiva apresentar as primeiras impressões sobre o assunto e levantar questões que podem impactar o uso da energia elétrica em um horizonte de cinco a 20 anos.

2 *SMART GRID* OU REDES INTELIGENTES

O termo *smart grid*, ou redes inteligentes, não está associado a uma tecnologia específica. Não há consenso em relação ao que seria uma rede inteligente, mas todas as definições perpassam a ideia do uso de medidores e de transmissão de dados para permitir uma utilização mais eficiente e mais segura de recursos. Em outras palavras, a rede faria uso de informações para melhorar as decisões operacionais (POTTER, ARCHAMBAULT e WESTRICK, 2009).

Apesar dessa falta de consenso, alguns fatores estão presentes na maior parte das definições. As redes elétricas inteligentes pressupõem uma maior automação e o uso de protocolos de operação dinâmicos, que respondem imediatamente à informação recebida do consumidor final. Elas permitiriam um fluxo biunívoco de energia no sentido em que o próprio consumidor final poderia ser um microgerador de energia ao se conectar na rede, fornecendo energia elétrica para a distribuidora quando conveniente. Também permitiriam um fluxo biunívoco de informações, no qual a distribuidora e o consumidor poderiam acompanhar continuamente a evolução do uso de energia e responder em tempo real a qualquer alteração no sistema. Além disso, a rede seria dotada de autorrecuperação (*self healing*) – ou seja, ela teria a capacidade de detectar, analisar e corrigir eventuais problemas, evitando situações extremas como blecautes.

---

* Pesquisadora do Programa de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) na Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset) do Ipea.

Com uma melhor alocação de recursos existentes e a consequente redução do pico da demanda de carga devido a um maior volume disponível de informações, acredita-se que haverá uma queda na necessidade de investimentos para a expansão da capacidade de geração, transmissão e distribuição. Tudo isto seria mediado por um sistema de preços dinâmicos que levasse até o consumidor final os incentivos adequados para que este respondesse às informações geradas pelo sistema.

A promessa das redes inteligentes é trazer benefícios para as distribuidoras, os consumidores e a sociedade. Entre eles, podem-se mencionar serviços mais eficientes a um custo menor – com melhor detecção e, consequentemente, resposta mais rápida a eventuais problemas – e redução do consumo por meio de uma melhor gestão do uso de energia. No Brasil, acredita-se ainda que um melhor monitoramento da rede possibilitaria uma queda expressiva nas perdas sofridas pelas concessionárias com fraude e roubo de energia.

Além disso, o sistema também permitiria um maior espaço para fontes alternativas de geração de energia, menos poluentes e de dimensões menores, de forma fácil e transparente, como um sistema *plug and play* (FALCÃO, 2009). Enquanto as usinas de energia tradicionais (principalmente no caso de combustíveis fósseis) têm sua geração determinada essencialmente pelas demandas do sistema, no caso de recursos renováveis, isto muitas vezes não ocorre, pois a capacidade é influenciada por fatores exógenos. Este é o caso da energia solar e da eólica, por exemplo. Estas fontes geralmente atingem seu pico de geração de energia em períodos que não coincidem com os picos de consumo. Além disso, estas fontes tendem a ser mais sujeitas a questões climáticas e a ter porte menor que as fontes tradicionais. Esta dificuldade em se armazenar a fonte energética e a intermitência da geração gera algumas complexidades ao sistema que seriam mais bem geridas por meio de uma rede inteligente. Quanto maior o uso de fontes renováveis, mais importante será a adaptação do sistema elétrico a estas dificuldades. Esta adaptação ocorrerá por melhorias no armazenamento de energia e na comunicação ao longo do sistema, e com o uso imediato de informação fornecida tanto pela rede quanto por fontes externas, como a previsão meteorológica (POTTER, ARCHAMBAULT e WESTRICK, 2009).

Apesar dos muitos benefícios prometidos, há algumas preocupações importantes envolvendo a nova proposta. Ainda há muitas perguntas não respondidas em relação às redes inteligentes. Em muitos lugares, ainda não foi realizada uma análise definitiva entre custo e benefício. Não se sabe ao certo que serviços de fato o sistema possibilitará, se estes serviços serão valorizados pelos consumidores ou se os consumidores responderão a todo esse fluxo de informação e mudarão de fato seu padrão de comportamento (FARUQUI, HLEDIK e SERGICI, 2009). Logo, continua não estando claro se todos os investimentos necessários em infraestrutura para a adequação da rede e do treinamento de mão de obra serão compensados pelos benefícios, uma vez que estes ainda são bastante difusos. No Brasil, a Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (ABRADEE) empreendeu um estudo sobre o tema, concluindo que a economia com perdas técnicas e comerciais, além de uma melhor qualidade do serviço de fornecimento de eletricidade, compensaria os investimentos (ABRADEE, 2011). Este estudo, no entanto, não mensurou alguns possíveis ganhos oriundos da resposta do consumidor a estas novas informações, até porque o próprio estudo considera-os ainda muito incertos.

Em relação ao comportamento do consumidor, questiona-se quão engajado e responsivo aos incentivos do sistema este consumidor de fato será. Estes incentivos devem ser apresentados por meio de um sistema de preços dinâmicos, mas isto talvez não seja suficiente. Um processo de educação e treinamento dos consumidores para a utilização dos novos medidores e a compreensão dos dados disponibilizados é necessário para as mudanças de comportamento esperadas e um melhor proveito dos ganhos prometidos.

Questões de privacidade e segurança também estão em discussão. Informações sobre o uso de energia dos consumidores, geradas por medidores inteligentes e enviadas à distribuidora, juntamente com a possibilidade de a distribuidora acessar remotamente equipamentos na residência do cliente – para regular o uso em horários de pico, por exemplo –, levantam preocupações acerca de quão intrusiva a sociedade gostaria que a rede realmente fosse.

A ausência de um padrão de rede estabelecido também é questionada tanto na Europa quanto nos Estados Unidos, onde concessionárias em países ou estados distintos realizam seus projetos pilotos com equipamentos e protocolos diferentes, nem sempre compatíveis. Além disso, a existência de protocolos, sistemas de medição e sistemas de comunicação não interoperáveis ou incompatíveis e proprietários vem dificultando o avanço desse novo padrão de tecnologia.

3 A EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL

Na última década, investimentos em redes inteligentes começaram a ser feitos em todo o mundo. Diversos países e empresas de grande porte, de diversas áreas (como a Siemens, a IBM, a Oracle e a Cisco), vêm realizando grandes investimentos em projetos-piloto – cujo objetivo é aperfeiçoar e investigar a viabilidade desse tipo de sistema.

Na Europa, praticamente todos os países já têm alguma iniciativa relacionada a redes inteligentes. Tanto a Itália quanto a Malta têm projetos de escala nacional. Outros países, como Alemanha, Portugal e Reino Unido, já estão testando a tecnologia em escala menor para avaliar seu potencial em termos de economia de recursos. No entanto, as recentes dificuldades econômicas do continente estão impossibilitando novos investimentos em infraestrutura e atrasando a renovação da rede.[1]

Nos Estados Unidos, a evolução da implantação da rede inteligente também não é homogênea. Alguns estados são bem mais engajados que outros devido a estratégias, necessidades e recursos diferentes. Segundo o Departamento de Energia do governo americano, mais de cinco milhões de medidores inteligentes já foram instalados no país inteiro, principalmente nos estados de Florida, Texas, California, Idaho, Arizona, Oklahoma, Michigan e Nevada.[2]

Iniciativas importantes também estão presentes na Austrália, no Japão, na Índia e na China. Em relação à América Latina, o Brasil é o país que mais tem investido nesse tipo de tecnologia, seguido do México.[3]

4 A EXPECTATIVA PARA O BRASIL

Há grandes expectativas em relação aos investimentos em redes elétricas inteligentes no Brasil. Espera-se que, pelo maior monitoramento e análise de informações, perdas associadas a roubos de energia possam ser reduzidas e o pico de consumo – ocorrido em dias de semana, entre as 19 horas e as 22 horas – possa ser redistribuído ao longo do dia, o que permitiria um melhor uso da capacidade instalada atualmente. Seria também possível aumentar a participação de fontes alternativas na geração, como a solar e a eólica.

Esses investimentos teriam impactos não somente nas concessionárias e no consumidor, mas também em diversos segmentos da cadeia produtiva. Seria uma grande oportunidade de mercado para produtores de medidores inteligentes, equipamentos de comunicação e monitoramento remoto, e *softwares* para o gerenciamento desse sistema. Deve-se lembrar que, como se trata de uma tecnologia ainda não estabelecida no mundo, o mercado consumidor para este tipo de equipamento não se restringe ao Brasil, pois, como dito anteriormente, diversos países estão promovendo investimentos nessa área atualmente.

Apesar do potencial de ganhos, como já foi observado, no Brasil ainda não há uma análise de custo-benefício completa em relação aos investimentos em redes inteligentes. A ABRADEE, em um projeto dentro do programa de incentivo à P&D da Aneel, realizou um estudo sobre o tema, no qual os ganhos com a diminuição de perdas técnicas e comerciais, além de uma melhor qualidade do serviço de fornecimento de eletricidade, seriam suficientes para tornar os investimentos viáveis, em três cenários de implantação diferentes: um conservador; um moderado; e um acelerado. No entanto, este estudo não estimou os impactos destes investimentos sobre o pico de consumo e sobre como o consumidor reagiria a este novo fluxo de informações.[4] Por estes motivos, esta análise não pode ser considerada como definitiva e alguns fatores específicos da realidade brasileira devem ser considerados. Além disso, diferenças regionais no padrão de consumo, e em termos de perdas técnicas e comerciais de cada distribuidora, podem alterar bastante os resultados. A própria ABRADEE alerta para estes efeitos em seu estudo.

---

1. Ver Aol Energy (2011).
2. Ver United States (2011).
3. Ver TelecomEngine (2011) e Kema [s.d.].
4. Esse mesmo estudo concluiu que a perspectiva do consumidor é de que a economia e até mesmo a redução do consumo sejam pequenas.

Por um lado, o Brasil apresenta vantagens como a experiência com o racionamento de energia de 2001 e outros programas de expansão de serviços de infraestrutura – como as tentativas de universalização de serviços telefônicos, de internet e da própria energia elétrica –, além de sistemas de redes de longa distância bem desenvolvidos. Por outro lado, a realidade energética brasileira, tanto pelo lado da oferta quanto pelo lado da demanda, é tão diferente daquela na qual as iniciativas relacionadas a redes inteligentes estão surgindo, que alguma cautela é necessária na avaliação da questão.

Em relação à oferta de energia elétrica, observa-se, no Brasil, uma maior dependência da fonte hidráulica para a geração de energia elétrica, como pode ser observado na tabela 1.

TABELA 1
Estrutura da oferta de energia elétrica no Brasil (2008)
(Em %)

Fonte	**Oferta total**
Hidráulica	**75,9**
Nuclear	**3,0**
Gás natural	**3,9**
Carvão	**1,6**
Derivados do petróleo	**2,6**
Biomassa e eólica	**4,3**
Importação	**8,7**

Fonte: Centrais Elétricas Brasileiras – Eletrobras (2008).

A predominância da fonte hidráulica faz que a geração no Brasil ainda favoreça empreendimentos de grande escala, condizentes com o tipo de rede atual. No entanto, a pequena participação de fontes alternativas de energia e a multiplicidade de recursos indicam um forte potencial de crescimento na participação de outras fontes, como a solar e a eólica, sob uma rede inteligente.

Em relação ao consumo de energia elétrica, principalmente na modalidade residencial, observa-se que este não é homogêneo entre as regiões. Além disso, melhorias no poder de compra ocorridas nas últimas décadas impactaram de forma significativa o consumo de energia elétrica, devido a novas ligações e novos equipamentos comprados (principalmente a partir do Plano Real) e a uma tendência de "encasulamento" – atividades profissionais e de lazer nas residências (ACHÃO, 2009). Apesar deste maior crescimento recente, estima-se que ainda há uma grande demanda reprimida de energia elétrica devido às desigualdades sociais.

É possível, também, observar que existem alguns eletrodomésticos com maior participação no consumo de energia que outros, além de diferenças regionais no uso destes aparelhos, conforme evidenciado na tabela 2.

TABELA 2
Participação de eletrodomésticos no consumo residencial por regiões
(Em %)

	Brasil	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
Lâmpadas	**14**	12	11	12	19	8
Chuveiro	**24**	2	9	28	26	25
Condicionamento ambiental	**20**	40	27	18	11	32
Televisão	**9**	9	11	7	10	7
Som	**3**	3	5	3	3	3
Ferro	**3**	3	3	3	3	2
Geladeira	**22**	25	29	24	22	16
Freezer	**5**	4	5	4	5	7
Lava-roupa	**-**	-	-	1	1	-

Fonte: Eletrobras (2007).

Observa-se que, nas regiões Norte e Nordeste, o chuveiro elétrico é menos importante, enquanto nas demais regiões ele é responsável por mais de um quarto do consumo residencial de energia elétrica. Outra diferença regional relevante está relacionada com o condicionamento ambiental, que envolve tanto o uso de ar-condicionado quanto o de aquecedor. As regiões com maiores parcelas de consumo neste quesito são as regiões Norte (com ar-condicionado que corresponde a 40% do consumo residencial) e Sul (com aparelhos cuja função principal é o aquecimento que representa 32% do consumo residencial). Em relação aos demais eletrodomésticos, as diferenças não são tão acentuadas.

Deve-se observar, no entanto, que as maiores diferenças regionais são nos eletrodomésticos que tradicionalmente consomem mais energia, e que um desses equipamentos – o chuveiro elétrico – tem substitutos no mercado a preços factíveis, que consomem consideravelmente menos energia. Também deve ser mencionado que o consumo residencial de energia elétrica apresenta um pico no período de 18 horas a 22 horas nos dias de semana, sendo o chuveiro elétrico e o condicionamento ambiental os maiores responsáveis por este pico (ELETROBRAS, 2007).

Como dito anteriormente, a análise da ABRADEE não considerou os efeitos dos investimentos em redes elétricas inteligentes sobre a redução do pico de consumo. Medidas de fomento ao uso de energia solar no aquecimento de água, por exemplo, podem ser eficazes em amenizar esse pico sem a necessidade de grandes investimentos associados às redes inteligentes.

Além disso, o Relatório da Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso (classe residencial) indicou que mais de 75% da amostra considerada desconhece a economia de energia proporcionada pelo uso de eletrodomésticos eficientes, apesar de esta informação ser amplamente disponibilizada ao consumidor por meio do selo Procel (ELETROBRAS, 2007). Isto levanta questionamentos sobre se os medidores inteligentes de fato atingirão seus objetivos, dado que os consumidores ainda não conseguem, com as informações que já lhes são disponíveis, identificar ganhos em sua conta de energia, por exemplo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As redes elétricas inteligentes têm o potencial de reduzir o custo final da energia elétrica por meio de maior eficiência da rede e melhor gestão da oferta e da demanda de energia, devido à maior quantidade de informações e controle dos sistemas. Diversos países têm investido nessas redes, e as avaliações de custo-benefício ainda não são conclusivas quanto à sua viabilidade.

Para o Brasil, também não há uma conclusão sobre os reais custos e benefícios das redes elétricas inteligentes. Em especial, há dois fatores – o uso de equipamentos não eficientes como o chuveiro elétrico por parte considerável da população e o desconhecimento em relação à economia de energia proporcionada por equipamentos eficientes – que indicam ser possível atingir benefícios significativos por meio de políticas mais simples. Antes de realizar grandes investimentos de renovação da rede elétrica e políticas para a substituição de chuveiros elétricos e de educação, como as utilizadas durante o racionamento de 2001, poderiam reduzir consideravelmente o consumo residencial de eletricidade, principalmente durante seu pico no final do dia.

Ainda assim, há diversos outros benefícios com as redes elétricas inteligentes. De qualquer forma, deve-se ter cautela em relação a esses investimentos, uma vez que muitos dos benefícios são incertos e difusos. Enquanto concessionárias se beneficiam com menores perdas e a possibilidade de adiamento de investimentos na expansão da rede, consumidores têm a promessa de redução de sua conta de energia elétrica e de um melhor serviço de fornecimento de eletricidade. Porém, na ausência de uma avaliação adequada de custo-benefício, a repartição de seus custos de forma proporcional aos benefícios é complexa. Por exemplo, a redução de perdas comerciais pode ser repassada às tarifas de distribuição, beneficiando diretamente os consumidores. Por seu turno, o aumento do bem-estar devido a uma menor incidência de falta de eletricidade é um benefício não captável via tarifa. Na prática, os investimentos relacionados às redes inteligentes que gerem este aumento de bem-estar provocariam o aumento da tarifa de distribuição. Há ainda impactos de postergação de investimentos nas redes de geração e transmissão, devido ao uso de geração distribuída possibilitado pelas redes inteligentes.

Este benefício aparece em todo o sistema elétrico brasileiro, reduzindo o custo da eletricidade tanto para as regiões onde há investimentos em redes inteligentes quanto para as que isto não ocorre. A forma de repartir os custos e os benefícios precisa considerar todas estas nuances.

REFERÊNCIAS

ABRADEE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA. **Projeto Estratégico de P&D**: redes elétricas inteligentes. Brasília, 14-15 dez. 2011.

ACHÃO, C. C. L. **Análise da decomposição das variações no consumo de energia elétrica no setor residencial Brasileiro**. 2009. Rio de Janeiro, 151. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

AOL ENERGY. **Europe's Smart Grid Journey**. 2011. Disponível em: <http://energy.aol.com/2011/08/19/different-speeds-for-european-smart-grid/>.

KEMA. **Smart grid development is not limited to the U.S**. [s.d.]. Disponível em: <http://www.kema.com/services/ges/smart-grid/ai/smart-grid-not-limited-to-US.aspx>.

ELETROBRAS – CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS. Programa Nacional de Conservação e Energia Elétrica. **Relatório da pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso**: classe-residencial: ano base 2005. jul. 2007.

_____. **Relatório da pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso**: classe industrial – alta tensão – ano base 2005. mar. 2008.

FALCÃO, D. **Smart grids e microrredes**: o futuro já é presente. *In*: SIMPÓSIO DE AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS, 8., 2009.

FARUQUI, A.; HLEDIK, R.; SERGICI, S. Piloting the smart grid. **The Electricity Journal**, v. 22, n. 7, p. 55-69, 2009.

POTTER, C.; ARCHAMBAULT, A.; WESTRICK, K. **Building a smarter smart grid through better renewable energy information**. *In*: POWER SYSTEMS CONFERENCEAND EXPOSITION, mar. 2009. p. 1-5.

TELECOMENGINE. **Mexico smart grid market to reach $8.3 billion by 2020**. 2011. Disponível em: <http://www.telecomengine.com/article/mexico-smart-grid-market-reach-83-billion-2020>.

UNITED SATES. Department of Energy. **Energy secretary chu announces five million smart meters installed nationwide as part of grid modernization effort**. 2011. Disponível em: <http://energy.gov/articles/energy-secretary-chu-announces-five-million-smart-meters-installed-nationwide-part-grid>.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

BELISÁRIO, R. Brasil inova nas redes elétricas inteligentes. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 63, n. 1, jan. 2011.