

# O AVANÇO DAS REDES DE ENERGIA INTELIGENTE NO BRASIL E NO MUNDO

Matheus Biazi de Novaes <sup>1</sup>, Adan Lúcio Pereira, Wagner Dias Casagrande e Kevyn Phillipe Gusmão <sup>2</sup>

1 - Graduando no Curso de Engenharia Elétrica – Multivix Serra

2 - Docente Faculdade Multivix.

## RESUMO

O setor de energia elétrica mundial vem passando por uma grande mudança após o surgimento e utilização das redes inteligentes de energia, as quais têm como função aperfeiçoar a produção, a disposição e o gasto de energia, proporcionando e facilitando a integração de outros novos provedores de energia e usuários na rede. Apesar das redes inteligentes de energia serem uma boa novidade no ramo de energia elétrica, até este momento é essencial o aperfeiçoamento das tecnologias utilizadas na sua estrutura. Pretende-se com este trabalho expor e desenvolver os pontos mais estudados como chaves para solucionar algumas deficiências das redes inteligentes no que se trata, à estrutura de meios de comunicação e o atual momento da implementação das redes inteligentes de energia no Brasil e no mundo.

**Palavras-chave:** *smartcity, smart grid*, redes inteligentes de energia.

## 1 INTRODUÇÃO

Desde a invenção da energia elétrica no século XIX, não houve mudanças relevantes, as redes elétricas, na maioria das economias desenvolvidas ou em desenvolvimento, foram criadas há mais de um século e evoluíram a partir de modelo tecnológico eletromecânico muito semelhante ao atual.

Hoje em dia a maior parte da energia elétrica fornecida é oriunda da queima de combustíveis fósseis, a carência crescente de energia, se opõe à o cuidado com o desenvolvimento sustentável e o meio ambiente. Sendo assim, muitas tecnologias de fontes renováveis estão sendo criadas, como por exemplo os painéis fotovoltaicos (energia proveniente aos raios solares) e as turbinas eólicas (energia proveniente dos ventos) vem progredindo e tem recebido verbas de vários governos quando ligados aos sistemas de distribuição de energia elétrica. Se pode comentar que praticamente todos os processos mundiais necessitam de energia elétrica para seu desenvolvimento, por esse motivo é essencial o estudo de novas tecnologias para

otimizar e melhorar o uso da energia elétrica de maneira mais sustentável. Segue a definição do termo *smart grid* através da citação abaixo:

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).

As *smart grids* são formadas de uma série de automações e tecnologias que tem como objetivo, basicamente, trazer segurança, qualidade e sustentabilidade a distribuição de energia, com o objetivo de melhorar e facilitar tudo que foi mencionado acima.

Ainda que o conceito de *smart grids* surgiu com uma nova alternativa, existem vários pontos a serem examinados em trabalhos correlacionados ao tema. Conseqüentemente, estudos em diversas áreas são necessários para tornar a tecnologia das redes inteligentes ainda mais sólida e propagada na realidade mundial.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

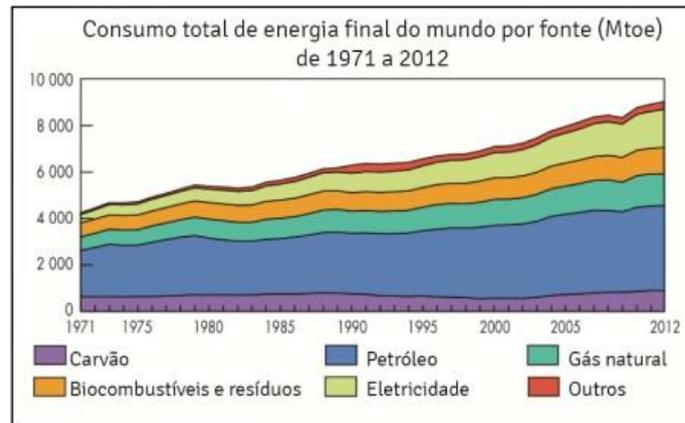
### **2.1 O crescimento mundial e a energia elétrica**

O crescimento da sociedade, o aumento da população mundial, o surgimento de novos equipamentos, novas tecnologias, ligados a busca pelo aperfeiçoamento e desenvolvimento de melhorias de qualidade de vida, estão correlacionados diretamente ao aumento de forma crescente da demanda de energia. Além do mais, novos pleitos por qualidade, segurança, flexibilidade e sustentabilidade ligados ao setor elétrico; exigem diminuições de perdas não técnicas, evolução da continuidade e eficiência energética. Por isso, sistemas elétricos mais inteligentes vem sendo cada vez mais essenciais.

De acordo com os dados da Internacional *Energy Agency* (IEA), o consumo de energia primária tem manifestado um crescimento bastante rápido nos últimos anos. A Figura 1 mostra o aumento do consumo de energia primária mundial entre os anos

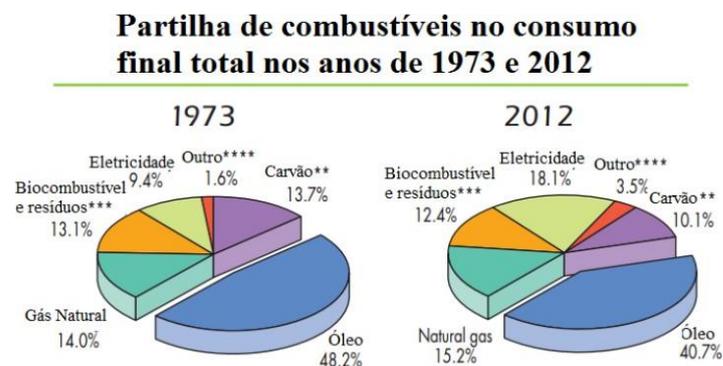
1971 e 2012 de acordo com o tipo de recurso energético. A Figura 2 mostra que em 1973 cerca de 75,9% da energia consumida era de fontes fósseis e em 2012 cerca de 66% (IEA, 2012):

**Figura 1 – Consumo total de energia mundial**



**Fonte:** IEA. *International Energy Agency. Key Word Energy Statistics, Paris, p. 44, 2014.* Disponível em: < [www.iea.org](http://www.iea.org). >

**Figura 2 – Divisão do consumo mundial de energia**



**Fonte:** Adaptado do IEA. *International Energy Agency. Key Word Energy Statistics, Paris, p. 44, 2014.*

## 2.2 Redes inteligentes de energia

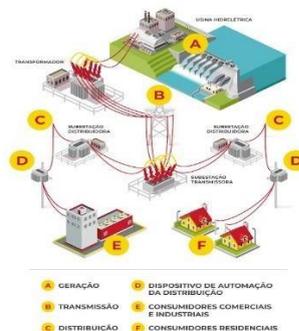
As redes elétricas inteligentes (REIs) possuem uma série de recursos e tecnologias da área da comunicação, automação e computação que inseridas ao sistema de energia elétrica, promovem uma melhor integração da rede, monitoração e medição em tempo real. Através disso, elas garantem a maximização do uso de GD (geração distribuída), por meio de recursos que vão desde a gestão de pico de

demanda até o controle de despacho de geração distribuída. Portanto, as REIs aparecem como resolução a necessidade de controle e monitoramento da rede e da GD (geração distribuída) , tendo papel importante nos centros de despacho da geração distribuída, se implementadas.

As redes elétricas Inteligentes são, por definição, gerenciamento de rede elétrica sobre dados em tempo real através de duas vias rápidas de comunicações digitais através da aplicação de soluções tecnológicas para a infraestrutura de fornecimento de energia elétrica. Existe conectividade entre (e dentro) a concessionária de energia elétrica, os dispositivos de serviços públicos, dispositivos de consumo e entidades terceiras, como vendedores, consumidores e órgãos reguladores. A REI (Redes Elétricas Inteligentes) inclui um sistema de monitoramento inteligente que monitora e controla o fluxo de eletricidade em toda a rede elétrica, e incorpora o uso de linhas de transmissão supercondutores para gerenciar flutuações de energia, perda e integração de microgeração de energia solar e eólica (CARDWELL. 2013).

No Brasil e no mundo, as REIs encontram-se atualmente em um estágio de evolução embrionário, semelhante ao da internet no começo dos anos 80, havendo ainda grandes oportunidades para as empresas, concessionárias de energia, fornecedores de tecnologia, governos, consumidores e desenvolvimento de novas capacitações na chamada “economia sustentável”. De fato, os planos de substituição de medidores inteligentes dos Estados Unidos, da Europa e do Japão apontam para conclusão entre 2022 e 2030, não necessariamente significando a implantação do conceito integral de redes elétricas inteligentes. A Figura 3 ilustra como funciona um sistema de rede elétrica de energia.

**Figura 3 – Redes Elétricas de Energia**



**Fonte:** instituto brasileiro de defesa do consumidor.

O domínio das REIs é composto por inteligência distribuída incluindo a descentralização de dados, geração distribuída e de armazenamento e automação do sistema de distribuição e otimização. O envolvimento e interação do cliente também fazem parte, assim como micro redes e dispositivos elétricos de alto consumo, incluindo plug-in de veículos híbridos elétricos (COLLIER, 2010).

Utilizando como base um documento da IEA de 2011, os principais motivos para a utilização das redes inteligentes. São:

- 2.2.1** Auto recuperação da rede em caso de falha;
- 2.2.2** Participação proativa dos consumidores;
- 2.2.3** Tolerância a ataques externos;
- 2.2.4** Foco na qualidade de energia;
- 2.2.5** Capacidade para acomodar uma grande variedade de fontes de energia;
- 2.2.6** Menor impacto ambiental;
- 2.2.7** Atuação remota, visando resposta em demanda;
- 2.2.8** Viabilizar e beneficiar a competição no mercado de energia.

Os países com maior desenvolvimento foram os primeiros a começar as mudanças de suas redes elétricas convencionais para as redes inteligentes, assumindo o papel de líderes e de propagadores das tecnologias e experiências para os países em desenvolvimento. No mundo houve diversos motivos para justificar os investimentos em Redes Elétricas Inteligentes. A seguir na figura 4, segue uma ilustração retirada de um estudo do BNDES, que demonstra os principais motivos das nações desenvolvidas investirem na implementação das redes elétricas inteligentes.

**Figura 4 –** Motivadores de países desenvolvidos para da implementação de REIs

#### Motivadores para a implantação de redes elétricas

EUA	Europa	Japão	China
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agenda tecnológica para recuperação econômica</li> <li>• Infraestrutura obsoleta</li> <li>• Geração distribuída de energia</li> <li>• Confiabilidade, segurança e eficiência do sistema</li> <li>• Uso de veículos elétricos e híbridos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integração de diversas fontes de energia renováveis</li> <li>• Infraestrutura envelhecida</li> <li>• Uso de veículos elétricos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diversificação energética (acidentes nucleares)</li> <li>• Uso de veículos elétricos</li> <li>• Implantação de cidades inteligentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantação de cidades inteligentes e protagonismo mundial em IoT</li> <li>• Eficiência energética</li> <li>• Diversificação energética (renováveis)</li> </ul>

**Fonte:** BNDES ( Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e social )

### 2.2.1 Medidor inteligente de energia – *smart meter*

Um dos avanços na tecnologia dos últimos tempos foi o desenvolvimento dos *smart meters*, ou medidores inteligentes, que, ao invés de apenas apresentarem leituras do consumo acumulado da energia, também podem apresentar os dados de consumo em tempo real e com precisão, além de diferentes períodos e diferentes bandeiras tarifárias. Os consumidores poderão se beneficiar decidindo o quanto de energia irão consumir e fazendo uma escolha ótima desse consumo (ZHOU et al., 2010).

Dentre os principais benefícios dos medidores inteligentes estão: a disponibilidade de informações sobre o consumo de energia, a fim de atingir incentivos financeiros ou aprimorar a sustentabilidade e a economia de energia, e a possibilidade de avaliar e controlar os medidores remotamente, permitindo que as concessionárias de energia reduzam custos operacionais e o erro humano durante o processo de leitura dos medidores (AVANCINI, 2019).

O surgimento dos *smart meters* tornou possível que os consumidores tenham o poder de decisão para racionalizar o uso de energia, provocando a mudança na curva de carga, sem que isso comprometa seu nível de conforto ou que seja preciso deixar de lado as suas preferências de consumo. A implementação dessas ações de Gestão pelo Lado da Demanda traz benefícios como a redução da conta de energia elétrica, redução da carga na rede durante os períodos de pico e o uso racional da energia (SANTO et al., 2018).

O sistema elétrico de potência está sujeito a vulnerabilidades de agentes externos e à demanda do próprio sistema que, combinados, podem levar à falha em cascata. A falha em cascata é um processo sequencial de desconexão de elementos do sistema de potência, como geradores, linhas de transmissão e cargas, levando a um blackout parcial ou até mesmo total. Essas falhas impactam significativamente nos cidadãos, negócios, economia e agências governamentais (VYAKARANAM et al., 2017).

Iniciativas de eficiência energética que visam a redução do consumo, podem também adiar a construção de novas unidades de geração. Dessa forma, além de uma redução da necessidade de investimentos, é possível obter uma redução na

emissão dos gases do efeito estufa que seriam emitidos por essas usinas, supondo a expansão ocorra por meio de usinas baseadas em insumos não renováveis. Para combater a mudança climática, o painel Intergovernamental Para a Mudança Climática (IPCC – *Intergovernmental panel on climate change*) calcula que a emissão de gases do efeito estufa no setor energético deve ser reduzido em 90%, comparadas às emissões de 2010, entre os anos de 2040 e 2070 (WERFF; THOGERSEN; BRUIN, 2018).

**Figura 5** – Medidor *smart meter*



**Fonte:** WEG

### 2.2.2 Redes inteligentes de energia no Brasil

Existem expectativas bem elevadas com relação aos investimentos em redes elétricas inteligentes no Brasil. Se espera que, pelo maior monitoramento e análise de informações, perdas associadas a furtos 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.

Em inúmeras áreas do país existem projetos-piloto de smart grid apoiados por 36 concessionárias de distribuição energética. Esses projetos estão espalhados nas regiões sul, sudeste, norte e nordeste. O projeto com maior número de consumidores, tendo no planejamento atual 400 mil deles, é o projeto-piloto realizado pela LIGHT na área metropolitana do Rio de Janeiro. Esse projeto contempla essencialmente a parte

de medição, feito com a implantação de AMI (infraestrutura avançada de medição de energia) e representa ainda os primeiros passos rumo a uma rede inteligente.

O segundo projeto em número de consumidores atingidos pela rede é a realizada pela Eletropaulo, com 84 mil consumidores, envolvendo os municípios de Barueri, Vargem Grande e Caucaia do Norte e não estão preparados para o armazenamento de energia, assim como o anterior. Na Figura 6 podemos ver algumas cidades com projetos de *smart grids*, são elas:

**Figura 6** – Algumas das cidades com projetos de *smart grid*



**Fonte:** Portal Esafaz – Escola Fazendária

No caso do Brasil, as principais normas que guiam a GD são a resolução normativa (REN) número 482 de 2012 e o módulo 3 dos procedimentos de distribuição (PRODIST), ambos de autoria da agência nacional de energia elétrica (ANEEL). Além dessas, há normas técnicas disponibilizadas pelas concessionárias de distribuição de energia, que cumprindo os requisitos estabelecidos pela resolução normativa 482/2012, definem critérios e procedimentos técnicos adotados para a conexão de GD em sua área de abrangência.

A associação brasileira de normas técnicas – ABNT, publicou em 2013 a norma ABNT NBR 16149:2013 (sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição). A norma estabelece recomendações e requisitos para a interface de conexão entre os sistemas fotovoltaicos e a rede de distribuição de energia elétrica (ABNT, 2013).

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Geração de energia distribuída (GD)**

Os documentos procedimentos de distribuição – PRODIST , elaborados pela ANEEL, definem Geração Distribuída como: “centrais geradoras de energia elétrica, de qualquer potência, com instalações conectadas diretamente no sistema elétrico de distribuição ou através de instalações de consumidores, podendo operar em paralelo ou isoladas e despachadas – ou não – pelo ONS”. (ANEEL, 2012). A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) classifica a geração distribuída utilizando sistemas fotovoltaicos em três categorias:

- Microgeração: potência instalada até 100kW;
- Minigeração: potência instalada entre 100kW e 1MW;
- Usina de eletricidade: potência acima de 1MW.

##### **3.1.1 Benefícios provenientes da geração distribuída**

A GD pode suplementar as necessidades diárias de quem tem suas atividades principais no período de sol (INTELIGENTE, 2012). Além disso, no caso do Brasil em algumas cidades, em períodos de grande incidência solar, tem-se a possibilidade de aproveitar a GD no momento de maior demanda de energia pelo aparelho de ar-condicionado.

O painel tem produção máxima justamente nesse momento (JUNGES, 2012). Para os casos em que a demanda máxima ocorre no horário de ponta (tipicamente entre 18 e 21 horas), uma alternativa é fazer uso de coletores solares térmicos. Dessa forma, o uso de chuveiros elétricos será reduzido nesse horário. Portanto, a rede de distribuição será menos solicitada, já que o chuveiro elétrico é um dos maiores responsáveis pelo consumo de energia elétrica (JUNGES, 2012).

As perdas de energia elétrica no processo de distribuição e transmissão são pagas pelo consumidor final. É um encargo que se paga por estar distante das fontes geradoras. Portanto, pode-se afirmar que o investimento em GDFV (geração distribuída solar fotovoltaica) reduzirá os índices de perdas das redes de distribuição,

pois a geração se dá dentro do terreno do consumidor na baixa tensão, e assim, evitam-se custos e perdas (JUNGES, 2012).

### **3.2 Potencial brasileiro para geração de energia fotovoltaica**

É estimado que a energia solar incidente sobre a superfície terrestre seja da ordem de 10 mil vezes o consumo energético mundial. A radiação solar no território brasileiro está disponível na maior parte do país com 1800 a 2200 kWh/m<sup>2</sup> por ano.

Na Alemanha, que é de longe o líder mundial em energia solar, tem radiação solar disponível entre 1000 e 1220 kWh/m<sup>2</sup> por ano. Isso significa que o Brasil tem grande potencial para geração de energia a partir do sol. Outra possibilidade que se abre para o Brasil é a fabricação de Semicondutores Orgânicos. O país conta com mais de 600 mestres e doutores na área de polímeros e materiais orgânicos eletrônicos. Caso ocorra articulação entre a academia e empresas na área de dispositivos de semicondutores orgânicos, o Brasil possivelmente terá a oportunidade de exportar esta tecnologia de vanguarda para o mundo (CGEE, 2011).

Dois dispositivos que se destacam no uso de semicondutores orgânicos são: os LEDs orgânicos (OLEDs), desenvolvidos a partir de polímeros, e células fotovoltaicas orgânicas. Segundo o físico húngaro Janes Veres, consultor da tecnologia de semicondutores orgânicos, o Brasil por ser um país solar tem uma boa oportunidade, e diante do fato das demais fontes de energia estarem se esgotando, células fotovoltaicas orgânicas serão uma das soluções (CGEE, 2011).

Se a penetração de geração distribuída fotovoltaica for elevada, grande também será a utilização de conversores e a eletrônica de potência passa a ter um papel considerável nas redes de distribuição. Portanto, algumas funções adicionais podem ser implementadas, como por exemplo, a melhoria na qualidade da potência ativa. A utilização conjunta com um sistema armazenador de energia, um capacitor por exemplo, permite ainda o acréscimo de mais funções, tais como (PVUPSCALE, 2007a; SHAYANI 2010):

- Redução do desequilíbrio de tensão;

- Regulação do fator de potência, controle de energia reativa e controle do nível de tensão;
- Redução da demanda na ponta de carga;
- Melhoria na confiabilidade da rede.

### **3.3 Energia e célula fotovoltaica**

A energia solar fotovoltaica se dá pela conversão da radiação solar em eletricidade, gerada nas placas a partir de uma diferença de potencial elétrico nas faces opostas de má junção semicondutora (camadas de materiais semicondutores que constituem uma placa). Esse fenômeno é chamado de efeito fotovoltaico, foi observado pela primeira vez por Edmund Becquerel, um físico francês, em 1839.

O fenômeno observado por Becquerel ocorreu em uma solução condutora, quando esta foi submetida a radiação solar por um intervalo de tempo. Mais tarde, nos anos de 1980, esse efeito foi pesquisado em sólidos, como o selênio e dez anos mais tarde, foi fabricada a primeira célula fotovoltaica utilizando-se selênio (GALDINO e LIMA, 2002).

Segundo Zanesco et al. (2011), em 1950 os Estados Unidos da América (EUA) deram início a pesquisas que buscavam as utilizações práticas desse sistema, objetivando conceber um sistema executável que apresentasse duração prolongada para que fornecessem energia a satélites, quatro anos após o início das pesquisas o Laboratório Bell produziu o primeiro painel em silício.

Vinte anos mais tarde, em meados de 1970, o mundo enfrentou uma grave crise energética que resultou na preocupação em pesquisar modelos mais modernos de gerar energia, fazendo com que as células fotovoltaicas deixassem de ser restritas a programas espaciais e começasse a ser consideradas como um meio de atender a demanda de energia da população (ZANESCO et al. 2011).

Painéis fotovoltaicos transformam energia solar, a mais abundante energia renovável, em energia elétrica e por esse motivo é uma das formas de energia renováveis mais promissoras. Seu sistema de produção (semicondutores) não apresenta partes móveis, não libera calor residual, de modo que não modifica o equilíbrio da biosfera e não influencia no efeito estufa por não queimar combustíveis,

os painéis requeridos para gerar a potência necessária possuem instalação prática e quando há necessidade de elevar a potência basta à instalação de novos painéis (COSTA et al. 2006).

Ainda que seja uma energia de alto custo, quando comparado a energia convencional, a expectativa é que de acordo com a evolução de pesquisas de estudos na área vem sendo desenvolvidos de forma que os custos sejam reduzidos e que em breve seu preço seja competitivo e suas aplicações se expandam consideravelmente (BOMESIEL, 2013).

Os sistemas fotovoltaicos podem ser classificados em: sistemas isolados (OFFGRID) e sistemas integrados à rede (ON GRID ou GRID-TIE), é importante considerar que sistemas que não são integrados a rede possuem baterias que armazenam a energia gerada, não sendo necessário nos sistemas integrados pois nesses casos a energia produzida excedente pode ser transmitida para a rede e ser localizada em outros locais (CHUCO, 2007).

Nos sistemas OFF-GRID, possuem toda a energia gerada guardada em baterias, o que assegura que o sistema atenda a demanda mesmo em períodos em que a incidência solar seja insuficiente, funcionando da seguinte forma: o sistema capta a luz solar a partir das placas fotovoltaicas, produz energia elétrica a partir da corrente contínua, essa energia passa por um controlador de carga responsável pela proteção das baterias contra descargas profundas e excesso de carga, toda esta energia será armazenada em um banco de baterias e só então, passa por inversor de frequência que a converte de corrente contínua para corrente alternada e só então é utilizada para consumo (RIBEIRO, 2012).

### **3.3.1 Sistemas fotovoltaicos conectados à rede**

Sistemas fotovoltaicos residenciais conectado à rede são a fonte de geração distribuída considerada neste estudo. Portanto, é importante que se entenda tais sistemas, quais dispositivos a compõe, as funções destes e a interface com a rede de distribuição. Os dispositivos de um sistema fotovoltaico conectado à rede são (IEA, 2013):

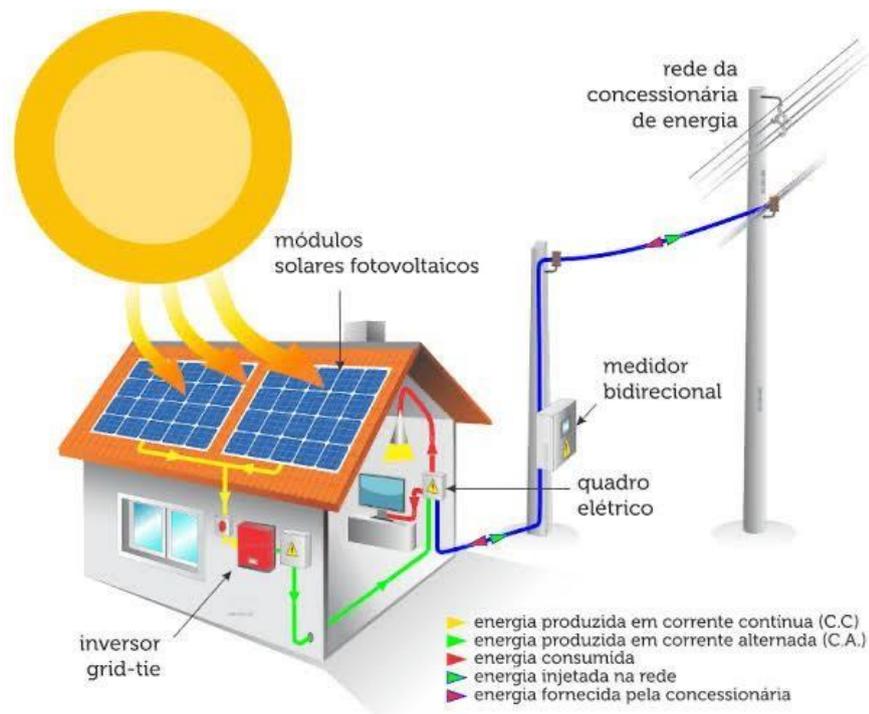
- Células Fotovoltaicas;

- Módulos Fotovoltaicos;
- Estrutura de Suporte;
- Inversores;
- Medidores.

A interligação de painéis fotovoltaicos pode ser realizada em qualquer edificação, sendo necessários apenas que apresentem orientação solar favorável, ou seja, que estejam voltadas para norte, leste ou oeste, tido como orientação ideal que as superfícies dos painéis fotovoltaicos estejam voltadas para o norte geográfico, no hemisfério sul, pois essa orientação possibilita uma maior captação da energia produzida pelo sol (PEREIRA, 2010).

O sistema fotovoltaico apresenta um grande potencial para a utilização no design das fachadas de edifícios, podendo se tornar não apenas um elemento construtivo necessário para estes, mas também para o meio ambiente. Suas utilizações em países desenvolvidos não ficam restritas apenas a edificações familiares, mas também para edifícios comerciais (ALVARENGA, 2001). A figura 7 ilustra um sistema fotovoltaico residencial conectado à rede de distribuição.

**Figura 7 -** Sistema solar fotovoltaico residencial conectado à rede de distribuição.



**Fonte:** Universal Automação Residencial

## 4 CONCLUSÃO

Por conta da quantidade de informações e controle do sistema, as REIs têm o potencial de diminuir o preço final da eletricidade, aumentando a eficiência da rede e gerenciando melhor a oferta e a demanda de energia. Diversos países já investiram dinheiro nesse sistema, mas o custo-benefício ainda não determinam sua viabilização.

No Brasil, ainda não existem conclusões dos reais custos e benefícios reais das REIs. No Brasil em particular, existem dois fatores relevantes – uma parcela significativa de pessoas usando equipamentos ineficientes, como chuveiros elétricos, e a falta de conhecimento sobre a economia de energia proporcionada por equipamentos eficientes – sugerem que benefícios significativos são possíveis 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, devesse ter cautela em relação a esses investimentos, uma vez que muitos dos benefícios são incertos e difusos.

Enquanto os franqueados se beneficiam de perdas menores e da possibilidade de adiar investimentos na expansão da rede, os consumidores estão recebendo a promessa de contas de luz mais baixas e melhores serviços de fornecimento de energia. No entanto, na ausência de uma avaliação custo-benefício adequada, a alocação proporcional dos custos aos benefícios é complicada. Por exemplo, reduções nas perdas de negócios podem ser repassadas 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.

## 5 REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

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.

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI. **Mapeamento da cadeia fornecedora de TIC e de seus produtos e serviços para redes elétricas inteligentes (REI).** Relatório Consolidado. v.1, p412, 2017.

AMIN, S. M.; WOLLENBERG, B. F. **Toward a smart grid. IEEE Power and Energy Magazine, v. 3, n. 5, p. 34-38, 2005.**

ANEEL. **Nota Técnica nº 0044/2010-SRD/ANEEL.** 2012.

**Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2018:** Ano base 2017.

AOL ENERGY. **Europe's Smart Grid Journey.** 2011.

**Cidades com projetos de smart grids.** Disponível em:  
<https://portalesafaz.sefaz.pe.gov.br/midias/tecnologia/430-energia-inteligente>

EEI, AEIC, UTC. **Smart Meters and Smart Meter Systems: A Metering Industry Perspective;** 2011.

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.

Empresa de Pesquisa Energética. 2010. **Avaliação da eficiência energética na indústria e nas residências. Ministério de Minas e Energia.** Brasília, 2010.  
 Empresa de Pesquisa Energética. 2017. **Caderno de Demanda de Eletricidade. Ministério de Minas e Energia.** Brasília, 2017.

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.

**Gartner Glossary. Gartner.** Disponível em:  
<https://www.gartner.com/en/informationtechnology/glossary/advanced-metering-infrastructure-ami>.

GELLINGS, C. W.. **The concept of demand-side management for electric utilities. Proceedings Of The Ieee,** v. 73, n. 10, p.1468-1470, 1985. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).

GELLINGS, Clark W. **Then and now. Energy Policy,** v. 24, n. 4, p.285-288, abr. 1996. Elsevier BV.

KEMA. **Smart grid development is not limited to the U.S. [s.d.].**

**Ministério de Minas e Energia.** Brasília:Ministério de Minas e Energia, 2018.

MOHASSEI, Ramyar Rashed; MOHAMMADI, Farah; FUNG, Alan S; RAAHEMIFAR, Kaamran. **A survey on Advanced Metering Infrastructure. International Journal of Electrical Power & Energy Systems.** 2014.

POTTER, C.; ARCHAMBAULT, A.; WESTRICK, K. **Building a smarter smart grid through better renewable energy information.**

**POWER SYSTEMS CONFERENCE AND EXPOSITION,** mar. 2009. p. 1-5.

**Redes elétricas inteligentes: contexto nacional.** – Brasília, DF :Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2012.

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

RIVERA, Ricardo; ESPOSITO, Alexandre Siciliano; TEIXEIRA, Ingrid. **Redes elétricas inteligentes (smart grid): oportunidade para adensamento produtivo e tecnológico local.** p43-84. Revista do BNDES, nº40, 2013.

SILVA, Marcelo Rubia da. **Modelação e análise da vida útil (metrológica) de medidores tipo indução de energia elétrica ativa.** 2010. 165 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. São Paulo, 2010.

**Smart Grid Communications.** NIST. Disponível em: <https://www.nist.gov/programs-projects/smartgrid-communications-0>.

**Smart Grid. GTA UFRJ.** 2021. Disponível em: [https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel878/redes1-2016-1/16\\_1/smartgrid/](https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel878/redes1-2016-1/16_1/smartgrid/).

TELECOMENGINE. **Mexico smart grid market to reach \$8.3 billion by 2020.** 2011.

UNITED STATES. **Department of Energy. Energy secretary chu announces five million smart meters installed nationwide as part of grid modernization effort.** 2011.

VIEIRA, Daniel; SHAYANI, Rafael Amaral; OLIVEIRA, Marcos Aurelio Gonçalves. Net Metering in Brazil: regulation, opportunities and challenges. IEEE Latin America Transactions, v. 14, nº 8, p3687- 3694, 2016.

**Wiki da biblioteca UPM.** Disponível em: <https://iotdk.intel.com/docs/master/upm/modules.html>.

**Wiki da biblioteca MRAA.** Disponível em: <https://iotdk.intel.com/docs/master/mraa/python/index.html>.