

Por Marco Delgado*

Capítulo III

Cenários de geração distribuída

PRÓLOGO

Retomamos nesta nova edição da Revista O Setor Elétrico o fascículo, dando enfoque para os impactos da inserção dos Recursos Energéticos Distribuídos (RED), presentes no capítulo 2 do livro “Recursos Energéticos Distribuídos e Suas Potencialidade”, da editora Synergia.

Como quase tudo nessa vida, há prós e contras. Avaliar, quantificar, sopesar é o que define um processo maduro de tomada de decisões. O fundamental é ter um diagnóstico consistente, fundamentado, sem proselitismo, para orientar as boas decisões.

Renovo meus votos de boa leitura e que esses elementos estimulem a inovação nos modelos de negócios, sem a necessidade de subsídios e que a geração de riqueza traga, de fato, benefícios para toda a sociedade.

A introdução de REDs nos sistemas de energia elétrica produz impactos técnicos e econômicos que precisam ser considerados nos processos de operação e planejamento desses sistemas. Os impactos maiores são no segmento de distribuição, tendo em vista que a maioria dos REDs, em especial, a Geração Distribuída (GD), estarão conectados diretamente na rede de distribuição ou nas instalações dos consumidores. O sistema interligado, incluindo a geração centralizada e a transmissão, também serão impactados pela difusão dessas novas tecnologias, principalmente em decorrência do reflexo das modificações introduzidas na distribuição. Neste capítulo, são apresentados os impactos da geração distribuída, do armazenamento distribuído, dos veículos elétricos e da resposta da demanda.

IMPACTOS DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

A introdução da GD no sistema de distribuição pode afetar significativamente o fluxo de energia e a tensão nos terminais das subestações nas concessionárias. Esses impactos podem ser positivos ou negativos, dependendo das características operacionais do sistema de distribuição e das características da GD (Rugthaicharoencheep e Auchariyamet, 2012).

Os impactos positivos, pelo menos do ponto de vista qualitativo, são chamados de “benefícios de suporte ao sistema”, estando entre eles:

- Facilidade aos investidores na atuação em nichos de mercado destinados a atender às demandas específicas dos consumidores, já que o tamanho relativamente menor da GD e seu custo associado também menor favorecem sua adoção quando comparada a grandes centrais geradoras;
- Solução factível para lidar com problemas relacionados ao suprimento de energia durante períodos de pico da demanda;
- Oferece suporte de tensão;
- Melhora a confiabilidade do fornecimento;
- Redução de custos devido às menores distâncias para transmissão da energia;
- No caso do uso de fontes renováveis, a GD torna-se favorável ao meio ambiente.

Os impactos negativos incluem:

- A tendência crescente dessas fontes de geração desfavorecem o

crescimento e maior participação da geração convencional;

- A natureza intermitente das fontes de geração renovável torna sua produção praticamente imprevisível com assertividade comparável às fontes convencionais, sendo difícil prever a sua participação com razoável antecedência, o que traz sérios desafios para os operadores dos sistemas.

O desafio central da integração de tecnologias de energia renovável variável (Variable Renewable Energy – VRE) em sistemas de energia é sua intermitência.

Variações na saída de energia a partir de VRE (esperadas ou inesperadas) aumentarão a necessidade de capacidade de geração flexível nos sistemas.

O fato de que uma mudança rápida na geração de energia renovável variável pode, às vezes, ser prevista não elimina a necessidade de recursos de rampa rápida. Isso é bem ilustrado pela conhecida “curva do pato”, inicialmente utilizada na Califórnia, Estados Unidos (Figura 1), (NREL, 2018).

O incremento da penetração solar no sistema de energia da Califórnia levou a uma curva de carga líquida que exige um aumento significativo dos geradores térmicos à noite e drásticas reduções de produção desses mesmos geradores durante o dia. Na atualidade, essa curva de pato não é mais exclusiva da Califórnia, já que esta foi também identificada em outros estados dos EUA, como Arizona, Geórgia, Nevada, Carolina do Norte e Texas (Jeff, 2016).

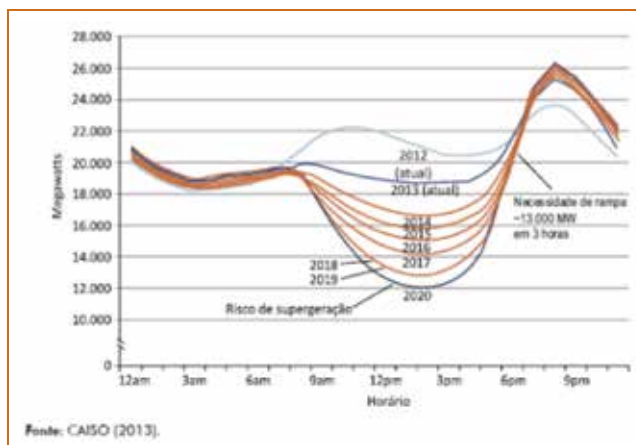


Figura 1 – Curvas de carga em redes com alta penetração de GD (curva do pato).

Outras pesquisas que analisam os impactos da GD em redes de distribuição, similares à curva do pato, são analisadas por (Boßmann e Staffell, 2015). Neste caso, estimativas semelhantes ao caso da Califórnia são apresentadas para as futuras curvas de carga líquida diária do Reino Unido e da Alemanha. Em Zehir et al. (2017), propõe-se a inserção de microrrede com gerenciamento adequado para mitigar os impactos negativos da inserção de GD no sistema de distribuição.

Do ponto de vista técnico, a conexão de GD de maior porte exige estudos especiais por parte da distribuidora, visando estabelecer a

ISO 50.001

Sistema de gestão de energia e mais valor para a sua empresa.

Mais do que um passo em direção à normalização, a ISO 50.001 é uma condição essencial para o aumento de performance do seu negócio com a otimização do consumo de energia e a eliminação de desperdícios.

O Instituto SENAI de Tecnologia em Energia do SENAI-SP é atualmente uma referência na implementação da ISO 50.001 no Brasil.

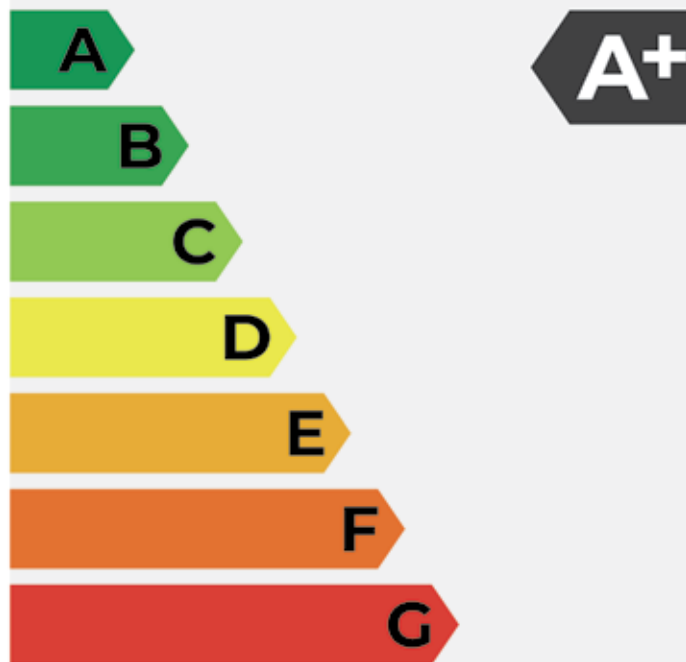
Conheça nossas assessorias para a implementação de sistemas de gestão normalizados:

- ISO 50.001
- ISO 9001/14001/45001
- ISO 55.001



Saiba mais em:
cambuci.sp.senai.br

☎ 3342-5450




adequação necessária da rede para hospedar a geração pretendida. Como resultado desses estudos, a concessionária decide pelo critério de mínimo custo global de atendimento, definido pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Dependendo da solução encontrada, o acessante deverá contribuir com parte das despesas de estudos e adequação.

IMPACTOS TÉCNICOS DA MICROGD

Em relação à MicroGD, as incertezas associadas ao nível de difusão, concentração, capacidade das instalações, tipo de equipamento de conexão e localização na rede introduzem preocupações consideráveis ao planejamento e operação das redes de distribuição. Neste caso, os impactos técnicos da MicroGD podem assumir várias formas, como relacionadas a seguir:

- Carregamento de linhas e alimentadores: Em geral, a presença de MicroGD em baixas concentrações na rede de distribuição tende a reduzir o carregamento da rede por reduzir parte da carga. Entretanto, no caso da geração fotovoltaica, pelo fato de, em geral, o pico de produção diária não coincidir com a demanda máxima dos consumidores, pode acontecer o chamado fluxo reverso, o qual poderá assumir valores até maiores que o fluxo direto. Já para o caso da MiniGD, pelas características das localidades onde normalmente é instalada, mesmo em baixas concentrações, esta fonte provoca elevação do carregamento das linhas e alimentadores da rede de distribuição.
- Controle de tensão: A injeção de potência ativa em pontos da rede elétrica produz elevação da tensão nesse ponto e em sua vizinhança. Este fenômeno interfere na lógica de funcionamento dos sistemas convencionais de controle de tensão utilizado nas redes de distribuição. Cuidados especiais devem ser tomados para evitar sobretensões acima dos limites permitidos.
- Perdas ativas: Com a mesma justificativa apresentada acima no caso de carregamento, as perdas ativas na rede de distribuição tendem a decrescer em baixas concentrações de MicroGD; entretanto, em casos de elevados níveis de concentração, essa tendência é revertida, motivando a elevação das perdas ativas totais da rede.
- Proteção: As variações no sentido do fluxo de potência na rede e flutuações nos níveis de tensão causadas pela MicroGD, em particular do tipo fotovoltaica, afetam a calibração dos dispositivos de proteção. Em muitos casos, é praticamente impossível encontrar um conjunto de ajustes da proteção que satisfaça todas as condições de operação que podem ocorrer no ciclo diário. Desta forma, é necessário algum tipo de esquema adaptativo da proteção que se modifica para diferentes situações.
- Desgaste de equipamentos: Os dispositivos de controle de tensão, tais como: transformadores com variação automática de taps e reguladores de tensão, tendem a ser acionados mais frequentemente com a presença de MicroGD. Dessa forma, sua vida útil pode ser reduzida. O mesmo acontece com frequentes reajustes em relés e outros dispositivos de proteção.

- Qualidade da energia: A MicroGD pode causar flutuação na tensão devido à interação da variação rápida da potência gerada, devido à passagem de nuvens, por exemplo, e os sistemas lentos de controle de tensão. Além disso, por serem conectadas à rede elétrica através de conversores eletrônicos, existe a questão de harmônicas introduzidas por esses dispositivos. Esses fenômenos, entretanto, somente são significativos com a concentração da MicroGD.

- Confiabilidade: A presença de MicroGD ou outro tipo de GD conectada à rede de distribuição pode melhorar a confiabilidade de fornecimento a grupos de consumidores, desde que exista um robusto sistema de armazenamento de energia capaz de mitigar todos os problemas de intermitência e baixo fator de capacidade destas fontes. Ademais, o arcabouço legal no Brasil permite este tipo de operação ilhada apenas quando atendidos os requisitos dos Procedimentos de Distribuição (PRODIST).¹² O conceito de microrredes, atualmente bastante estudado, inclusive com vários projetos experimentais em operação no exterior, pode ser uma solução para permitir a operação ilhada de parte da rede, melhorando assim o nível de confiabilidade local da mesma.

IMPACTOS DA MICROGD E MINI GD NO BRASIL

No caso do Brasil, um exaustivo estudo do impacto de MicroGD e MiniGD em três empresas de energia elétrica nacionais, utilizando dados reais das redes elétricas e projeções realistas da difusão dessas tecnologias no horizonte de 2030, foi conduzido recentemente (Taranto et al., 2017a). A seguir, são relatadas as principais conclusões obtidas nesse estudo:

- A MiniGD é responsável pelos impactos imediatos mais severos da presença de geração fotovoltaica distribuída em sistemas de distribuição, ainda que os mesmos possam ocorrer com a mesma relevância em concentrações de MicroGD;
- Alimentadores rurais estão mais suscetíveis a impactos relacionados à presença de GD, enquanto os alimentadores urbanos, em baixas concentrações de MicroGD, praticamente não são impactados, exceto em casos de MiniGD localizada no final dos alimentadores;
- Em geral, as perdas elétricas são reduzidas na presença de baixas concentrações de MicroGD. Para níveis acentuados de concentração, o quadro é revertido, com um aumento das perdas elétricas nos alimentadores;
- A utilização ou não de inversores avançados é um fator preponderante no controle de tensão nos alimentadores. Entretanto, a operação com fator de potência não unitário provoca um aumento da circulação de corrente nos cabos, contribuindo para um aumento das perdas ôhmicas associadas.

A diminuição da tensão da subestação mostrou ser um fator importante na redução de problemas de sobretensão associada à presença de MiniGD e MicroGD. Entretanto, essa redução está associada a um aumento do número de atuações dos taps dos

transformadores, reduzindo sua vida útil.

A utilização do sistema de compensação de energia (net metering) no Brasil tem sido fonte de preocupação por parte das distribuidoras devido ao subsídio cruzado introduzido por esse sistema. Com o crescimento da MicroGD e MiniGD, esse fato poderá conduzir a um desequilíbrio econômico-financeiro das distribuidoras. Na verdade, parte do subsídio cruzado implícito dado pelo net metering já é “pago” pelos demais consumidores.

A cada processo anual de reajuste tarifário, a parcela de encargos setoriais (o principal é a CDE), não paga pelos beneficiados do net metering, é arcada pelos demais consumidores. Por sua vez, nos processos de revisão tarifária (a cada quatro ou cinco anos, conforme o contrato de concessão), a perda da receita da tarifa de uso do sistema de distribuição (TUSD), que impacta os resultados das distribuidoras, é repassada aos demais consumidores. Ou seja, há uma perda de valor às distribuidoras, mas é estancada nos processos de revisão tarifária. A partir desse momento, o custo integral do subsídio existente é arcado pelos demais consumidores. Cabe salientar que os efeitos das isenções do ICMS aos beneficiados pelo net metering reduzem as disponibilidades dos Estados para suas políticas públicas e/ou seus custos ordinários, mas fogem ao escopo deste livro.

IMPACTOS DO ARMAZENAMENTO DISTRIBUÍDO

Os sistemas de armazenamento de energia utilizados nas redes de

distribuição são, principalmente, baseados na tecnologia de baterias. Tais sistemas podem incluir instalações de porte relativamente grande (MW) em subestações ou de pequeno porte (kW), próximas aos transformadores de distribuição ou nas instalações dos consumidores. Suas principais vantagens nos sistemas atuais são: a redução da demanda de ponta e a facilidade de integração da GD.

No caso de redes de distribuição com elevada penetração de GD, especialmente a geração fotovoltaica, em que os picos de geração e consumo não coincidem, o armazenamento pode ser decisivo no sentido de aplainar as curvas de consumo líquido diário, reduzindo o carregamento de transformadores e alimentadores e evitando variações bruscas de tensão. Nesse sentido, os sistemas de armazenamento são fundamentais na operação da rede e postergam investimentos em sua ampliação, necessária para atender o crescimento da demanda.

Há ainda poucos resultados relatados em relação ao impacto da utilização de armazenamento diretamente aplicado ao sistema de distribuição. De acordo com o Cigré, até 2015 havia 0,4 GW de capacidade de armazenamento com baterias instaladas em redes de distribuição (média tensão e abaixo). Existe ainda uma previsão de crescimento, em curto prazo, para mais de 0,6 GW, com 1,4 MW em construção, 167 MW contratados e 77 MW anunciados. Grande parte da capacidade de armazenamento nas redes de distribuição (média tensão e abaixo) é feita por baterias de íons de lítio (~70%). Aproximadamente 20% da capacidade total instalada nas redes de distribuição (MV e abaixo) são de instalações menores (<10 kW), 50%



EnergyCrown

CONSTRUÇÕES E MONTAGENS ELÉTRICAS

A EnergyCrown é uma empresa formada por profissionais com mais de 25 anos de experiência na área de projetos e construções elétricas, localizada na cidade de Guarulhos, especializada na área de engenharia elétrica, civil, mecânica e segurança do trabalho, operando em todo território nacional.

Nosso principal objetivo é a excelência em todo processo de execução de obras e serviços através de um padrão de alta qualidade, proporcionando capacidade para execução de projetos de alta complexidade técnica, com o objetivo de suprir as necessidades de nossos clientes com eficiência, responsabilidade, transparência, qualidade e menor custo.

Atuando nos mais diversos segmentos de Engenharia, somos uma empresa constituída por profissionais com alta capacidade e experiência nas atividades de gerenciamento e execução de obras públicas e privadas, sempre com o intuito de alcançar a plena satisfação de nossos clientes.

Nossa Central de Atendimento ao Cliente está a disposição 24 horas por dia sete dias por semana.

Nossos Serviços

- ✓ Laudos de Instalações Elétricas de Baixa e Média Tensão;
- ✓ Laudos de Sistemas Contra Descargas Atmosféricas NBR 5419:2015;
- ✓ Elaboração de Projetos de Sistema de Potência Elétrica;
- ✓ Retrofit de Disjuntores e Montagem OnBoard
- ✓ Estudos e Medições sobre Qualidade de Energia;
- ✓ Estudo de Curto Circuito e Seletividade de Proteções;
- ✓ Termografias e Análise Química e Cromatográfica;
- ✓ Execução, montagens e Comissionamento de obras e serviços técnicos;
- ✓ Manutenções em Subestações de Energia e Grupo Geradores;
- ✓ Manutenções: Preditiva, Preventiva e Corretiva de Equipamentos,
- ✓ Edificações e Sistemas Elétricos Primários e Secundários;

de instalações médias (10 kW – 2 MW) e 30% de instalações maiores (2 MW - 6 MW).

Os países nos quais essa tecnologia está mais difundida são: os Estados Unidos, a Alemanha, o Japão, a Coreia do Sul, a China, o Reino Unido, o Canadá, a Itália e a Austrália. A experiência internacional, tanto através de projetos-piloto quando de instalações de uso operacional, indica que o armazenamento de energia é um componente-chave no fornecimento de flexibilidade e no apoio à integração de energia renovável no sistema de distribuição, podendo equilibrar a geração de eletricidade centralizada e distribuída, além de contribuir para a segurança energética. O armazenamento de energia complementar a resposta da demanda, a geração flexível e fornecerá outra opção no desenvolvimento da rede. A contribuição que o armazenamento pode dar ao sistema de energia tem sido reconhecida na maioria dos países ao redor do mundo.

No Brasil, a experiência com armazenamento de energia conectado à rede de distribuição é ainda bastante limitada. Alguns projetos de P&D e projetos-piloto estão em andamento, em sua maioria, em resposta à chamada nº 21/2016 da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), com poucos resultados divulgados até o momento.

Do ponto de vista econômico, a introdução de tecnologia de armazenamento por parte dos consumidores somente ocorrerá caso exista a modificação de compensação (net metering), atualmente vigente. Dessa forma, a análise de seu impacto depende da definição da nova política, ou seja, manter a atual política de subsídios da REN nº 482 que ocasiona extraordinárias TIR (fato que denota que já são desnecessárias) gera um efeito colateral negativo ao inviabilizar inovações nos modelos de negócios.

No caso de instalação pela concessionária em subestações ou próxima aos transformadores de distribuição, o investimento somente será realizado caso represente uma postergação de investimento em outros componentes do sistema (transformadores, reguladores etc.). Portanto, a introdução de tecnologia de armazenamento, dependendo dos aprimoramentos regulatórios, poderá constituir um aspecto positivo na melhoria do desempenho técnico da rede, podendo ter efeito negativo no balanço econômico-financeiro da concessionária, caso os aprimoramentos regulatórios negligenciem as questões dos subsídios cruzados injustificados.

IMPACTOS DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS (VE)

A difusão em grande escala do uso de VE certamente implicará em um crescimento considerável da demanda de energia elétrica. O efeito desse crescimento no sistema interligado provavelmente se dará de forma homogênea, com um crescimento proporcional ao aumento da porcentagem de VE nas frotas regionais. O impacto nas redes de distribuição, entretanto, apresenta um caráter locacional forte. A difusão do uso de VE poderá apresentar grande diferença entre regiões urbanas, em função do nível socioeconômico dos clientes nas diferentes

regiões da cidade. Também deverá apresentar grande diferença no caso de alimentadores urbanos e rurais.

Obviamente, apenas os veículos híbridos elétricos plug-in (plug-in hybrid electric vehicle – PHEV) e os veículos elétricos a bateria (battery electric vehicle – BEV) produzem impactos na rede elétrica, pois os veículos híbridos elétricos (hybrid electric vehicle – HEV) recarregam suas baterias diretamente no motor a combustão interna, existente no veículo. A recarga das baterias dos PHEV e BEV podem ser feitas de forma lenta ou rápida, em função da instalação de recarga disponível.

A Tabela 1 apresenta valores médios relativos a vários tipos de instalação utilizados atualmente. Os tempos de recarga mostrados são para uma recarga total das baterias, a partir de uma carga praticamente nula. Na maioria das vezes, isso não será necessário, pois, no ciclo diário do uso do VE, geralmente não se esgota totalmente a carga da bateria, sendo necessária a reposição de apenas parte da carga. Por exemplo, no caso de um automóvel particular de porte médio, em seu ciclo diário de deslocamento casa-trabalho-casa, duas ou três horas de carga em uma conexão doméstica de CA Monofásico (3,3 kW) serão suficientes para repor a carga da bateria.

TABELA 1 – VALORES PARA VÁRIOS TIPOS DE RECARGA DE BATERIAS DE VE

Tempo total de Recarga	Conexão Elétrica	Potência (kW)	Tensão (V)	Corrente Máxima (A)
6-8 h	CA Monofásico	3,3	220	16
3-4 h	CA Trifásico	7,4	220	32
2-3 h	CA Trifásico	11,0	380	16
1-2 h	CA Trifásico	22,0	380	32
20-30 m	CA Trifásico	43,00	380	63
20-30 m	CC	50,0	400-500	100-125
10 m	CC	120,0	400-500	300-350

Fonte: IEA (2011).

As incertezas nos padrões de carga e descarga ocasionadas pela entrada de veículos elétricos na rede, conjuntamente com vários hábitos de direção, dificultam a avaliação precisa dos efeitos dos VE nas redes de distribuição locais. As cargas elétricas extras devido à recarga descoordenada de veículos elétricos têm diferentes impactos na rede de distribuição local, os quais dependem de vários fatores, destacando-se o padrão de condução, as características de recarga, o tempo de carregamento e a própria difusão

da tecnologia de VE. Em se tratando dos impactos técnicos dos veículos elétricos nas redes de distribuição, merecem destaque o carregamento dos alimentadores, o perfil de tensão, as perdas ativas e o desequilíbrio entre as fases. A perda de vida útil dos transformadores de distribuição e as distorções harmônicas também estão entre tais impactos.

Do ponto de vista econômico, a penetração de VE nas redes de distribuição causará o aumento de receita com contrapartida da necessidade de investimento para reforçar a rede e novas técnicas de faturamento, tendo em vista a mobilidade da demanda.

Em Mariotto et al. (2017), são relatados os resultados de estudo exaustivo através de simulação computacional dos impactos

econômicos de veículos elétricos na rede de distribuição de energia elétrica brasileira. As simulações – cerca de 10.000 – foram realizadas utilizando-se dados reais da rede de distribuição da CPFL Paulista. Os valores obtidos foram extrapolados para as demais distribuidoras brasileiras, considerando o número de consumidores, de veículos elétricos e parâmetros de qualidade de cada uma.

O resultado obtido considera que o investimento adicional exigido para acomodar os VE representa parcela relativamente pequena quando comparado com o investimento tradicional efetuado pelas distribuidoras. Naturalmente, essa parcela do investimento varia de distribuidora para distribuidora, dependendo dos níveis previstos de inserção de VE em seu mercado.

IMPACTOS DA RESPOSTA DA DEMANDA

Recentemente, alguns artigos têm discutido os aspectos positivos e negativos da implementação de PRD. A resposta da demanda (RD) afeta os preços de mercado e provoca sua redução, aumentando a confiabilidade do sistema, melhorando sua flexibilidade e suavizando os preços da eletricidade. Para empregar os PRD, tanto os clientes quanto os operadores de tais programas enfrentam diversos custos. Redução no pico de carga e elasticidade da demanda são itens para medir os lucros práticos dos PRD. Embora as pesquisas mais recentes tenham ilustrado a possibilidade dos consideráveis lucros dos PRD, os estudos de avaliação de programas proporcionaram benefícios significativos desses programas práticos (Figura 2).

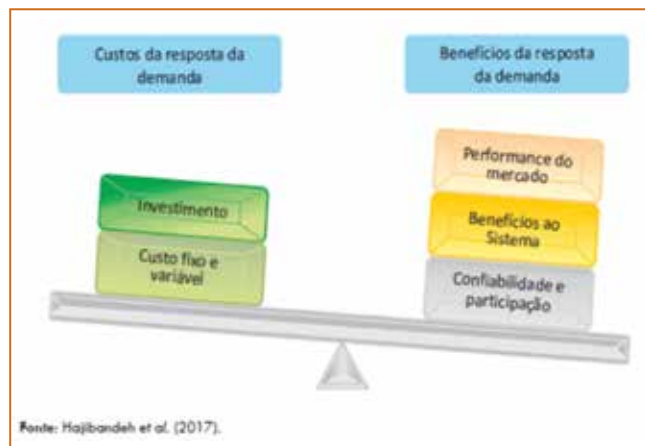


Figura 2 – Balanço de custos e benefícios na visão do operador do sistema.

Vários relatórios têm estudado as vantagens da resposta da demanda (RD) em sistemas de energia com fontes renováveis (He et al., 2013). Na Figura 3, os benefícios da RD estão agrupados em quatro categorias principais: performance do mercado, confiabilidade, amplitude do mercado e participantes. Os benefícios dos PRD não são apenas para aqueles que se envolvem nos programas, já que alguns valem para todo o mercado.

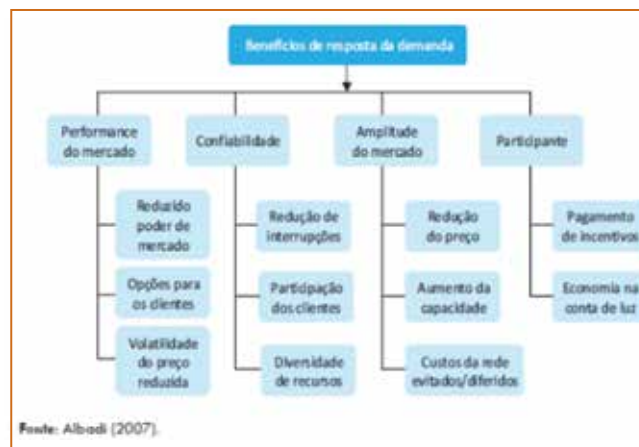


Figura 3 – Benefícios da resposta da demanda.

Um dos benefícios da RD que afeta todo o mercado é a confiabilidade. Por meio de um programa de RD com precisão, os participantes podem ajudar a diminuir o risco de interrupções, reduzindo, conseqüentemente, os riscos de enfrentar interrupções forçadas e/ou interrupções de eletricidade.

Vale destacar ainda que, através da resposta da demanda, haverá mais oportunidades para que os participantes dos programas de RD tenham alternativas no mercado de energia elétrica, mesmo que a concorrência no varejo não seja acessível. Os participantes podem reduzir seu consumo e afetar o mercado, especialmente com o Programa Baseado em Incentivos (PBI) e o Programa Baseado em Preços (PBP). Um dos aprimoramentos de desempenho de mercado é reduzir o preço que muda com frequência no mercado à vista.

Os PRD exercem um poderoso efeito na redução dos preços de mercado, podendo expandir a capacidade no curto prazo por meio de PBI, o que, em seqüência, leva a uma redução dos custos de capacidade. Além disso, os programas de resposta da demanda, particularmente para os consumidores mais exigentes, ajudam a diminuir os custos operacionais do sistema e, como resultado desta ação, reduzem os preços de mercado.

Como os produtores em grande escala podem ter controle sobre o mercado, a implementação dos PRD ou a participação nesses programas reduzem tal controle. O papel dos geradores de energia como formadores de preços é mitigado pela RD e, por conseguinte, os índices do mercado de energia são significativamente reduzidos (Naeem et al., 2015).

Da mesma forma, em discussões sobre benefícios ambientais, programas de RD e recursos de energia renovável têm sido peças-chave para tratar dessas preocupações, pois incluem aplicações úteis como resultados de novas infraestruturas elétricas, incluindo unidades de geração e linhas de transmissão de energia, desenvolvimento qualitativo do ambiente por meio da aplicação ótima e efetiva de recursos, que podem prevenir o esgotamento dos recursos naturais.

**Marco Delgado é engenheiro eletricista com Doutorado em Planejamento Energético pela Coppe / UFRJ. Atualmente, é diretor da Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (Abradee).*