

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

JÚLIA CRISTOFOLI

**PLATAFORMA DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO: UMA REVISÃO
DO ESTADO DA ARTE E IDENTIFICAÇÃO DE MODELOS DE
NEGÓCIO**

Araranguá, SC

2019

JULIA CRISTOFOLI

**PLATAFORMA DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO: UMA REVISÃO
DO ESTADO DA ARTE E IDENTIFICAÇÃO DE MODELOS DE
NEGÓCIO**


Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado à Universidade Federal de
Santa Catarina, como parte das
exigências para a obtenção do título de
Engenheiro(a) de Energia.

Araranguá, 03 de dezembro de 2019.


BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Leonardo Elzeire Bremermann (Orientador)
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Douglas de Matos Magnus
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Dr. Giuliano Arns Rampinelli
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, por todo suporte e apoio durante toda a graduação, especialmente à minha mãe Neilene, meu pai Vilmar e meu irmão Felipe. Ao meu namorado, Leonardo, por toda compreensão e incentivo.

Agradeço à UFSC pela oportunidade de crescer e evoluir, não apenas profissionalmente, mas também como pessoa. A todo aprendizado, conhecimento, aos amigos que fiz e as experiências que compartilhamos juntos.

Ao meu orientador Leonardo por todo apoio durante este trabalho. À professora Letícia pela atenção e pela contribuição a este trabalho.

RESUMO

O desenvolvimento e adesão de inovações tecnológicas abrirão espaço para recursos cada vez mais inteligentes. A era da digitalização trouxe uma dinamização no fluxo de informações, bem como experiências cada vez melhores e mais dinâmicas ao consumidor. A busca por novas funções, atributos e novos níveis de facilidade de uso vem tornando o uso de plataformas digitais cada vez mais frequentes. O setor elétrico, quando combinado à uma plataforma digital, evolui para uma Plataforma de Sistema de Distribuição (DSP). Este trabalho tem por objetivo estudar e apresentar a arquitetura, evolução e implementação das DSP's no âmbito do setor elétrico. Esta tarefa terá como fundamentação um estudo de caso realizado pelas concessionárias de distribuição de Nova York. A partir deste estudo, verificou-se que a transição dos serviços ofertados pelas concessionárias em DSP's requer o desenvolvimento de novas funções nas áreas de planejamento de sistemas de distribuição, operação da rede e desenvolvimento de mercado, bem como uma modernização das redes elétricas para suportar o aumento substancial dos Recursos Energéticos Distribuídos (DER). Ainda, cinco modelos de negócios foram identificados no âmbito da integração dos DER: o gerenciamento pelo lado da demanda (GLD), gerenciamento pelo lado da oferta (GLO), geração distribuída (GD), armazenamento de energia e veículos elétricos. Desta forma, as concessionárias de energia estão estudando a possibilidade de se desenvolverem como DSP's, cujas principais finalidades serão a integração dos DER, aprimoramento dos serviços de mercado e eficiência no compartilhamento de informações.

Palavras-chave: Plataforma de Sistemas de Distribuição (DSP). Energia elétrica. Recursos Energéticos Distribuídos (DER). Sistema de distribuição.

ABSTRACT

The development and the adherence of technological innovations will make room for increasingly intelligent resources. The digital age has brought a dynamic flow of information, as well as increasingly better and more dynamic consumer experiences. The search for new functions, attributes and new levels of ease of use has made the use of digital platforms increasingly frequent. The electrical sector, when combined with a digital platform, evolves into a Distribution System Platform (DSP). This work aims to study and present the architecture, evolution and implementation of DSPs in the electricity sector. This task will be based on a case study carried out by the New York distribution utilities. From this study, it was verified that the transition of the services offered by the utilities in DSPs requires the development of new functions in the areas of distribution system planning, network operation and market development, as well as a modernization of the electrical networks to support the substantial increase of Distributed Energy Resources (DER). In addition, five business models were identified in the context of DER integration: demand-side management (GLD), supply-side management (GLO), distributed generation (DG), energy storage and electric vehicles. Thus, Energy utilities are studying the possibility of developing themselves as DSPs, whose main purposes will be the integration of DER, improvement of market services and efficiency in information sharing.

Keywords: Distributed System Platform (DSP). Electricity. Distributed Energy Resources (DER). Distribution System.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Visão geral de um sistema de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.....	16
Figura 2 - Sistemas elétricos: presente e futuro.	17
Figura 3 - Principais objetivos da política energética de Nova York.	19
Figura 4 - Principais funções de uma DSP.....	20
Figura 5 - Ilustração de uma DSP como um mercado de energia.....	25
Figura 6 - Funcionamento de uma DSP	26
Figura 7 - Estrutura de uma DSP 1.0	27
Figura 8 - Estrutura de uma DSP 2.0	28
Figura 9 - Evolução dos sistemas de distribuição baseado na adesão dos DER	29
Figura 10 - Técnicas de modelagem de carga a partir do gerenciamento pelo lado da demanda	31
Figura 11 - Tecnologias de armazenamento de energia	33
Figura 12 - Visão geral do conceito de V2G.....	37
Figura 13 – Relação entre agregadores, EV e operadores.	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Iniciativas para integração dos DER.....	21
Quadro 2 – Iniciativas para integração dos serviços de mercado	22
Quadro 3 – Iniciativas para integrar o compartilhamento de informações	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
DER Distribuídos)	<i>Distributed Energy Resources</i> (Recursos Energéticos
DSIP	<i>Distributed System Implementation Plan</i> (Plano de Implementação de um Sistema de Distribuição)
DSP Distribuição)	<i>Distribution System Platform</i> (Plataforma de Sistemas de
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EV	<i>Electric Vehicle</i> (Veículo Elétrico)
GD	Geração Distribuída
GLD	Gerenciamento pelo Lado da Demanda
GLO	Gerenciamento pelo Lado da Oferta
ISO Independente)	<i>Independent System Operator</i> (Operador de Sistema
NYISO	<i>New York Independent System Operator</i> (Operador de Sistema Independente de Nova York)
NWS	<i>Non-Wires Alternatives</i> (Alternativas Sem Fios)
ONS	Operador Nacional do Sistema
POC	<i>Points of Control</i> (Pontos de Controle)
REV	<i>Reforming the Energy Vision</i> (Reforma da Visão Energética)
SOC	<i>State Of Charge</i> (Estado de Carga)
SIN	Sistema Interligado Nacional
V2G	<i>Vehicle to Grid</i> (Veículo à Rede)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVOS	12
1.1.1	Objetivo geral.....	12
1.1.2	Objetivos específicos.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1	SISTEMA DE GERAÇÃO	13
2.2	SISTEMA DE TRANSMISSÃO.....	13
2.3	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	15
2.4	RECURSOS ENERGÉTICOS DISTRIBUÍDOS (DER).....	16
3	PLATAFORMAS DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO (DSP – <i>DISTRIBUTED SYSTEM PLATFORM</i>).....	18
3.1	INTEGRAÇÃO DOS DER.....	20
3.2	SERVIÇOS DE MERCADO.....	21
3.3	COMPARTILHAMENTO DE INFORMAÇÕES	22
4	ARQUITETURA E EVOLUÇÃO DE UMA DSP	23
5	IDENTIFICAÇÃO DE RECURSOS ENERGÉTICOS DISTRIBUÍDOS NO ÂMBITO DE UMA DSP	30
5.1	GERENCIAMENTO PELO LADO DA OFERTA E GERENCIAMENTO PELO LADO DA DEMANDA	30
5.2	SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO.....	32
5.3	GERAÇÃO DISTRIBUÍDA.....	34

5.4	VEÍCULOS ELÉTRICOS	35
5.4.1	Carregamento direto	35
5.4.2	Carregamento no vale	36
5.4.3	Carregamento controlado.....	36
5.4.4	Carregamento V2G	37
5.4.5	Agregadores	38
6	CONCLUSÃO	40
	REFERÊNCIAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

As exigências do mundo globalizado revelam um período de profundas transformações em inúmeras áreas do conhecimento, sendo que a maioria delas são provocadas ou proporcionadas pelos avanços tecnológicos. Estes, especialmente em face do advento da Internet, fizeram com que surgissem formas de digitalizar os serviços oferecidos pelas empresas de transportes, alimentos e hoteleira, por exemplo. A digitalização dos serviços possibilita a oferta de produtos diferenciados/personalizados para atender os clientes e aumentar a transparência na negociação, bem como permitir interação e troca entre as partes a fim de aumentar a geração de valor dos produtos e serviços ofertados.

No setor de transportes, o aplicativo UBER otimizou o serviço de transporte de passageiros, trazendo mais segurança e qualidade. Na rede hoteleira, o *AirBnB* reuniu hospedagens em uma plataforma digital, para que o cliente tenha maior liberdade de escolha. Já no setor de alimentos, o *IFood* está cada vez mais difundido devido à praticidade e diversidade de restaurantes que estão digitalizando seus serviços.

O desenvolvimento e adesão de inovações tecnológicas abrirão espaço para recursos cada vez mais inteligentes. A era da digitalização trouxe uma otimização no fluxo de informações, bem como experiências cada vez melhores e mais dinâmicas ao consumidor. A busca por novos atributos, funções e novos níveis de facilidade de uso vem tornando o uso de plataformas digitais cada vez mais frequentes.

O setor elétrico, quando combinado a uma plataforma digital, trouxe a necessidade do desenvolvimento de uma Plataforma de Sistemas de Distribuição (DSP), cujo objetivo é facilitar uma maior integração dos Recursos Energéticos Distribuídos (DER) e aperfeiçoar as capacidades e operações da rede, inovações tecnológicas e um maior envolvimento com clientes. Além disso, proporcionará um mercado de energia mais dinâmico e necessitará de uma modernização das redes elétricas (CONNECT, 2017).

O conceito de redes elétricas inteligentes apresenta uma mudança no paradigma do setor elétrico, levando em conta a necessidade de tornar o sistema de entrega de energia mais interativo por razões que diferem em cada país ou região. As necessidades de incorporar diferentes fontes de energia na rede, em especial fontes

geradoras descentralizadas, renováveis e intermitentes, e de introduzir novos tipos de carga, como veículos elétricos, além da importância de melhorar a eficiência e o próprio dimensionamento da rede, estão entre os motivos para justificar a crescente aplicação de inteligência nos sistemas elétricos no mundo (RIVERA; TEIXEIRA, 2013).

Uma DSP é definida como uma plataforma de rede inteligente que fornecerá serviços elétricos seguros, confiáveis e eficientes, integrando recursos diversos para atender às necessidades dos clientes e da sociedade (CONEDISON, 2018). Este trabalho discutirá uma visão de longo prazo, roteiros para implementação e evolução das DSP's, bem como as modernizações e tecnologias necessárias para suportar sua estrutura.

1.1 OBJETIVOS

Nesta seção, são apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos do presente trabalho.

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo analisar a arquitetura, implementação e evolução de uma DSP. Será analisado o impacto desta implantação e, então, identificados os modelos de negócio que estão se consolidando no setor elétrico, que trazem oportunidades para as concessionárias através da modernização das redes elétricas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Revisar a literatura no âmbito das Plataformas de Sistemas de Distribuição.
- Estudar a arquitetura, implementação e desenvolvimento de um estudo de caso de uma DSP.
- Identificar cinco Recursos Energéticos Distribuídos que podem compor uma DSP.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem por objetivo apresentar os conceitos e princípios de funcionamento do sistema elétrico de potência como referencial teórico para entendimento deste trabalho.

2.1 SISTEMA DE GERAÇÃO

Um sistema elétrico de potência é constituído por usinas geradoras, linhas de alta tensão de transmissão de energia e sistemas de distribuição. As usinas geradoras estão localizadas próximo dos recursos naturais energéticos, como as usinas hidrelétricas estabelecidas nos pontos favoráveis para o aproveitamento da energia potencial gravitacional dos rios, assim como locais propícios para a formação de lagos e o armazenamento de água (ZANETTA, 2006).

No Brasil, a maior parte da potência provém de usinas hidrelétricas, que corresponde a 60% da matriz elétrica brasileira. Em segundo lugar, estão as usinas termelétricas, correspondentes a 24% da matriz e, na sequência, as Centrais Geradoras Eólicas, correspondentes a 9% da matriz (ANEEL, 2019). O planejamento da expansão do setor elétrico, produzido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) prevê a diversificação da matriz da energia elétrica, historicamente concentrada na geração por meio de fonte hidráulica, visto que um dos principais objetivos desta decisão é reduzir a relação de dependência existente entre volume produzido e condições hidrológicas (ANEEL, 2008).

O Brasil, conta, hoje, com 8774 empreendimentos em operação, totalizando 167.686.622 kW de potência instalada. Do total de usinas, 217 são usinas hidrelétricas, 3022 usinas termelétricas, 624 Centrais Geradoras Eólicas, 425 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), 3764 Centrais Geradoras Solar Fotovoltaicas, 2 usinas termonucleares e 719 Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGHs).

2.2 SISTEMA DE TRANSMISSÃO

Em janeiro de 2019, o Sistema Elétrico Brasileiro atingiu 146.554 km de linhas de transmissão. As concessionárias são responsáveis pela implantação e operação

da rede que liga as usinas (fontes de geração) às instalações das companhias distribuidoras localizadas junto aos centros consumidores. A grande extensão da rede de transmissão no Brasil é explicada pela configuração do segmento de geração, constituído, na maior parte, de usinas hidrelétricas instaladas em localidades distantes dos centros consumidores. A principal característica desse segmento é a sua divisão em dois grandes blocos: o Sistema Interligado Nacional (SIN) e os Sistemas Isolados (ANEEL, 2008).

No SIN, cujos componentes são empresas responsáveis pela produção e transmissão de energia, ocorrem as negociações de compra e venda de energia. Abrangendo a maior parte do território brasileiro, o SIN é constituído pelas conexões realizadas ao longo do tempo, de instalações inicialmente restritas ao atendimento exclusivo das regiões de origem: Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte. Além disso, há diversos sistemas de menor porte, não-conectados ao SIN e, por isso, chamados de Sistemas Isolados, que se concentram principalmente na região Amazônica, no Norte do país. Isto ocorre porque as características geográficas da região, dificultaram a construção de linhas de transmissão de grande extensão que permitam a conexão ao SIN (ANEEL, 2008).

O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) é responsável pela coordenação e controle da operação do SIN, realizada pelas companhias geradoras e transmissoras, sob a fiscalização e regulação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Entre os benefícios desta integração e operação coordenada está a possibilidade de troca de energia elétrica entre regiões. Isto é particularmente importante em um país como o Brasil, caracterizado pela predominância de usinas hidrelétricas localizadas em regiões com regimes hidrológicos diferentes (ANEEL, 2008).

A energia, ao chegar aos grandes centros de consumo, como as cidades e parques industriais, percorre regiões densamente habitadas, com circulação permanente de pessoas, cuja segurança exige a redução do nível de tensão a patamares inferiores, novamente sendo muito comum a tensão de 13,8 kV. Dessa tarefa se encarregam as empresas distribuidoras, que fornecem energia elétrica aos consumidores, geralmente classificados em grupos, como residenciais, comerciais e industriais (ZANETTA, 2006).

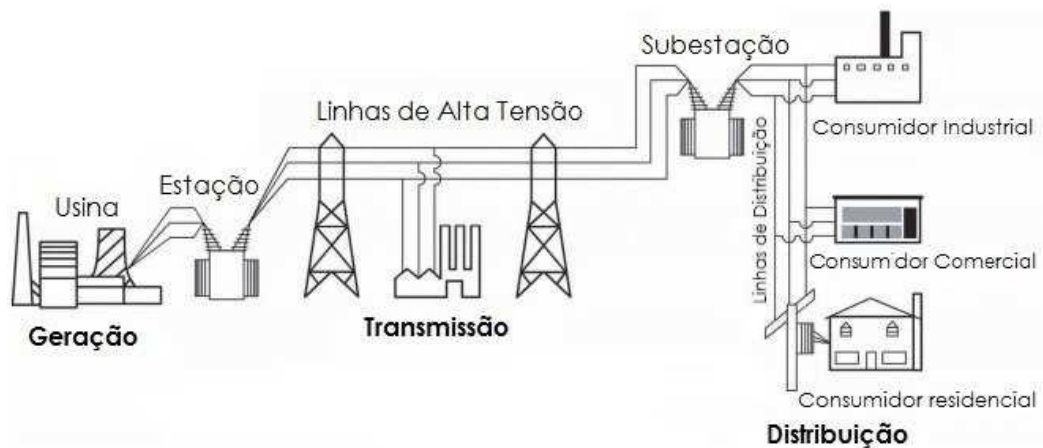
2.3 SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

Sistemas de distribuição são responsáveis pela entrega de energia elétrica da subestação de distribuição ao equipamento de serviço localizado em instalações residenciais, comerciais e industriais (BLUME, 2007). As distribuidoras são empresas de grande porte que funcionam como elo entre o setor de energia elétrica e a sociedade, visto que suas instalações recebem das companhias de transmissão todo o suprimento destinado ao abastecimento no país (ANEEL, 2008).

Os sistemas de distribuição de energia elétrica no Brasil incluem todas as redes e linhas de distribuição de energia elétrica em tensão inferior a 230 kV. As linhas de alta tensão possuem tensão entre fases cujo valor eficaz é igual ou superior a 69 kV e inferior a 230 kV, ou instalações em tensão igual ou superior a 230 kV quando especificamente definidas pela ANEEL. Em linhas de média tensão, a tensão entre fases possui valor eficaz superior a 1 kV e inferior a 69 kV. E a tensão entre fases da baixa tensão possui valor eficaz igual ou inferior a 1 kV (LEÃO, 2009).

Nas redes de transmissão, após deixar a usina, a energia elétrica trafega em tensão que varia de 88 kV (quilovolts) a 750 kV. Ao chegar às subestações das distribuidoras, a tensão é rebaixada e, por meio de um sistema composto por fios, postes e transformadores, chega à unidade final em 220 volts ou 380 volts. Exceção a essa regra são algumas unidades industriais que operam com tensões mais elevadas (de 2,3 kV a 88 kV) em suas linhas de produção e recebem energia elétrica diretamente da subestação da distribuidora (pela chamada rede de subtransmissão) (ANEEL, 2008). Na Figura 1, é apresentada uma visão geral de um sistema elétrico de potência.

Figura 1 - Visão geral de um sistema de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica



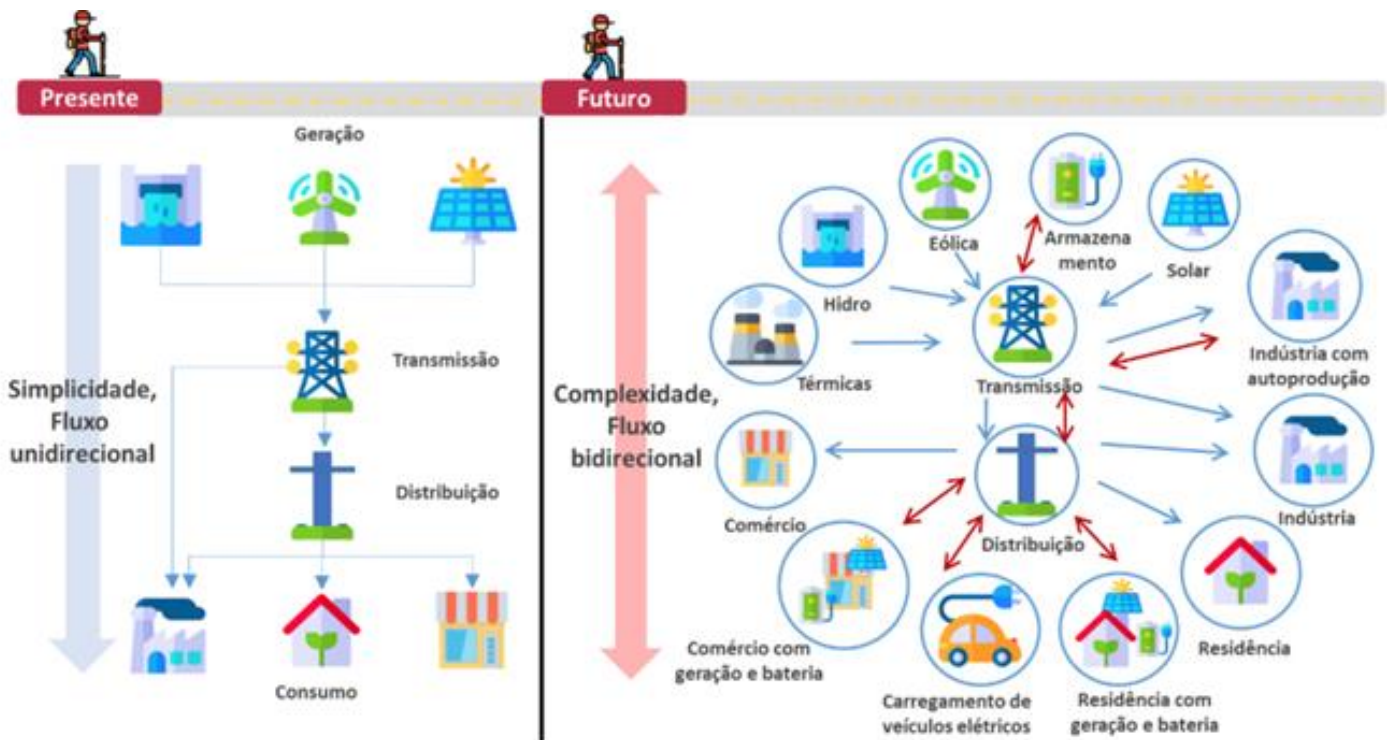
Fonte: Blume, 2007.

2.4 RECURSOS ENERGÉTICOS DISTRIBUÍDOS (DER)

Recursos Energéticos Distribuídos (DER) são definidos como tecnologias de geração e/ou armazenamento de energia elétrica, localizados dentro dos limites da área de uma determinada concessionária de distribuição. Os DER contemplam geração distribuída (GD), armazenamento de energia, veículos elétricos (VE), eficiência energética e gerenciamento pelo lado da demanda (GLD) (EPE, 2018).

Nos últimos anos, têm-se observado uma aceleração da inserção dos DER, justificada principalmente pela redução nos custos de investimentos, pela maior disseminação das tecnologias de telecomunicação e controle, e pelo papel mais ativo dos consumidores. Com isso, a difusão destas tecnologias apresenta um elevado potencial, capaz de transformar profundamente os sistemas elétricos que hoje são predominantemente operados com sistemas de maior porte e gerenciados centralizadamente. Neste contexto a transição de um modelo centralizado para um modelo distribuído deve alterar os fluxos de energia e aumentar significativamente a complexidade dos sistemas elétricos, conforme ilustra a Figura 2. Ainda assim, vale ressaltar que alguns aspectos do modelo futuro já estão acontecendo hoje, como é o caso da geração distribuída e o carregamento de veículos elétricos (EPE, 2018).

Figura 2 - Sistemas elétricos: presente e futuro.



Fonte: (EPE, 2018).

Entre os benefícios que os DER podem trazer, destaca-se a redução das emissões de gases poluentes, a maior eficiência para o sistema elétrico, já que a proximidade à carga reduz as perdas e otimiza o sistema de transmissão e distribuição, e uma maior racionalidade no consumo de energia, por meio do GLD e GLO, por exemplo, com consumidores desenvolvendo uma maneira de gerenciar sua demanda de uma forma mais eficiente (FGV, 2016).

Além disso, mecanismos inteligentes de integração e gerenciamento desses recursos estão em intenso desenvolvimento e isso deve contribuir para ampliar os potenciais ganhos de eficiência obtidos a partir da inserção de DER. Como exemplo, pode-se citar as entidades agregadoras de recursos energéticos distribuídos, responsáveis pela otimização da rede (EPE, 2018).

As transformações no setor elétrico a partir da inserção em massa de DER, irão demandar novas práticas de planejamento da expansão e operação das redes

elétricas e da geração de energia (EPE, 2018). Nessa perspectiva, as distribuidoras de energia elétrica deverão sofrer as maiores transformações estruturais, pois os DER são conectados diretamente às redes de distribuição (CASTRO; GOUVÊA; MOSZKOWICZ, 2019).

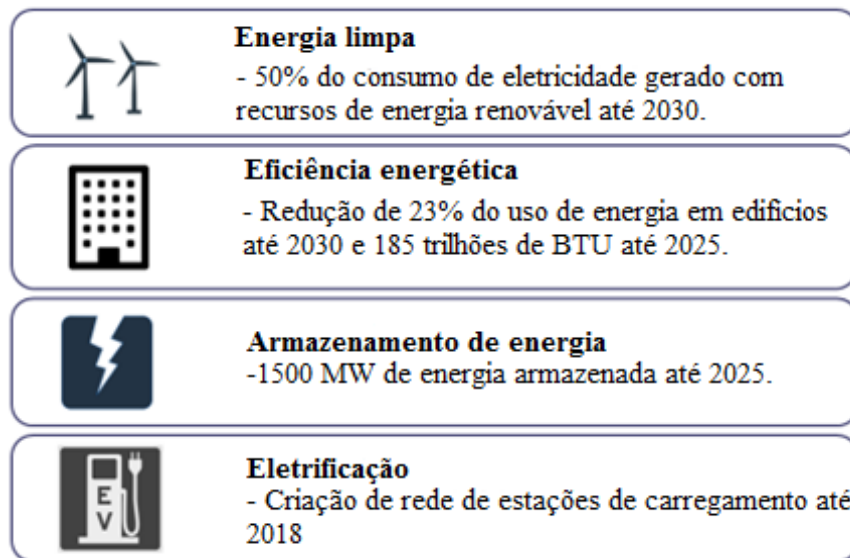
A reestruturação dos sistemas elétricos pode ser traduzida, por exemplo, pela complementariedade e deslocamento de parte da geração de energia centralizada de grande porte para geração distribuída e, pela alteração do fluxo unidirecional de energia (CASTRO; GOUVÊA; MOSZKOWICZ, 2019). Em termos prospectivos, é possível vislumbrar a continuidade da expansão de fontes renováveis distribuídas e a adoção de medidas de gerenciamento da demanda, bem como a possibilidade da difusão de sistemas de armazenamento de energia e da mobilidade urbana, através, por exemplo, de veículos elétricos e de sistemas de baterias (CASTRO; FALCÃO; MOSZKOWICZ, 2018).

3 PLATAFORMAS DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO (DSP – *DISTRIBUTED SYSTEM PLATFORM*)

As concessionárias de energia de Nova York, ConEdison, Avangrid e Nationalgrid, desenvolveram o Plano de Implementação de uma Plataforma de Distribuição (DSIP – *Distributed System Implementation Plan*), que apresenta as funções e capacidades necessárias para estas evoluírem da forma como operam atualmente para uma atuação através de DSP's (CONEDISON et al., 2016). O plano tem como finalidade alavancar as tecnologias para atender às necessidades dos clientes e contribuir para as metas de política ambiental e energética de Nova York (NYSEG, 2018), sob a iniciativa Reforma da Visão Energética (REV - *Reforming the Energy Vision*) (CONEDISON, 2018).

A Figura 3 apresenta as metas de política ambiental e energética mencionadas acima, que podem ser destacadas: obter metade da demanda atendida por DER, redução do uso de energia em edifícios, aumentar a capacidade de armazenamento de energia e criação de rede de estações de carregamento para veículos elétricos. Vale ressaltar que hoje, o Brasil já conta com 80% da matriz energética renovável, enquanto os Estados Unidos estão buscando chegar a 50% (ANEEL, 2008).

Figura 3 - Principais objetivos da política energética de Nova York.



Fonte: Adaptado de (CONEDISON, 2018).

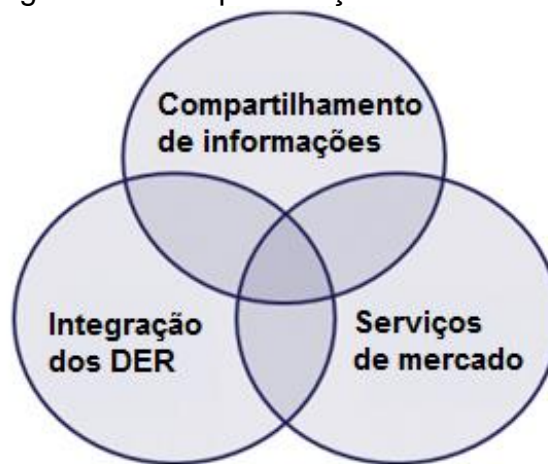
Nesta nova função, as concessionárias aprimoram seus processos e operações de planejamento para integrar efetivamente os DER e outras tecnologias de energia limpa (CONEDISON et al., 2016), fornecem aos clientes acesso on-line a seu próprio uso de energia por hora do dia, e promovem soluções na forma de programas e serviços inovadores que lhes darão maior controle sobre a utilização da energia consumida (NYSEG, 2018).

Uma DSP é definida como uma plataforma de rede inteligente que fornecerá serviços elétricos seguros, confiáveis e eficientes, integrando diversos recursos para atender às crescentes necessidades dos clientes e da sociedade (CONEDISON, 2018). Está prevista na REV, possibilitando conexões favoráveis aos DER (REVCONNECT, 2015). Na próxima década, o sistema de eletricidade de Nova York se tornará significativamente mais limpo, mais eficiente, flexível e confiável, graças ao desenvolvimento das DSPs, criando novas fontes de valor para clientes e participantes do mercado (CONEDISON, 2018).

A ConEdison fez um progresso significativo no avanço das metas ambientais, energéticas e na construção das capacidades para uma DSP. Por exemplo, foi aumentada a quantidade de capacidade solar instalada e conectada ao sistema de distribuição. Outros mercados de DER também estão em crescimento, como armazenamento de energia e gerenciamento pelo lado da demanda (CONEDISON, 2018).

Pela implementação dos estágios iniciais, foi possível ter uma visão de como as funções e os recursos do DSP evoluirão futuramente, tornando-se um objetivo da política energética de Nova York. Conseqüentemente, haverá uma expansão significativa da energia renovável, armazenamento de energia e adoção de veículos elétricos, além da construção de infraestrutura de carregamento (CONEDISON, 2018). Logo, uma DSP possibilitará a integração de recursos energéticos distribuídos (DER), compartilhamento de informações e serviços de mercado (CONEDISON, 2018). Na Figura 4 são apresentadas as principais funções de uma DSP.

Figura 4 - Principais funções de uma DSP



Fonte: Adaptado de (CONEDISON, 2018).

3.1 INTEGRAÇÃO DOS DER

DER inclui energia solar e outras tecnologias de gerações distribuídas (GD), armazenamento de energia, medidas de eficiência energética e resposta à demanda, que podem ser inseridas nas instalações dos clientes ou conectadas ao sistema de distribuição. Além disso, injeta energia na rede e altera a direção e a dinâmica do fluxo de energia, já que a rede elétrica foi originalmente construída para fornecer energia em uma direção (sistema radial) (NYSEG, 2018).

Os desenvolvedores do DER já oferecem alternativas às soluções tradicionais da rede, chamadas NWS (*Non-Wires Alternatives*). São projetos que permitem às concessionárias adiar ou evitar investimentos em infraestrutura convencional, adquirindo DER que reduzem custos ou emissões, melhorando a confiabilidade do

sistema (NYSEG, 2018). A Tabela 1 apresenta diversas iniciativas importantes da integração de DER e seus respectivos resultados.

Quadro 1 – Iniciativas para integração dos DER

AÇÕES	RESULTADOS
Aderir DER como alternativa NWS para adiar investimentos tradicionais do sistema de distribuição	Aumenta as oportunidades de mercado dos DER e otimiza o investimento de capital
Instalação de relés avançados para permitir o fluxo de energia reverso no sistema	Aumenta a flexibilidade operacional
Estrutura de veículos elétricos	Suporta a expansão do mercado de veículos elétricos e infraestrutura de carregamento
Novos modelos operacionais do armazenamento de energia	Maiores oportunidades para implementação do armazenamento de energia

Fonte: (CONEDISON, 2018).

3.2 SERVIÇOS DE MERCADO

Serão programas das concessionárias que permitirão transações com clientes, fornecendo uma plataforma, juntamente com os prossumidores e fornecedores de serviços, para que ocorram transações na DSP e entre si. Também, haverá investimentos de menor custo na capacidade de distribuição através da adesão de NWS, bem como uma maior integração dos veículos elétricos e eficiência energética. Até julho de 2018 as concessionárias implementaram várias iniciativas importantes de serviços de mercado, apresentadas na Tabela 2 (NYSEG, 2018).

Quadro 2 – Iniciativas para integração dos serviços de mercado

AÇÕES	RESULTADOS
Aumento da economia através de programas das concessionárias	Oportunidades adicionais de mercado para eficiência energética
Funções formalizadas entre a DSP, agregadores e prossumidores	Maior valor aos DER nos mercados de energia, mantendo a segurança e confiabilidade do sistema
Melhoria do processo de NWS	Maior transparência e eficiência para os desenvolvedores

Fonte: (CONEDISON, 2018).

3.3 COMPARTILHAMENTO DE INFORMAÇÕES

Os serviços de compartilhamento de informações serão sistemas de informação e comunicação que coletam, gerenciam e compartilham dados do sistema com os clientes, possibilitando um maior poder de escolha dos consumidores. Além disso, facilita o desenvolvimento e a implantação do mercado de DER, sinalizando onde este poderá oferecer maior valor aos clientes e à rede, auxiliando no desenvolvimento de novas ofertas dos DER. As concessionárias implementaram várias iniciativas importantes de compartilhamento de informações, resumidas na Tabela 3.

Quadro 3 – Iniciativas para integrar o compartilhamento de informações

AÇÕES	RESULTADOS
Aprimoramento de um mapa de capacidade de hospedagem da rede para incluir NWS	Visão mais abrangente de locais benéficos para apoiar desenvolvedores na identificação de locais favoráveis ao desenvolvimento dos DER

<p>Maior transparência na interconexão através de atualizações mais detalhadas do status de trabalho</p>	<p>Suportam o planejamento do desenvolvedor e as comunicações com clientes</p>
<p>Fornecimento de 8760 dados de previsão no portal de dados do sistema</p>	<p>Maior visibilidade para os desenvolvedores quanto à duração dos períodos de pico e fora de pico</p>
<p>Desenvolvimento de um padrão de privacidade para dados fornecidos a terceiros</p>	<p>Proteção da privacidade do cliente</p>

Fonte: (CONEDISON, 2018).

Em resumo, uma DSP será integrada, pois necessitará envolver e exercer distintas funções; centrada no cliente, para capacitá-los e fornecer-lhes um mercado de produtos e serviços para transações seguras, bem como informações necessárias para uma correta tomada de decisão; inteligente, para tornar a rede mais eficiente por meio de uma infraestrutura avançada de medição, automação de rede, medição, monitoramento e controle. Por fim, será limpa, devido ao uso eficiente de energia, geração distribuída, armazenamento de energia e veículos elétricos (NYSEG, 2018).

4 ARQUITETURA E EVOLUÇÃO DE UMA DSP

À medida que as concessionárias amadurecem como DSP, a energia e os dados fluirão pela rede em várias direções para permitir armazenamento, tecnologia de resposta à demanda e outros serviços inovadores para aumentar a eficiência e, ao mesmo tempo, reduzir custos e emissões prejudiciais. Além disso, abrirão novas fontes de valor para clientes de eletricidade e participantes do mercado, expandindo a escolha do cliente no ambiente de mercado livre (REVCONNECT, [s.d.]).

DSPs reunirão fornecedores e compradores de serviços de eletricidade e ficarão mais populosos com informações e transações. Se tornarão um mercado de energia para agregadores e fornecedores de tecnologia, abrindo novas fontes de valor

para consumidores de eletricidade, expandindo, assim, a escolha do cliente (CONEDISON, 2018).

Os mercados atacadistas de energia passam a se relacionar com os clientes e com os usuários do mercado de distribuição a partir da DSP, onde haverá troca de dados e serviços entre eles. Esses mercados existem principalmente no Sudeste, Sudoeste e Noroeste dos Estados Unidos, onde as concessionárias são responsáveis pelas operações e gerenciamento do sistema e, normalmente, por fornecer energia aos consumidores de varejo (FERC, 2019).

Nesse âmbito, surgiu o conceito de Operadores de Sistemas Independentes (ISO – *Independent System Operator*). Os ISO's operam o sistema de transmissão independentemente e promovem a concorrência pela geração de eletricidade entre os participantes do mercado atacadista. Nova York possui seu operador do sistema independente, o NYISO (*New York Independent System Operator*), que é responsável pela operação de mercados atacadistas de energia. Além disso, opera a rede de transmissão de alta tensão de Nova York e realiza planejamentos a longo prazo. Cada um dos ISO's possui mercados de energia e serviços ancilares, nos quais compradores e vendedores podem negociar entre si (FERC, 2019).

Na Figura 5, são ilustradas as negociações que ocorrem na DSP. Os participantes do mercado atacadista trocam dados e informações com a DSP, e esta, com usuários do sistema de distribuição, clientes, agregadores e fornecedores do mercado varejista, permitindo que a DSP seja um intermédio entre eles.

Figura 5 - Ilustração de uma DSP como um mercado de energia



Fonte: Adaptado de (CONEDISON, 2018).

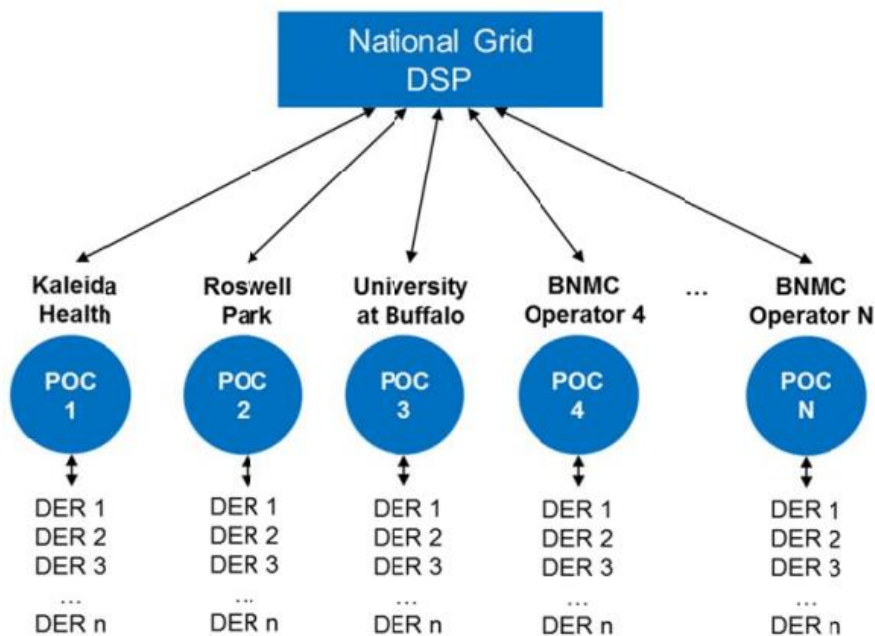
No mercado de varejo, a energia é vendida aos consumidores finais, tipicamente consumidores residenciais e comerciais com baixo consumo de energia elétrica. Já no mercado atacadista, a energia é vendida em grandes blocos pelos geradores aos comercializadores, distribuidores e grandes consumidores (BRANDÃO et al., 2017).

A longo prazo, os clientes terão a capacidade de identificar produtos e serviços que reduzam custos e emissões de gases do efeito estufa e melhorem a confiabilidade do sistema, fazendo com que tenham a capacidade de personalizá-los para melhor atender às suas necessidades. Com isso, terão condições de fazer compras entre diferentes prestadores de serviços. Já os participantes de mercado atacadista terão acesso à (CONEDISON, 2018):

- solicitações simplificadas de interconexão;
- informações detalhadas sobre o mapeamento da capacidade de receber demandas das concessionárias;
- custos de interconexão;
- serviços de distribuição, como o NWS.

Na Figura 6, é apresentado o funcionamento de uma DSP. Esta comunicará o sistema elétrico de distribuição com alimentadores locais e mandará eventos dinâmicos de sinais de preço aos POCs – *Point of Controls*, que se comunicarão aos DER. Os POCs assumirão a forma de um aplicativo de um cliente, com recursos de comunicação para controlar os DER com base nos eventos solicitados no sistema de energia elétrica, como por exemplo, geração local para atender aos picos de demanda (NATIONALGRID, 2016).

Figura 6 - Funcionamento de uma DSP



Fonte: (NATIONALGRID, 2016).

Com isso, a DSP terá a capacidade de facilitar a participação dos DER existentes em várias oportunidades do sistema de distribuição elétrica, por exemplo, no fornecimento de energia e modificação da carga de pico. Também, há a inclusão de novos DER, como geração solar fotovoltaica e armazenamento de energia em baterias (NATIONALGRID, 2016).

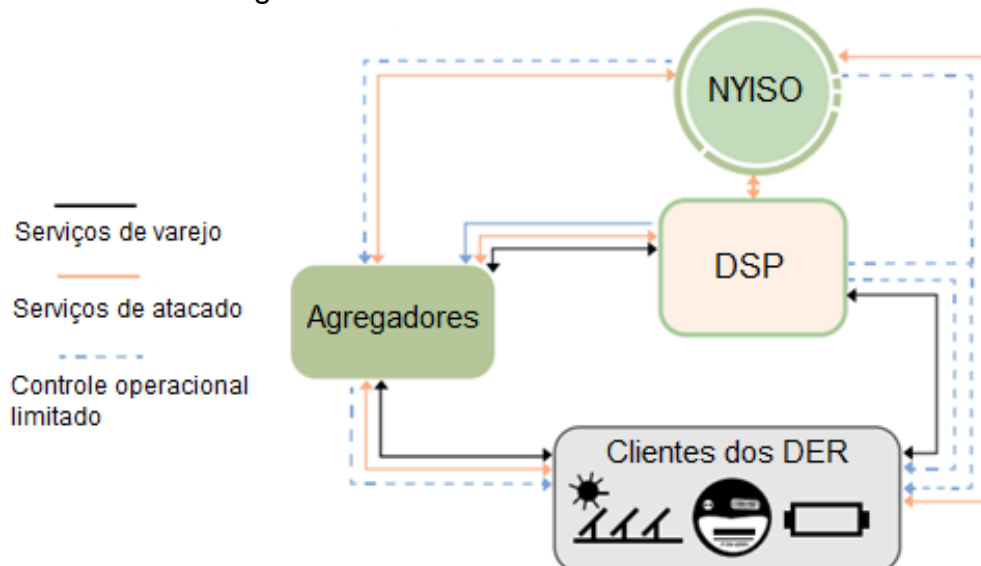
As funções e capacidades do DSP progredirão em diferentes fases. DSP 1.0 refere-se à primeira e atual fase, DSP 2.0 refere-se à segunda fase, com integração aprimorada, informações e serviços de mercado, e DSP 2.x refere-se a uma fase de longo prazo do desenvolvimento da DSP (CONEDISON, 2018).

Na DSP 1.0, as concessionárias criam os estágios iniciais da plataforma, o que possibilita (CONEDISON, 2018):

- interconexão simplificada e melhorias nas medições do sistema de distribuição;
- operações seguras na rede com níveis cada vez mais altos de DER;
- aquisição NWS.

A Figura 7 apresenta a estrutura de uma DSP 1.0. Neste estágio, o mercado atacadista de energia, NYISO, fornecerá serviços de atacado aos clientes dos DER, aos agregadores, à DSP e vice-versa. Também, a DSP, os agregadores e os clientes dos DER estabelecerão transações de serviços de varejo entre eles.

Figura 7 - Estrutura de uma DSP 1.0



Fonte: Adaptado de (NYSEG, 2018).

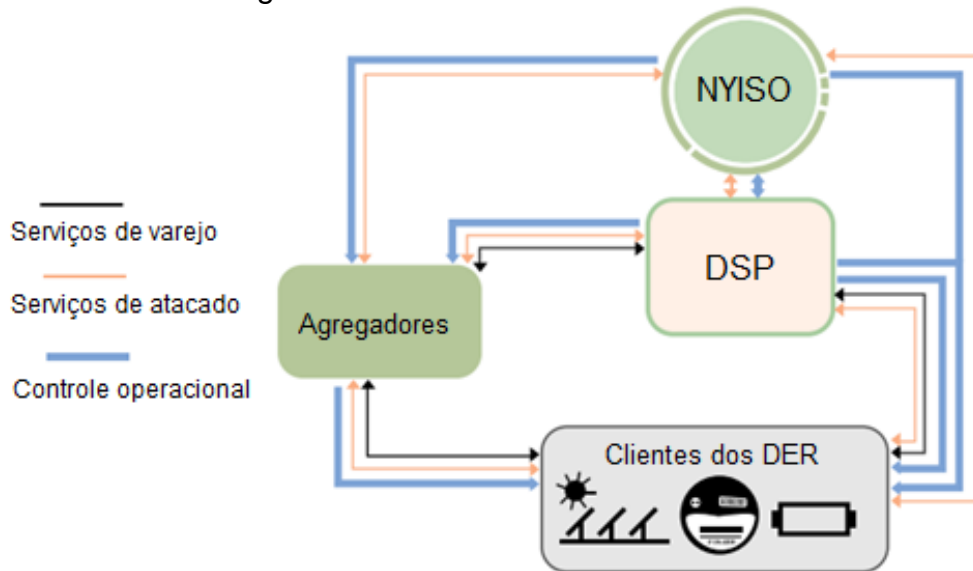
Os investimentos que facilitarão o progresso contínuo no DSP 1.0 irão se concentrar em capacidades de integração do DER, incluindo planejamento integrado, automação da distribuição e sistemas de gestão da distribuição. Também, capacidades de compartilhamento de informações permitirão software de gestão e análise de dados, bem como interfaces entre clientes e agregadores (CONEDISON, 2018).

A DSP 2.0 baseia-se nas funções e nos recursos da DSP 1.0, adicionando maior visibilidade e controle sobre os DER (CONEDISON, 2018). A Figura 8 apresenta

a estrutura de uma DSP 2.0. Neste estágio, os controles operacionais, que antes eram limitados, passarão a estar disponíveis para transações entre NYISO, DSP, agregadores e clientes dos DER.

Além disso, a DSP 2.0 adiciona a prestação de serviços atacadistas de energia, da DSP para os clientes dos DER (NYSEG, 2018). Também, fornece uma rota adicional de serviços atacadistas para os clientes dos DER fornecerem seus serviços aos mercados, ilustrado pela linha azul sólida que conecta a DSP com os clientes dos DER (CONEDISON, 2018).

Figura 8 - Estrutura de uma DSP 2.0



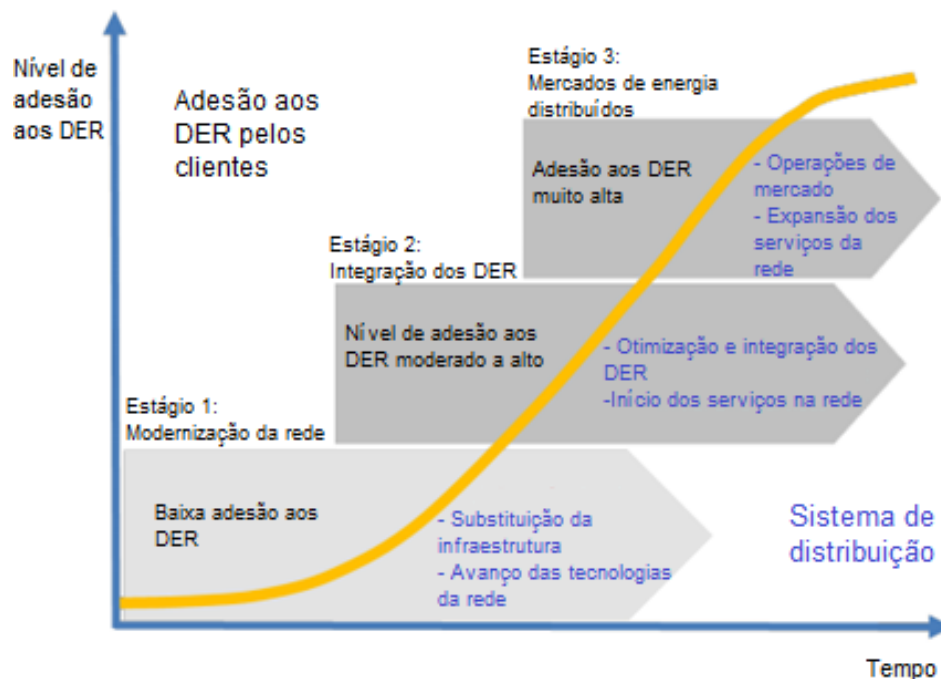
Fonte: Adaptado de (NYSEG, 2018).

Várias funções e recursos na DSP 2.0 exigirão inovações em softwares, sistemas e processos. Por exemplo, haverá maiores fluxos de informações, que exigirão novas abordagens e ferramentas para o gerenciamento e análise de dados. Com mais desenvolvimento de mercado e tecnologia, a DSP 2.0 poderia eventualmente evoluir para a DSP 2.x, onde a adesão dos DER é substancialmente maior do que é hoje (CONEDISON, 2018).

Enquanto a DSP evolui, os sistemas de distribuição evoluirão simultaneamente, exigindo investimentos em infraestrutura, processos e sistemas para integrar os DER e facilitar a otimização de valor para todos os clientes. Na Figura

9 são apresentadas as funcionalidades de uma DSP conforme o sistema de distribuição cresce pela adesão aos DER (CONEDISON et al., 2016).

Figura 9 - Evolução dos sistemas de distribuição baseado na adesão dos DER



Fonte: Adaptado de (CONEDISON et al., 2016).

O primeiro estágio é caracterizado por investimentos para melhoria da rede, substituindo a infraestrutura antiga e incorporando tecnologias avançadas que melhorarão a confiabilidade e resiliência do sistema. Enquanto esses investimentos são necessários para alcançar os objetivos da modernização da rede, muitos serão complementares à construção da DSP para permitir uma maior adesão dos DER no segundo estágio (CONEDISON et al., 2016).

O segundo estágio é determinado por uma integração dos DER. São adicionadas funções e capacidades mais sofisticadas, além do surgimento de um mercado operacional baseado em transações entre concessionárias e fornecedores de DER. Também, as concessionárias desenvolverão e fornecerão serviços para a participação dos DER nos mercados atacadistas, que será desenvolvido com ajuda do NYISO.

No terceiro estágio haverá adesões mais altas dos DER, bem como operações de mercado e expansão dos serviços da rede (CONEDISON et al., 2016).

Com isso, percebe-se que para que a adesão aos DER cresça significativamente, é necessário que o sistema de distribuição evolua simultaneamente, por meio de investimentos e melhorias na rede, bem como o desenvolvimento de novas tecnologias e serviços. Assim, será possível manter a qualidade da energia elétrica fornecida a todas as instalações dos clientes (NYSEG, 2018).

Os primeiros passos para implementação de uma DSP estão acontecendo no estágio um. Mesmo cada estágio tendo um grau de sobreposição com o estágio subsequente, destaca-se que muitas atividades poderão ocorrer em paralelo (CONEDISON et al., 2016).

Segundo o estudo, a integração e implementação dos DER serão bem-sucedidas se forem executadas três funções: planejamento integrado, interconexão e operações na rede. Na primeira função, serão estudados os tipos e onde os DER deverão estar localizados para fornecer maior eficiência dos serviços aos clientes e à rede. Já a interconexão, que garante a segurança e continuidade do fornecimento de energia, fornecerá uma conexão segura dos equipamentos dos DER à rede. E, por fim, as operações na rede monitorarão o seu impacto em tempo real, tomando medidas, se necessário, para manter a qualidade de energia (NYSEG, 2018).

5 IDENTIFICAÇÃO DE RECURSOS ENERGÉTICOS DISTRIBUÍDOS NO ÂMBITO DE UMA DSP

Visto que a finalidade principal da implementação de uma DSP é a integração dos DER, nesta seção, serão identificados cinco tipos de modelos de negócios para os DER e seus efeitos no setor elétrico. Serão apresentados o gerenciamento pelo lado da oferta, gerenciamento pelo lado da demanda, sistemas de armazenamento, geração distribuída e veículos elétricos.

5.1 GERENCIAMENTO PELO LADO DA OFERTA E GERENCIAMENTO PELO LADO DA DEMANDA

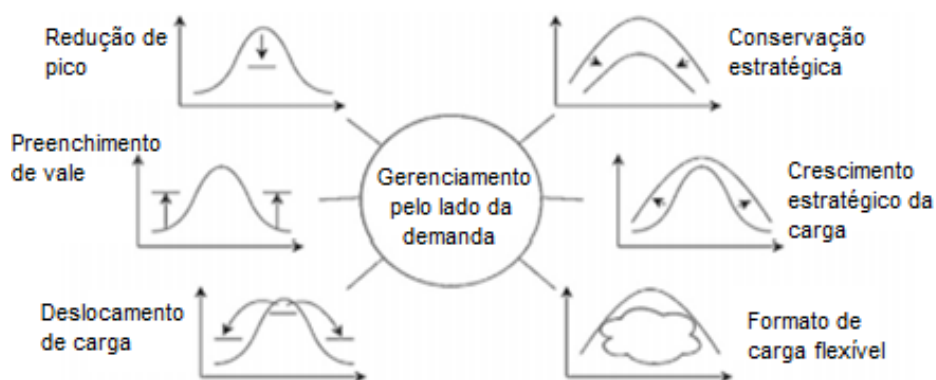
Todas as ações adotadas para adequar a potência consumida à energia gerada, propiciando condições mais adequadas para a operação, são chamadas ações de gerenciamento de carga. Os modelos mais comuns são o GLO e GLD (GARCIA, 2002).

O GLO refere-se a operações eficientes na geração, transmissão e distribuição de eletricidade (DEKA et al., 2014). Tem como característica das distribuidoras de energia elétrica, evitar a carência de eletricidade, incrementando o fornecimento por meio de ações tal como construção de novas usinas hidrelétricas ou termoelétricas, podendo haver realocação de energia de outras fontes do sistema elétrico interligado (GARCIA, 2002).

Este processo envolve a identificação da quantidade de energia que está sendo requisitada para mitigar o risco da eminente falta de oferta, determinação do processo de geração para melhor atender os pares demanda e capacidade de oferta e, adequação da malha de distribuição à quantidade e qualidade de demanda solicitada (GARCIA, 2002). Além disso, o GLO é realizado quando a demanda é maior que a oferta e quando faltam recursos energéticos, para assim, identificar as possibilidades de suprimento potencialmente disponíveis (MOHAMED; KHAN, 2017).

O GLD, de outra forma, refere-se a qualquer atividade adotada pelas empresas fornecedoras de energia elétrica para alterar o padrão de consumo de energia, buscando operar o sistema com o menor custo possível (GARCIA, 2002) e alterando o perfil de carga através da redução do pico de carga do sistema, preenchimento de vale, deslocamento de carga, conservação estratégica, crescimento estratégico de carga e perfil de carga flexível (YANG; ZHANG; TONG, 2006), apresentadas na Figura 10.

Figura 10 - Técnicas de modelagem de carga a partir do gerenciamento pelo lado da demanda



Fonte: Adaptado de (KAKRAN; CHANANA, 2018).

A redução do pico de carga do sistema refere-se à redução de cargas da concessionária durante os períodos de pico de demanda. Isso pode adiar a necessidade de capacidade de geração adicional, reduzindo o consumo total de energia (PHILIPPINES, 1994).

O gerenciamento de carga por preenchimento no vale abrange a construção de cargas fora do pico incentivando o cliente a consumir mais energia elétrica durante períodos em que há geração a custos mais baixos. Como consequência, há redução no custo de serviço e nos custos médios de combustível. (GELLINGS, 1985).

O deslocamento da carga é uma das características que visa alterar o perfil de carga movendo as horas de pico de demanda de energia para outros horários. A conservação estratégica é a mudança no formato da carga resultante de programas estipulados por concessionárias direcionados ao consumo final. A mudança reflete uma modificação no formato da carga, bem como no padrão de uso (GELLINGS, 1985).

O crescimento estratégico da carga é a mudança na forma da carga que se refere a um aumento geral nas vendas, estipulado pela concessionária. É feito um incentivo a adesão de novas tecnologias baseadas em eletricidade como forma de substituição de equipamentos baseados em combustíveis fósseis, estimulando o uso de carros elétricos (GELLINGS, 1985).

Por fim, o formato de carga flexível está relacionado à confiabilidade ou à qualidade do serviço. Em vez de influenciar a forma da carga, a concessionária tem a opção de interromper as cargas quando necessário (PHILIPPINES, 1994).

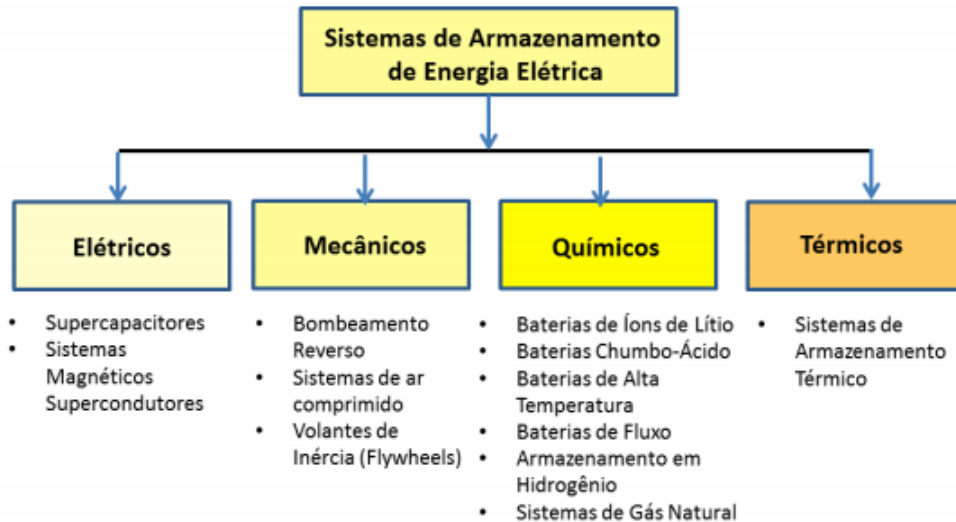
5.2 SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO

Sabendo-se que as energias renováveis, como a solar e a eólica, apresentam um grande desafio associado à sua variabilidade, parte dos entraves para sua disseminação está relacionada ao avanço das tecnologias de armazenamento junto ao consumidor. Esses sistemas permitem aproveitar os momentos de excesso de geração de energia e armazená-la, para que seja utilizada em momentos de escassez (FGV, 2016).

A produção descentralizada de eletricidade e a introdução de fontes de energia renovável aumentam a dificuldade de estabilizar a rede de energia,

principalmente devido a um desequilíbrio entre oferta e demanda. A contribuição dessas fontes renováveis, no entanto exigirá um maior desenvolvimento de métodos de armazenamento (IBRAHIM; ILINCA; PERRON, 2008). A Figura 11 apresenta as diferentes tecnologias de armazenamento de energia.

Figura 11 - Tecnologias de armazenamento de energia



Fonte: (BUENO; BRANDÃO, 2016).

O armazenamento de energia não se limita apenas ao atendimento das variações de produção de energia de longo prazo causadas por regimes hidrológicos e às intermitências de curto prazo inerentes às fontes solar e eólica, mas também a características inerentes dos sistemas elétricos tais como nivelamento da curva de carga e redução de demandas de pico. Desta forma, os sistemas de armazenamento de energia podem ter aplicações e capacidades bastante distintas, abrangendo uma ampla gama de tecnologias (T. SERRA et al., 2016).

Os principais fatores que tem impulsionado o armazenamento de energia são o aumento da demanda de pico e a necessidade de respostas rápidas e eficientes a variações da demanda, a necessidade de integrar a distribuição e as fontes de geração intermitentes ao sistema elétrico e o aumento crescente do congestionamento dos sistemas de transmissão e distribuição (T. SERRA et al., 2016). Atualmente, os sistemas de armazenamento de energia fornecem uma grande

variedade de abordagens tecnológicas para gerir o fornecimento de energia e criar uma infraestrutura energética mais resistente (COSTA E SILVA; BORTONI, 2016).

5.3 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

A ideia central da geração distribuída (GD) é localizar a geração próxima à carga, podendo ser na rede de distribuição ou no lado do cliente (ACKERMANN; ANDERSSON; SODER, 2001). O conceito de GD é dissociado em duas categorias: larga e pequena escala. A geração em larga escala inclui a energia solar e energia eólica. Já as de pequena escala incluem sistemas de conversão de biomassa, cogeração e microturbinas (MATOS; CATALÃO, 2013).

A renovação de infraestrutura urbana indica um ambiente favorável para a penetração da GD, principalmente de pequena escala. Todavia, a GD de grande escala tende a continuar importante com a expansão de parques industriais, com aumento da eficiência energética, dos custos e em necessidade ao atendimento de questões ambientais cada vez mais restritas (EPE, 2018).

A implementação da GD traz benefícios, que incluem (MUKHOPADHYAY; SINGH, 2009):

- instalação fácil e rápida devido a componentes padronizados pré-fabricados;
- redução de custo, evitando transmissões de alta tensão a longas distâncias;
- utilização de fontes renováveis de energia;
- Redução das perdas de energia da rede.

A GD pode ser classificada como uma geração de pequeno e médio porte ou de grande porte (EPE, 2018). A primeira classificação é conectada à rede de distribuição, que também pode ser dividida em microgeração, com potência instalada menor ou igual a 75 kW, e minigeração, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5 MW (ANEEL, 2016). A GD de grande porte não possui limite de potência e é a autoprodução industrial, geração que segue a lógica de investimento industrial de grandes projetos, isto é, a geração de eletricidade do consumidor para seu consumo com instalações próprias de geração de energia elétrica, localizadas junto às unidades consumidoras (EPE, 2018).

Dependendo das necessidades energéticas de um consumidor final, existe uma quantidade e variedade de tecnologias de GD que satisfaça os requisitos da rede.

Os tipos de aplicações que levam à introdução de unidades geradoras podem ser categorizados segundo a utilidade da energia no sistema, como por exemplo, o fornecimento de energia durante os picos de carga, em que o sistema é utilizado para fornecer energia durante períodos de necessidade energética, reduzindo, assim, o pico de demanda dos consumidores (MATOS; CATALÃO, 2013).

5.4 VEÍCULOS ELÉTRICOS

Diversas alternativas para os veículos convencionais estão sendo desenvolvidas para reduzir o consumo de combustível e redução dos gases de efeito estufa. As soluções mais consistentes disponíveis para a indústria automotiva são: veículos elétricos (EVs), veículos elétricos híbridos, veículos elétricos híbridos plug-in, veículos de célula a combustível e veículos a célula a combustível plug-in (TURKER; BACHA; CHATROUX, 2010). Quanto às estratégias de carregamento, quatro principais tipos são apresentadas: carregamento direto, carregamento no vale, carregamento controlado e carregamento V2G (NOUR et al., 2018).

5.4.1 Carregamento direto

Aqui os EVs começam a carregar no instante de chegada em casa. Neste caso, o carregamento geralmente ocorre em horário de pico (NOUR et al., 2019). Se todos os EVs começarem a carregar nestas horas, isto causará uma significativa sobrecarga na rede de distribuição, o que é considerado o pior caso (NOUR et al., 2018).

A imprevisibilidade de carga refere-se principalmente aos conjuntos de variáveis aleatórias que podem afetar a rede, como por exemplo: local do carregamento; horário do carregamento; nível da bateria no momento da conexão na rede e tendência de crescimento da demanda vinculada à decisão de adquirir veículos elétricos. Dependendo do horário, é possível que a conexão dos EVs prejudique a rede elétrica, com um cenário previsível de alta penetração de veículos elétricos. Um exemplo deste potencial de impacto é se uma grande parcela dos usuários decidam carregar suas baterias no mesmo horário da demanda de ponta (CASTRO; COLOMBARI, 2019).

Por isso, a carga não controlada pode limitar o nível aceitável de penetração dos EVs na rede de distribuição. Geralmente isso acontece quando a concessionária possui uma estrutura de tarifas fixas, então não há incentivos para os proprietários atrasarem o carregamento (NOUR et al., 2019).

5.4.2 Carregamento no vale

Nesta estratégia de carregamento, as empresas de energia elétrica utilizam duas estruturas tarifárias com altos preços no horário de ponta e baixos preços no horário fora de ponta para motivar os proprietários a carregar nesses horários. Com a escolha adequada da estrutura tarifária, isso pode resultar em um perfil de carga reduzido e uma diminuição da queda de tensão causada pelo carregamento (NOUR et al., 2019). Como resultado, uma parte da carga é deslocada para as horas de vale do perfil de carga onde os preços são mais baixos (NOUR et al., 2018)

Se os horários de ponta e os horários fora de ponta na estrutura tarifária não estão definidos de uma forma ideal, o impacto do carregamento pode piorar. Isso pode ocorrer se os baixos preços no horário fora de ponta motivarem um grande número de proprietários a carregar simultaneamente, o que pode resultar em maior queda de tensão e demanda de carga com a possibilidade de formação de segundo pico nas primeiras horas fora do horário de pico (NOUR et al., 2019).

5.4.3 Carregamento controlado

Muitos algoritmos foram elaborados para maximizar os benefícios dos proprietários a partir do carregamento controlado, reduzindo o custo de carregamento ou deslocando o carregamento para os horários fora de pico, o que reduz o impacto no sistema elétrico de potência. Isso é uma parte do conceito de rede inteligente (NOUR et al., 2019).

Uma tecnologia que é desenvolvida para maximizar os benefícios de seus consumidores e fornecer serviços de eletricidade econômicos e confiáveis, utilizando de forma eficiente as fontes disponíveis, é chamado de rede inteligente. Visto que dia a dia a demanda crescente está sobrecarregando as redes elétricas atuais e técnicas

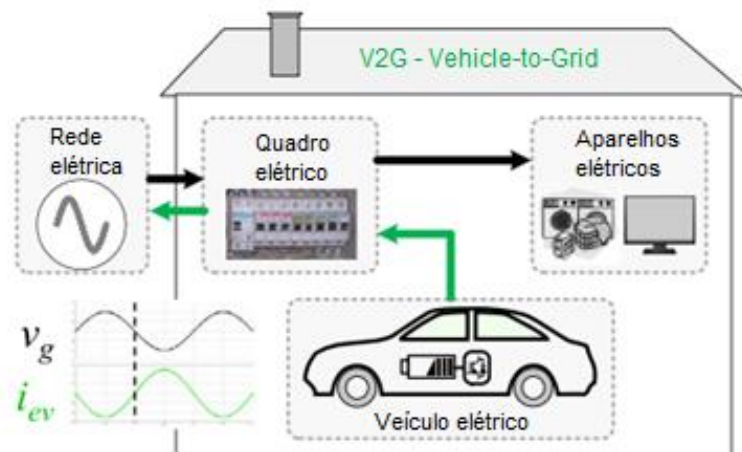
convencionais de solução estão aumentando a complexidade das redes existentes, as redes inteligentes são a melhor solução (KAKRAN; CHANANA, 2018).

Redes inteligentes aumentam o uso de fontes renováveis, o que dá solução aos problemas ambientais causados pelas centrais elétricas. Esta tecnologia garante alta eficiência energética, continuidade no fluxo de energia, segurança e estabilidade do sistema de energia. Além disso, a contribuição das redes inteligentes ajuda na eliminação de carga durante o carregamento nas horas de pico, resultando em uma rede elétrica eficiente (KAKRAN; CHANANA, 2018).

5.4.4 Carregamento V2G

V2G é uma plataforma que permite que veículos elétricos interajam e compartilhem energia elétrica com a rede. Possui a capacidade de injetar energia na rede ao descarregar ou absorver energia ao carregar sua bateria (CHUKWU; MAHAJAN, 2019). Uma visão geral do conceito de V2G é apresentada na Figura 12.

Figura 12 - Visão geral do conceito de V2G



Fonte: Adaptado de (MONTEIRO; PINTO; AFONSO, 2016).

Esta estratégia pode fornecer energia para ajudar a balancear as cargas, por exemplo, no carregamento no vale, carregando à noite quando a demanda é baixa e injetando energia de volta à rede quando a demanda é alta. Além disso, permite que as concessionárias tenham novas maneiras de fornecer serviços de regulação e atender às demandas súbitas de energia (CHUKWU; MAHAJAN, 2011).

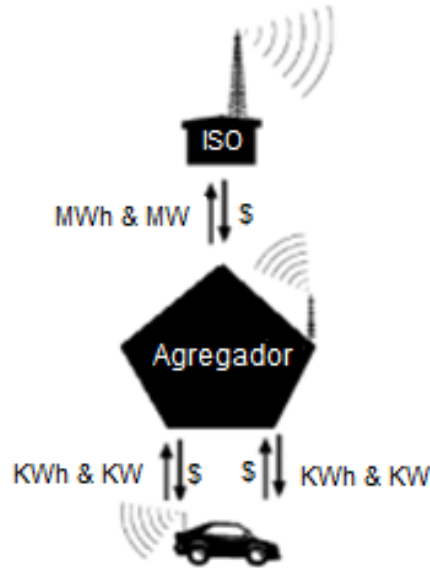
O fluxo de energia em um V2G é principalmente bidirecional, pois precisa relatar a situação da bateria e receber outros comandos. Serviços ancilares são necessários no sistema elétrico para manter a confiabilidade da rede e manter um balanço entre oferta e demanda. Um V2G pode fornecer uma alta qualidade de serviços ancilares, onde se destacam a regulação de tensão, nivelamento de carga e gerenciamento de energia de pico (YILMAZ; KREIN, 2013).

Além disso, o V2G oferece regulação de potência ativa, filtragem de harmônicos e uma grande promessa para a integração das fontes renováveis nos sistemas de geração. Entretanto, ainda há os desafios da alta degradação da bateria e necessidade de atualizações nas redes para o fluxo bidirecional (YILMAZ; KREIN, 2013).

5.4.5 Agregadores

Para que uma grande quantidade de EV participe do mercado de eletricidade, é necessária uma nova função que possa gerenciar as diferentes cargas de EV: a do agregador. Este fornecerá serviços técnicos ao Operador do Sistema de Distribuição e ao Operador do Sistema de Transmissão, atuando como um agente intermediário entre esses operadores. O agregador modula a curva de carregamento do EV, a fim de seguir o perfil de um padrão de carregamento fornecido pelos operadores (CLAIRAND; GARCIA; BEL, 2017). Na Figura 13 é ilustrada uma relação entre os agregadores, EV e operadores.

Figura 13 – Relação entre agregadores, EV e operadores.



Fonte: Adaptado de (RAHMANI-ANDEBILI, 2012).

O agregador precisa conhecer informações sobre os usuários dos EV, como localização, taxa de potência de carregamento, e estado de carga (SOC – *state of charge*). Essas informações são necessárias para ajustar a taxa de potência de carregamento dependendo das condições da rede para cada localização (CLAIRAND; PAZMI; ALVAREZ-BEL, 2018).

Quando uma solicitação de regulamento é recebida do operador da rede, o agregador deve distribuir a potência necessária para cada EV. É empregada uma estratégia que atribua uma quantidade proporcional à capacidade de potência disponível em cada veículo (HAN; SOO; SEZAKI, 2010).

Uma das funções do agregador seria controlar a sequência de carregamento, duração e taxa para cada EV. Geralmente, essas decisões são feitas baseadas em medições de desempenho, o que reflete as necessidades do sistema (HAN; SOO; SEZAKI, 2010). Aliado a isso, o agregador também precisa comprar a eletricidade necessária para os EV a um custo mínimo (HAOJING et al., 2019).

6 CONCLUSÃO

Os acelerados avanços tecnológicos e suas aplicações ao setor elétrico abrem novas possibilidades para otimização do uso das redes elétricas a partir do aproveitamento dos recursos energéticos distribuídos. As concessionárias de energia passarão a ter o papel de atuar através da DSP, bem como serem responsáveis por coordenar o sistema dos DER. À medida que a DSP evolui, a integração dos DER será cada vez mais significativa, bem como a possibilidade de negócios nos mercados de energia.

Simultaneamente ocorrerá o desenvolvimento de cada um dos pilares dos DER, gerenciamento pelo lado da demanda, gerenciamento pelo lado da oferta, geração distribuída, armazenamento de energia e veículos elétricos, que traduzem uma tendência mundial de se gerar e consumir energia de uma maneira mais racional, limpa e sustentável. Os EV, por exemplo, em sistemas V2G, são mais uma opção que contribui para a maior disseminação dos recursos energéticos distribuídos.

Além desse fator, a GD, quando associada a fontes renováveis e tecnologias de armazenamento, minimiza impactos ambientais, além de reduzir consideravelmente a necessidade de investimentos em linhas de transmissão e distribuição, otimizando o sistema elétrico como um todo. Já a análise de medidas de gerenciamento de demanda evidenciou que esta estratégia estimula os consumidores a melhor utilizar a energia. Assim, a atuação pelo lado da demanda tem uma repercussão no lado da oferta, já que tende a reduzir a necessidade de energia.

Uma DSP irá prever, planejar, monitorar e gerenciar efetivamente a integração dos DER no sistema elétrico de distribuição, passando pela transição do sistema centralizado para o distribuído. Visto que a implementação de uma DSP, trará, sobretudo, uma maior inserção dos DER e, em efeito disso, os fluxos bidirecionais de energia, será necessário desenvolver funções e recursos novos e aprimorados nas áreas de planejamento de sistemas de distribuição, já que a capacidade de crescimento substancial dos DER depende de uma rede de distribuição inteligente e automatizada.

No cenário brasileiro, é necessária a reformulação do setor elétrico para suportar as diversas transformações que os DER exigem e, então, se encaminhar para acomodar uma DSP. Várias iniciativas estão em andamento para que o setor

elétrico se torne mais limpo e confiável futuramente, como é o caso da geração distribuída e o início da inserção dos veículos elétricos.

Essa reformulação, em conjunto com o desenvolvimento de tecnologias, exigirão a adaptação do sistema de distribuição e trarão implicações para os modelos de negócios tradicionais das distribuidoras. Paralelamente, os níveis de resiliência da rede terão que atender às exigências dos consumidores, bem como proporcionar uma garantia na segurança do fornecimento. Dessa maneira, a criação de uma rede elétrica inteligente, para abrigar a futura inserção das DSPs no Brasil, revoluciona a forma de geração, transmissão e, especialmente, de distribuição da energia elétrica, ao mesmo tempo em que alteram a relação consumidor/concessionária, criando um novo modelo de prestação dos serviços de energia elétrica (CGEE, 2017).

REFERÊNCIAS

- ACKERMANN, T.; ANDERSSON, G.; SODER, L. Distributed generation : a definition. v. 57, p. 195–204, 2001.
- ANEEL. Atlas Aneel. 2008.
- ANEEL. Micro e Minigeração Distribuída. Agência Nacional de Energia Elétrica, 2016.
- ANEEL. BIG - Banco de Informações de Geração. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 6 dez. 2019.
- BLUME, S. W. ELECTRIC POWER SYSTEM BASICS For the Nonelectrical Professional. 2007.
- BRANDÃO, R. et al. Análise comparativa internacional e desenhos de mercados atacadistas de energia. 2017.
- BUENO, A. F. M.; BRANDÃO, C. A. L. Visão Geral de Tecnologia e Mercado para os Sistemas de Armazenamento de Energia Elétrica no Brasil. Abaque (Associação Brasileira de armazenamento e qualidade de energia), p. 62, 2016.
- CASTRO, N. DE; COLOMBARI, C. Veículos Elétricos e possíveis impactos nas redes de distribuição. 2019.
- CASTRO, N. DE; FALCÃO, D. M.; MOSZKOWICZ, M. A difusão de Recursos Energéticos Distribuídos. UFRJ, 2018.
- CASTRO, N. J. DE; GOUVÊA, A. R.; MOSZKOWICZ, M. Desafios das distribuidoras de energia elétrica frente à difusão dos recursos energéticos distribuídos. Canal Energia, 2019.
- CGEE. Prospecção tecnológica no setor elétrico brasileiro: Evolução tecnológica nacional no segmento de geração de energia elétrica. 2017. v. 3–8
- CHUKWU, U. C.; MAHAJAN, S. M. V2G electric power capacity estimation and ancillary service market evaluation. IEEE Power and Energy Society General Meeting, p. 1–8, 2011.
- CHUKWU, U.; MAHAJAN, S. The Modeling of V2G Component for Power Flow Studies. Clemson University Power Systems Conference, PSC 2018, n. section III, p. 1–5, 2019.
- CLAIRAND, J. M.; GARCIA, J. R.; BEL, C. A. Smart charging for an electric vehicle aggregator considering user tariff preference. 2017 IEEE Power and Energy Society Innovative Smart Grid Technologies Conference, ISGT 2017, 2017.
- CLAIRAND, J.; PAZMI, A.; ALVAREZ-BEL, C. A Remote Control of Electric Vehicle Aggregator for Managing the Charging Power. 2018.
- CONEDISON et al. Supplemental Distributed System Implementation Plan. p. 1–217, 2016.

CONEDISON. Distributed System Implementation Plan. p. 1–214, 2018.

CONNECT, R. E. V. REV CONNECT Utility Profile: Consolidated Edison. n. November, 2017.

COSTA E SILVA, Y. F. F.; BORTONI, E. C. Sistemas de armazenamento de energia elétrica em redes inteligentes: características, oportunidades e barreiras. *Revista Brasileira de Energia*, v. 22, n. 1, p. 48–73, 2016.

DEKA, K. et al. Design and testing of a control system for supply side electrical load management. *Proceedings of 2014 1st International Conference on Non Conventional Energy: Search for Clean and Safe Energy, ICONCE 2014*, n. Iconce, p. 277–281, 2014.

EPE. Recursos Energéticos Distribuídos: Impactos no Planejamento Energético. *Empresa de Pesquisa Energética*, n. 21, p. 1–11, 2018.

FERC, F. E. R. C. FERC: Electric Power Markets - New York (NYISO). Disponível em: <<https://www.ferc.gov/market-assessments/mkt-electric/new-york.asp>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

FGV. Recursos Energéticos Distribuídos. *FGV Energia*, v. 0, 2016.

GARCIA, O. Integração de Técnicas de Gerência de Redes ao Gerenciamento de Cargas em Redes de Distribuição Elétrica. *Revista Eletrônica de Sistemas de Informação*, v. 1, n. 1, 2002.

GELLINGS, W. C. The Concept of Demand-Side Management for Electric Utilities. *Proceedings of the IEEE*, n. 10, p. 1468–1470, 1985.

HAN, S.; SOO, H. H.; SEZAKI, K. Design of an optimal aggregator for vehicle-to-grid regulation service. *Innovative Smart Grid Technologies Conference, ISGT 2010*, 2010.

HAOJING, W. et al. Bidding Strategy Research for Aggregator of Electric Vehicles Based on Clustering Characteristics. *2019 Chinese Control And Decision Conference (CCDC)*, p. 6150–6156, 2019.

IBRAHIM, H.; ILINCA, A.; PERRON, J. Energy storage systems-Characteristics and comparisons. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 12, n. 5, p. 1221–1250, 2008.

KAKRAN, S.; CHANANA, S. Smart operations of smart grids integrated with distributed generation: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 81, n. July 2017, p. 524–535, 2018.

LEÃO, R. GTD – Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica. *Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Elétrica*, 2009.

MATOS, D. M. B.; CATALÃO, J. P. S. Geração Distribuída e os seus Impactos no Funcionamento da Rede Elétrica: Parte 1. *International Conference on Engineering*, n. November 2014, 2013.

MOHAMED, A.; KHAN, M. T. A review of electrical energy management techniques: supply and consumer side (industries). *Journal of Energy in Southern Africa*, v. 20, n. 3, p. 14–21, 2017.

MONTEIRO, V.; PINTO, J. G.; AFONSO, J. L. Operation Modes for the Electric Vehicle in Smart Grids and Smart Homes: Present and Proposed Modes. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, v. 65, n. 3, p. 1007–1020, 2016.

MUKHOPADHYAY, S.; SINGH, B. Distributed Generation - Basic Policy, Perspective Planning, and Achievement so far in India. 2009 IEEE Power & Energy Society General Meeting, p. 1–7, 2009.

NATIONALGRID. Implementation Plan for Distributed System Platform REV Demonstration Project. p. 1–30, 2016.

NOUR, M. et al. Impacts of plug-in electric vehicles charging on low voltage distribution network. *Proceedings of 2018 International Conference on Innovative Trends in Computer Engineering, ITCE 2018*, v. 2018–March, p. 357–362, 2018.

NOUR, M. et al. Smart Charging of Electric Vehicles According to Electricity Price. 2019 International Conference on Innovative Trends in Computer Engineering (ITCE), n. February 2019, p. 2–4, 2019.

NYSEG, R. Distributed System Implementation Plan. *Distributed System Design*, p. 1–85, 2018.

PHILIPPINES, D. OF ENERGY OF THE. Demand-Side Management Action Plan for the Philippines (DSM / IRP Pre-Assessment). n. 2, 1994.

RAHMANI-ANDEBILI, M. Plug-in Electric Vehicles (PIEVs) aggregator as a renewable source in distribution network. 2012 *Proceedings of 17th Conference on Electrical Power Distribution, EPDC 2012*, p. 1–4, 2012.

REVCONNECT. Track One: Defining the REV Ecosystem - REV Connect. Disponível em: <<https://nyrevconnect.com/rev-briefings/track-one-defining-rev-ecosystem/>>. Acesso em: 14 maio. 2019.

RIVERA, R.; TEIXEIRA, I. Redes elétricas inteligentes (smart grid): oportunidade para adensamento produtivo e tecnológico local. p. 43–84, 2013.

T. SERRA, E. et al. Armazenamento de energia: situação atual, perspectivas e recomendações. *Comitê de energia da academia nacional de engenharia*, p. 1–46, 2016.

TURKER, H.; BACHA, S.; CHATROUX, D. Impact of plug-in hybrid electric vehicles (PHEVs) on the French electric grid. *IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe, ISGT Europe*, p. 1–8, 2010.

YANG, H.; ZHANG, Y.; TONG, X. System dynamics model for demand side management. 2006 3rd International Conference on Electrical and Electronics Engineering, n. 05, p. 1–4, 2006.

YILMAZ, M.; KREIN, P. T. Review of the impact of vehicle-to-grid technologies on distribution systems and utility interfaces. *IEEE Transactions on Power Electronics*, v. 28, n. 12, p. 5673–5689, 2013.

ZANETTA, L. C. J. *Fundamentos de Sistemas Elétricos de Potência*. 2006.