

Projeto de Sistema de Monitoramento de Plantas Mistas Conectadas à Geração Distribuída

Rodrigo Régis
de Almeida Galvão
Centro Internacional de
Energia Renovável – Biogás
rodrigo.regis@cibiogas.org

Thiago José
Lippo de França
Fundação Parque
Tecnológico Itaipu
thiago.franca@pti.org.br

Breno Carneiro
Pinheiro
Universidade do Oeste
do Paraná – Unioeste
breno.pinheiro@unioeste.br

Christopher Vidal
Machado
Fundação Parque
Tecnológico Itaipu
christopher.vm@pti.org.br

Paulo Thiago
Godoy
Fundação Parque
Tecnológico Itaipu
paulo.tg@pti.org.br

Resumo — Este artigo apresenta uma solução conjunta de *software* e *hardware* compondo um sistema de monitoramento para plantas mistas em sistemas de geração distribuída. O *software* de monitoramento permite enviar comandos remotamente, coletar e armazenar informações relativas à produção das plantas de modo a viabilizar gerenciamento das unidades de produção. A solução, que se encontra em fase de implantação, será utilizada para fins de pesquisa e análise de desempenho em plantas de microgeração instaladas em dois locais: i) planta de microgeração mista (biogás/biometano e fotovoltaica) em Foz do Iguaçu/PR; ii) planta de microgeração solar fotovoltaica em Porto Velho/RO. O sistema está alinhado com o atual momento de expansão da microgeração distribuída no Brasil, trazendo sobretudo a possibilidade de criar modelos de gestão adequados aos diferentes tipos e capacidades de plantas nos diversos cenários do mercado de energia.

Palavras-chaves — Monitoramento, Geração distribuída, Centrais virtuais de energia.

I. INTRODUÇÃO

O mundo transita por um caminho evolutivo quando o tema é sustentabilidade energética, onde a demanda por energia limpa e de qualidade vem crescendo nos últimos anos. Entretanto, há uma clara dicotomia entre o apelo mundial pelo controle do aquecimento global e a crescente classe consumidora que nas últimas décadas aprendeu a ser dependente e ávida por novas tecnologias e pelo seu acesso imediato. Para assegurar um crescimento responsável, vários acordos estão sendo firmados entre nações na busca por soluções energéticas que se adaptem ao cenário atual de desenvolvimento contínuo e sustentável, com garantias à proteção do meio ambiente. Um exemplo disso é a 21ª Conferência das Partes (COP-21) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, em Paris.

A maior disponibilidade de novas tecnologias aplicadas à produção de energia elétrica impulsionou o crescimento da participação das fontes renováveis na matriz energética nacional, notadamente eólica, solar e mais recentemente biomassa residual.

Este trabalho foi financiado pela Eletrobrás Distribuição Rondônia, através do Projeto código ANEEL P&D-0369-0010/2016.

Os autores agradecem à Eletrobrás Distribuição Rondônia pelo apoio financeiro ao projeto e à ITAIPU Binacional e à Fundação Parque Tecnológico Itaipu pelo apoio técnico.

Segundo dados da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) de 2017, publicados através do Banco de Informações de Geração (BIG) [1], o Brasil possui atualmente 4.675 empreendimentos de geração de energia em operação. Ainda segundo o BIG, existem 236 empreendimentos em construção e 584 com construção não iniciada, com os quais se espera uma adição de aproximadamente 25GW na capacidade de geração de energia do país.

É importante salientar que, conforme Relatório de Acompanhamento da Implantação de Empreendimentos de Geração [2], publicado em abril de 2016, também através da ANEEL, mostra que as usinas fotovoltaicas são responsáveis por 4,4% da matriz de implantação de novos empreendimentos de geração da energia elétrica, confirmando sua tendência de crescimento nos últimos anos. O relatório destaca também o acréscimo de cerca de 440 MW de eólicas outorgadas 2016. Ainda em 2016, houve um crescimento da ordem de 30% [3] na produção de biogás oriunda da biomassa residual, o que faz o país entrar de vez na era da sustentabilidade energética.

Os dados apresentados anteriormente referem-se ao Sistema Interligado Nacional (SIN), partindo da Resolução Normativa 482 de 17 de abril de 2012, atualizada pela Resolução 687/2015. A partir desse marco para o setor elétrico, os sistemas de micro e minigeração distribuídas passaram a ganhar o interesse de consumidores e investidores que veem as fontes renováveis de energia elétrica como um novo mercado emergente, criando novas oportunidades de comercialização de ativos energéticos, pois permite o consumidor acessar a rede de distribuição no modelo de compensação de energia elétrica (*net metering*) [4]. Esse novo arranjo começa a fazer parte do planejamento do setor elétrico nacional, devido, entre outros fatores, à oferta de potência ativa e serviços auxiliares, fundamentais para os sistemas elétricos de potência [5].

No Brasil, predominam os sistemas de geração isolados, com poucas conexões e muitas restrições, interligados em uma ampla extensão territorial e predominantemente unidirecional. Entretanto, um novo modal de produção acompanhado pelo interesse governamental busca ampliar a oferta de energia no país através da criação de um forte setor elétrico distribuído, conectado e com uma matriz diversificada. A geração distribuída (GD) se caracteriza por um fluxo de energia bidirecional, e valendo-se de novas tecnologias de monitoramento, transmissão de dados e armazenamento poderá

exercer o papel de âncora para o sistema elétrico nacional. Por outro lado, a qualidade de energia elétrica ofertada é uma questão crucial tanto para o consumidor quanto para as empresas, tendo em vista as estimativas dos custos provenientes da energia de baixa qualidade que ultrapassam os 100 bilhões de dólares por ano [6] apesar dos investimentos contínuos em infraestrutura nos sistemas de transmissão, subtransmissão e distribuição. Somam-se a esse cenário, as perdas comerciais, resultantes das ligações clandestinas no sistema de distribuição.

Essa nova forma de explorar o mercado de energia elétrica suscita a integração dessas pequenas fontes de geração, de modo a permitir gerenciamento dos recursos energéticos disponíveis. As tendências de mercado, aliadas às novas tecnologias de informação e automação de sistemas, estão dentro do universo de soluções para o controle de plantas de microgeração distribuída com vistas ao aumento do retorno financeiro destes empreendimentos.

No esteio dessas unidades que centralizam as informações operacionais e concentram os dados quanto à oferta de energia, surgem no setor elétrico novos operadores, como as Centrais Virtuais de Energia (CVE), que possibilitam os ditos operadores virtuais do sistema gerenciarem as unidades geradoras de energia como se fosse uma só, ou seja, como uma usina geradora de energia de maior porte.

Com interesse nessas centrais que comandam e gerenciam as unidades de produção de energia, este trabalho apresenta duas plantas de microgeração a partir de fontes renováveis. Uma dessas instalações refere-se a uma planta mista, construída no município de Foz do Iguaçu/PR. Essa planta é constituída por sistema de geração fotovoltaico com potência instalada de 3kWp e uma unidade de produção de biogás/biomatano. A outra instalação refere-se a uma planta de geração fotovoltaica instalada no Instituto Federal de Rondônia (IFRO) com capacidade de 15kWp. Além de discutir os detalhes técnicos e operacionais do projeto de automação dessas unidades, será apresentada a proposta para o *software* de monitoramento e comando com vistas à implantação de CVE que permita explorar o potencial de geração desses empreendimentos.

Para apresentar o trabalho, o artigo está dividido da seguinte forma. Na seção II, serão apresentadas as plantas de microgeração, enquanto a seção III traz o detalhamento do sistema de monitoramento. Na seção IV, será realizada uma análise e discussão e, por fim, a seção V traz as conclusões do trabalho.

II. PLANTAS DE MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Essa seção dedicar-se-á a apresentar detalhes do projeto do sistema de monitoramento de plantas de microgeração de energia a partir de fontes renováveis. O projeto é resultado da parceria entre as Centrais Elétricas de Rondônia S.A., o Centro Internacional de Energias Renováveis e a Fundação Parque Tecnológico Itaipu – FPTI.

A. Visão geral

O projeto visa implantar um complexo de geração de energia a partir de distintas fontes de energia renovável nas instalações Itaipu Binacional e no Instituto Federal de Rondônia. Como parte do escopo, o objetivo é automatizar a planta de geração de biogás/biomatano, instalada na usina, que faz uso

da biomassa oriunda de esgotos sanitários, resíduos orgânicos de restaurantes e de podas de gramas. O biogás pode ser aproveitado para geração de energia enquanto o biomatano para abastecimento de veículos movidos por esse combustível.

B. Planta de geração de biogás/biomatano

A planta para produção de biogás/biomatano, a ser instalada em Itaipu Binacional, está mostrada na Fig. 2 e possuirá as seguintes características:

- Capacidade de produção de biogás: 500m³/dia;
- Capacidade de produção de biomatano: 300m³/dia;
- Área ocupada: 3.000m²;
- Quantidade de bioreatores: 2;
- Consumo de energia: 6,5Mh/mês.



Fig. 2. Unidade Demonstração (UD) de produção de biogás/biomatano e painéis fotovoltaicos. Instalação em Itaipu Binacional.

Quando entrar em operação, está previsto que a planta processe as seguintes quantidades de biomassa:

- Esgoto sanitário: 10m³/dia;
- Grama: 1.200 kg/dia;
- Resíduos orgânicos: 600 kg/dia;

O esgoto sanitário mencionado será oriundo do edifício de produção de Itaipu, enquanto a grama será proveniente das podas diárias na vegetação das amplas áreas verdes da usina. Quanto aos resíduos orgânicos, o material virá dos restaurantes instalados nas proximidades da planta, também dentro das instalações usina. De modo geral, após o recebimento dos resíduos orgânicos ocorrerá o preparo da biomassa, isto é, serão adicionadas as frações de resíduos provenientes de grama e esgoto a fim de obter uma mistura com 12% de sólidos.

Inicialmente, a planta produzirá exclusivamente biomatano para abastecer uma frota de 60 veículos de Itaipu movidos por esse combustível. Entretanto, se a planta fosse utilizada para gerar eletricidade, como é realidade em algumas propriedades agropecuárias no Oeste do Paraná, os 500m³ de biogás responderiam por aproximadamente 21MWh/mês.

C. Planta de geração fotovoltaica

Na sequência do trabalho, serão apresentadas as plantas de geração fotovoltaica instaladas em Itaipu Binacional, em Foz do Iguaçu e no Instituto Federal de Rondônia, unidade de Calama, em Porto Velho.

A planta de geração fotovoltaica instalada em Itaipu Binacional, mostrada na Fig. 3, possuirá as seguintes características:

- Potência instalada: 3,18kWp;
- Área ocupada: 50m²;
- Quantidade de painéis/potência por painel: 12/270W;
- Quantidade de inversores/potência por inversor: 1/3kW.

Vale destacar que essa instalação trata-se de uma unidade de demonstração para fins de estudos preliminares de viabilidade técnico-econômica e para validação do sistema de monitoramento que se encontra em fase de comissionamento. A planta estará ligada a rede auxiliar de baixa tensão de Itaipu e reduzirá os custos de energia da planta de biogás/biometano. Com vistas à produção de energia limpa e sustentável, pretende-se futuramente ampliar a capacidade de geração da planta fotovoltaica e possibilitar sua ligação direta ao sistema de geração de biogás/biometano de modo a fechar um ciclo de produção de energia elétrica e combustível a partir de uma fonte renovável com aproveitamento de resíduos.



Fig. 3. Sistema de geração de energia solar fotovoltaica. Instalação em Itaipu Binacional.

A planta de geração fotovoltaica a ser instalada no Instituto Federal em Rondônia (IFRO), mostrado na Fig. 4, possuirá as seguintes características:

- Potência instalada: 15kW;
- Área ocupada: 200m²;
- Quantidade de painéis/potência por painel: 56/270W;
- Quantidade de inversores/potência por inversor: 2/8.2kW.



Fig. 4. Unidade Demonstração (UD) de geração energia fotovoltaica. Destaque do local da instalação no Instituto Federal de Rondônia (IFRO). Fonte: Google Earth. Consulta realizada em 09/2016.

Quando instalado, o sistema terá dois propósitos fundamentais: i) servir de laboratório para ensino e pesquisa junto aos alunos e professores da instituição; ii) possibilitar estudos de viabilidade técnico-econômica para ampliação desse modal de geração para comunidades com restrições quanto ao acesso à energia elétrica no Norte do país.

O sistema estará ligado à rede de baixa tensão, via uma subestação instalada dentro do estabelecimento e possibilitará redução no custo de energia elétrica.

III. SISTEMA DE MONITORAMENTO

A. Visão geral

O projeto visa à criação de um sistema de monitoramento remoto capaz de agrupar dados sobre o status das plantas, produção por período, bem como informações meteorológicas. Além disso, comandos poderão ser enviados para as plantas a partir do aplicativo desenvolvido.

Para a implantação efetiva de uma CVE, que integre todas as informações quanto aos recursos energéticos distribuídos disponíveis, à disponibilidade, capacidade e custo de produção das plantas e às tendências e tarifas do mercado energético, é necessário uma automatização das plantas, uma rede de comunicação, com serviços de coleta e transmissão de dados, bem como uma interface com usuário que permita tanto a visualização de dados *online* como a análise de históricos de produção bem como o envio de comandos remotos para as unidades de geração.

Essa integração entre os subsistemas da CVE, desde o baixo nível, onde se encontramos processos de produção até o alto nível, onde são realizadas compras e venda de ativos energéticos, é essencial para as tomadas de decisão do operador virtual. Nesse sentido, essa seção apresenta o projeto de *software* e *hardware* proposto nesse trabalho para o sistema de monitoramento das plantas apresentadas que, se não engloba ainda todas as funcionalidades desejadas para operação de uma CVE, caminha para esse objetivo.

B. Projeto de Automação e Aquisição de Dados

A arquitetura proposta para a automação das plantas está detalhada na Fig. 5, onde é possível identificar dois elementos centrais da solução: o controlador lógico programável (CLP) e o telefone móvel.

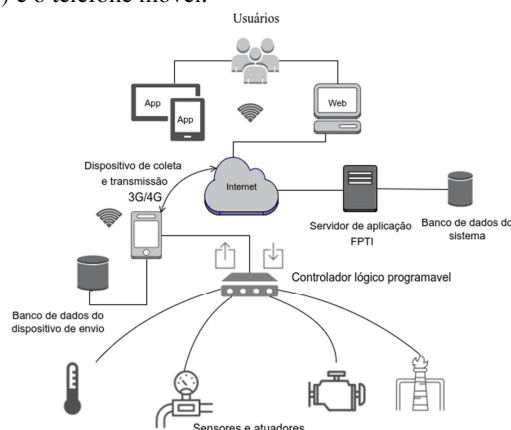


Fig. 5. Arquitetura do projeto de automação e aquisição de dados das plantas.

Nessa proposta, o CLP da Siemens modelo S71200 é dispositivo responsável pela atuação ao nível de chão de fábrica, recebendo dados e enviando comandos para o processo de produção de biogás/biometano. Dentre as variáveis monitoradas destacam-se: temperatura e pH dos bioreatores, pressão nos compressores, estado de válvulas, rotação e corrente elétrica em motores. Essa comunicação é realizada via as interfaces analógicas e digitais entre o CLP e os equipamentos em campo. Além dessa troca de dados via interfaces de entrada e saída (E/S), o CLP comunica-se via protocolo Modbus RTU com o *dispenser* de abastecimento de veículos e via Modbus TCP com a biorefinaria, que produz biometano a partir do biogás, e com o telefone móvel, para envio de dados e recepção de comandos remotos. Nessa solução, o telefone móvel representa um concentrador de dados que coleta informações de todas as unidades de geração instaladas e envia essas informações para um servidor remoto, atuando como um *gateway* na rede local. Os dados enviados para o servidor são armazenados em um banco de dados e podem ser acessados a partir de dispositivos móveis ou *desktops*.

Os sistemas de geração de energia solar fotovoltaico, tanto em Foz do Iguaçu quanto em Rondônia, comunicam-se diretamente com o aplicativo no telefone móvel local via Modbus TCP, transmitindo informações acerca da potência instantânea, energia gerada no dia, mês e ano, fator de potência, valores de tensão e corrente nos lados AC e DC, além da frequência do sinal e das informações meteorológicas como nível de radiação solar e velocidade do vento no local. Além disso, estimativas de CO₂ evitados e economia de energia também podem ser obtidos.

Com o olhar para a carga, analisadores de potência serão instalados para coleta de parâmetros da rede elétrica de baixa tensão. Um analisador da Janitza modelo UMG 96RM-E será responsável por medir grandezas como taxa de distorção harmônica, consumo de energia, harmônicos de corrente e tensão até a 40ª ordem, valores de tensão e frequência, corrente de falta entre outros parâmetros com objetivo de fornecer dados sobre a qualidade do fornecimento de energia e eventuais os impactos da carga instalada e dos sistemas de geração solar fotovoltaico na rede elétrica. O padrão de referência a ser obedecido é o estabelecido no Prodlist módulo 8 elaborado pela ANEEL [7].

C. Projeto do Software para Monitoramento

O *software* desenvolvido baseia-se no conceito de internet das coisas ou *internet of things* (IoT), que tem sido aplicado em diversos cenários, desde modelos de negócios para grandes empresas até projetos de automação residencial [8].

Na Fig. 6 mostra-se uma visão do *software* de monitoramento e comando desenvolvido para o projeto, onde se concentrarão todas as informações sobre as unidades de geração e de onde será possível realizar algumas intervenções nos processos.

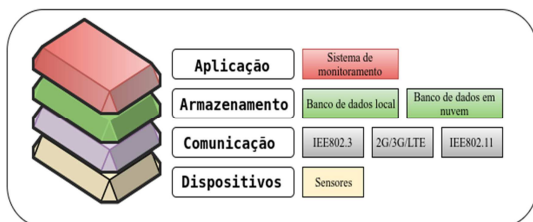


Fig. 6. Representação de funcionamento do software de monitoramento e controle em camadas.

O sistema poderá ser acessado pelo usuário através de uma interface para computadores pessoais ou dispositivos móveis, como *tablets* e celulares. Além disso, diferentes níveis de usuário serão definidos para permitir níveis de acesso com maior ou menor abrangência.

Cada camada representada no diagrama tem uma função específica no processo do monitoramento. A camada de dispositivos, por exemplo, representa os equipamentos, que são parte do processo de coleta de dados e execução de comandos e aqui são vistos como entidades. Exemplos são os dispositivos já mencionados como os sensores de temperatura, as válvulas e o *dispenser* de abastecimento.

Neste modelo, os dispositivos se comunicam entre si e com as camadas superiores. A camada de comunicação é responsável pela forma arquitetural da comunicação, que trata desde o modelo de comunicação aos protocolos utilizados em cada dispositivo para envio e recebimento de mensagens. Os principais protocolos de comunicação utilizados nesta camada são: Wireless IEEE 802.11, 2G/3G/4G, Ethernet. O software conta também com uma inteligência na camada de armazenamento, que permite armazenar os dados coletados da planta na nuvem, ou localmente, garantindo a integridade dos dados coletados do sistema caso a camada de comunicação se torne instável ou não exista conexão por um determinado momento. Essa tecnologia de banco de dados local está presente no dispositivo móvel, que utiliza uma série de scripts para testar a conexão. Quando não houver conexão disponível, armazena os dados coletados em um banco de dados local *SqLite*.

A camada de aplicação trata da interface do sistema com o cliente ou administrador e permite a visualização de dados e envio de comandos para equipamentos de camadas inferiores. Todas as informações coletadas dos dispositivos passam por um tratamento até a camada de aplicação, mas podem ser consultadas diretamente da camada de armazenamento.

IV. ANÁLISE E DISCUSSÕES

O conceito de qualidade de energia está diretamente ligado à manutenção dos parâmetros elétricos como magnitude e frequência da tensão elétrica e/ou corrente elétrica de forma a garantir o funcionamento adequado dos equipamentos elétricos. Para assegurar um fornecimento de energia satisfatório não só quanto à manutenção dos parâmetros supracitados, mas sobretudo na continuidade do fornecimento, as empresas de energia lançam mão de recursos e realizam ações sobre a rede conhecidos como serviços auxiliares.

Sob esse aspecto, a dispersão da GD poderá exercer papel de complementaridade na regulação de carga, despacho de geração, injeção de potência reativa, controle do perfil de tensão etc. Soma-se a isso o novo paradigma em expansão no Brasil para a comercialização de energia, onde figuram os consumidores livres, que compram energia diretamente dos geradores ou comercializadores, através de contratos livremente negociados. Esse cenário vem fortalecer os *prosumers*, ou seja, aqueles consumidores que produzem energia, que veem um ambiente atrativo para comercializar seu excedente de energia.

A qualidade de energia pode ser deteriorada por diversos fatores, sendo os mais comuns as cargas poluidoras, o dese-

equilíbrio entre fases, as falhas e os distúrbios na rede [9]. Desse modo, seja do lado do operador da rede elétrica ou dos consumidores, para explorar todo o potencial da GD frente ao dinamismo técnico e comercial do sistema elétrico, faz-se necessário uma central de monitoramento e controle da rede, que permita atuação sobre as unidades geração ou equipamentos instalados ao longo da rede de modo remoto. Além disso, deve viabilizar o gerenciamento das unidades de produção e favorecer a comercialização de energia.

É nesse ambiente de perspectivas promissoras, que nasce o sistema de monitoramento de plantas de microgeração distribuída apresentado nesse trabalho. Com o intuito claro de viabilizar serviços em aplicações de GD, o sistema apresenta características de escalabilidade, pois permite o usuário agregar diversas plantas de geração, seja ela fotovoltaica, eólica ou utilizando geradores (diesel, gasolina, biogás), estando elas geograficamente espaçadas, aos moldes de uma Central Virtual de Energia.

As CVEs permitem a integrar vários recursos energéticos distribuídos e assim, sua interligação com sistema elétrico. Opera como um único agente no mercado de energia, agregando os diversos componentes atuantes na GD. Quando essas usinas incorporam capacidades de armazenamento de energia e responsabilidades quanto ao atendimento às demandas, permite-se que as unidades de microgeração atuem no despacho de energia como plantas maiores [10]-[12]. Esses novos agentes do setor elétrico estão ganhando espaço no cenário nacional [11]-[13] e demandam soluções inovadoras nas áreas de controle de sistemas elétricos de potência, tecnologia de informação e segurança de dados.

V. CONCLUSÃO

O trabalho aborda o estágio de implantação de duas plantas de microgeração de energia instaladas nos estados do Paraná e Rondônia. No primeiro caso, trata-se de uma planta uma planta exclusivamente fotovoltaica e no segundo, uma planta de geração mista fotovoltaica e biogás/biometano. É importante salientar a forma que os recursos energéticos estão sendo utilizados, tanto na produção por resíduos como na produção fotovoltaica, especialmente no Paraná, onde as usinas de produção podem trabalhar em conjunto para atingir melhores resultados de produção. O projeto possui um forte direcionamento em expandir os sistemas de geração distribuída a partir de fontes renováveis.

As unidades de geração distribuída precisam ser monitoradas e comandadas remotamente a fim de operá-las frente ao dinamismo da rede elétrica. Esse aproveitamento pode ser via reserva de potência ativa ou pelo controle de fluxo de reativo, tanto em sistemas de transmissão quanto de distribuição, com efeitos positivos nos parâmetros elétricos como o perfil de tensão e na redução perdas de energia [14].

A infraestrutura apresentada nesse trabalho está em conformidade com o que se espera para um sistema de gerenciamento de produção de energia, incorporando tecnologias modernas e boas práticas de desenvolvimento de *software*. Se por um lado as novas soluções estão avançando para a automatização do setor elétrico, o novo cenário de negócios exigirá dos órgãos reguladores uma legislação mais inclusiva no que tange à geração de energia distribuída mantendo rigor quanto à qualidade do produto fornecido por essas fontes.

IV. REFERÊNCIAS

- [1] Agência Nacional de Energia Elétrica. “BIG - Banco de Informações de Geração,” 2016. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 20 mar. 2017.
- [2] Agência Nacional de Energia Elétrica. “Relatório de Acompanhamento da Implantação de Empreendimentos de Geração”, n°7, 8p., abr., 2016. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents>>. Acesso em: 01 outubro 2016.
- [3] PRODUÇÃO de biogás cresce 30%: Produto se consolida como commodity ambiental. Disponível em: <<http://www.uagro.com.br/editorias/agroenergia/2017/01/27/producao-de-biogas-cresce-30.html>>. Acesso em: 20 mar. 2017.
- [4] GODOI, M. “Futuro da Distribuição Começa a se Desenhar no Presente: Próximo de alcançar 100MW em geração distribuída, seguimento estuda os caminhos para a iminente alteração no seu modelo de negócio.” *CanalEnergia*, mar. 2017. Disponível em: http://www.canalenergia.com.br/zpublisher/materias/reportagem_especial.asp?ori=Newsletter&id=116170. Acesso em: 20 mar. 2017.
- [5] CHAVES, F. D. M., “Serviços Ancilares através da Geração Distribuída: Reserva de Potência Ativa e Suporte de Reativos”. Tese (Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos.) – Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Campinas, São Paulo, 2012.
- [6] DARWISH, M, “Active Power Filters: Technology and Challenges in the era of Distributed Renewable Energy Systems”. Eighteenth International Middle East Power Systems Conference (MEPCON), Cairo, 2016.
- [7] Agência Nacional de Energia Elétrica. “Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica”, Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/modulo-8>>. Rev. 8 Acesso em: 01 junho 2017.
- [8] WU, M., LU, T. J., LING, F. Y., SUN, J., DU H. Y., “Research on the architecture of Internet of Things”. Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE). 3rd International Conference, pp V5-484 - V5-487.
- [9] RIBEIRO, P., FERREIRA, F., MEDEIROS, F., “Geração distribuída e o impacto na qualidade de energia.”, Seminário Brasileiro sobre qualidade da energia elétrica (SBQEE), 2005. Disponível em: <<http://www.cgti.org.br/publicacoes/wpcontent/uploads/2016/04/GERAC%CC%A7A%CC%83O-DISTRIBUI%CC%81DA-E-IMPACTO-NA-QUALIDADE-DE-ENERGIA.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2017.
- [10] PLANCKE, G., DE VOS, K., BELMANS R., DELNOOZ, A., “Virtual power plants: Definition, applications and barriers to the implementation in the distribution system”, 2015 12th International Conference on the European Energy Market (EEM), Lisbon, 2015, pp. 1-5.
- [11] RODRIGUES, L. C. J., “Integração de fontes renováveis no sistema elétrico através de Centrais Renováveis Virtuais”. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente) – Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia da Universidade de Lisboa, Lisboa, 2012.
- [12] CASTRO, R., “Geração Distribuída de Energia Elétrica”, Seminário Internacional - Impactos dos Recursos Energéticos Distribuídos sobre o Setor de Distribuição, maio, 2016. Disponível em: <http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/workshops/ccee1.pdf>.
- [13] HERNÁNDEZ, T. K. V., “Uma Proposta de Integração da Geração Distribuída, por Meio das Usinas Virtuais, ao Sistema Elétrico do Estado De São Paulo”. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.
- [14] NEVES, R. V. A., “Controle de Tensão Terminal e Potência Reativa de um Grupo Moto Gerador Diesel Conectado à Rede de Distribuição”. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos - USP. São Carlos/SP, 2013.