

TECNOLOGIAS DE COMUNICAÇÃO E APLICAÇÕES EM SMARTGRID *

Gustavo Batista de Castro Souza¹, Prof. Dr. Getúlio Antero de Deus Junior¹

¹Escola de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Federal de Goiás

gustavo2x4@gmail.com, getulio@eeec.ufg.br

PALAVRAS-CHAVE: *Smart Grid*, Redes Inteligentes, Telecomunicações, Celg.

1 INTRODUÇÃO

OS SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA estão prestes a sofrerem uma mudança sem precedentes na história. Devido ao fato de se ter evoluído pouco tecnologicamente todo o sistema energético se encontra em um momento crítico, onde o atual modelo está prestes a sucumbir por falta de organização e estrutura (FALCÃO, 2010). Para se notar essa carência tecnológica, sem muito esforço percebe-se que o legado deixado por Thomas Edison, o inventor da lâmpada incandescente, permanece em grande parte suprimindo nossas necessidades, enquanto que a contribuição de Graham Bell apesar de uma grande revolução para as telecomunicações é guardada apenas na lembrança como primeiro passo para o que temos hoje (U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2010). Como citado no Jornal da Energia (2010): “Os medidores que temos em nossas casas são exatamente iguais aos existentes nas casas das nossas bisavós (...)”.

Um estudo realizado pelo DOE (do inglês: *Department of Energy*) levantou em números a perda sentida pelos Estados Unidos em um eventual problema na rede de distribuição elétrica e constatou que a recuperação de um *blackout* no Vale do Silício gera um custo de 75 milhões de dólares em perdas. No ano 2000, uma queda de energia de duração de uma hora atrasou 20 trilhões de dólares em negociações em Chicago. A empresa Sun Microsystems estima que em um *blackout* a empresa deixe de receber da sociedade um milhão de dólares a cada minuto e um apagão ocorrido em 2003 no Nordeste dos Estados Unidos provocou uma perda de 6 bilhões de dólares aos cofres públicos daquele país.

Conseguir uma eficiência maior das redes é algo que se torna cada vez mais necessário o que traz também um grande desafio, implementar uma tecnologia que supra a necessidade dos consumidores aumentando a confiabilidade do sistema de transmissão e distribuição de energia, além de integrar ao sistema novas fontes de energia limpa. Neste contexto, Redes Inteligentes (do inglês: *Smart Grids*) tentam solucionar grande parte dos problemas encontrados pela matriz energética atual (FERREIRA, 2010).

Pela definição da IEA (do inglês: *International Energy Agency*): “uma *Smart Grid* é uma rede de eletricidade que usa tecnologia digital para monitorar e gerenciar o transporte de eletricidade a partir de todas as fontes de geração encontrando uma variedade de demandas e usuários. Essas redes estarão aptas a coordenar as necessidades e capacidades de todos os

* Revisado por: Prof. Dr. Getúlio Antero de Deus Júnior (EEEC/UFG).

geradores, operadores, usuários finais e *stakeholders* do mercado de eletricidade de forma a otimizar a utilização e operação dos ativos no processo, minimizando os custos e impactos ambientais enquanto mantêm a confiabilidade, resiliência e estabilidade do sistema.”

Smart Grid, portanto, é mais do que uma tecnologia específica para solucionar os problemas da atual matriz energética ou tentar transformar a vida dos usuários. Trata-se de um conceito abrangente fazendo uso de diversas tecnologias para controlar através de automação e comunicações toda a rede elétrica, o que propicia uma infraestrutura mais integrada entre geração, transmissão e distribuição de energia (DEPARTMENT OF ENERGY, 2010).

Segundo Falcão (2010), algumas das características geralmente atribuídas à *Smart Grid* são:

- Autorrecuperação: capacidade de automaticamente detectar, analisar, responder e restaurar falhas na rede;
- Fortalecimento dos Consumidores: habilidade de incluir os equipamentos e comportamento dos consumidores nos processos de planejamento e operação da rede;
- Tolerância a Ataques Externos: capacidade de mitigar e resistir a ataques físicos e cyber-ataques;
- Qualidade de Energia: prover energia com a qualidade exigida pela sociedade digital;
- Acomodar uma grande variedade de fontes e demandas: capacidade de integrar de forma transparente (*plug and play*) uma variedade de fontes de energia de várias dimensões e tecnologia;
- Reduzir o impacto ambiental do sistema produtor de eletricidade, reduzindo perdas e utilizando fontes de baixo impacto ambiental;
- Resposta da demanda mediante a atuação remota em dispositivos dos consumidores;
- Viabilizar e beneficiar-se de mercados competitivos de energia, favorecendo o mercado varejista e a microgeração.

As Redes Inteligentes demonstra atender interesses diversos dentre os diferentes *stakeholders*. Com tecnologias inovadoras e ideologia voltada para questões que vão além da redução de perdas por parte das empresas fornecedoras de energia, chegando a viabilizar a utilização efetiva e eficaz de fontes de energia limpa. Empresas de distribuição energética podem incorporar aos seus sistemas diferentes fontes energéticas, e como existe um caminho para chegar à rede por parte do cliente, este pode também vender energia excedente produzida em sua residência ou empresa, por painéis solares, por exemplo, para a companhia energética.

A Figura 1 mostra a interação entre os diferentes elementos da rede sendo esta adaptada à *Smart Grid*. Percebe-se na figura muitas das potencialidades de uma rede *Smart Grid*, como a possibilidade de se ter um automóvel movido à eletricidade, que além de poder se abastecer em uma tomada residencial, pode fornecer energia excedente para a residência.

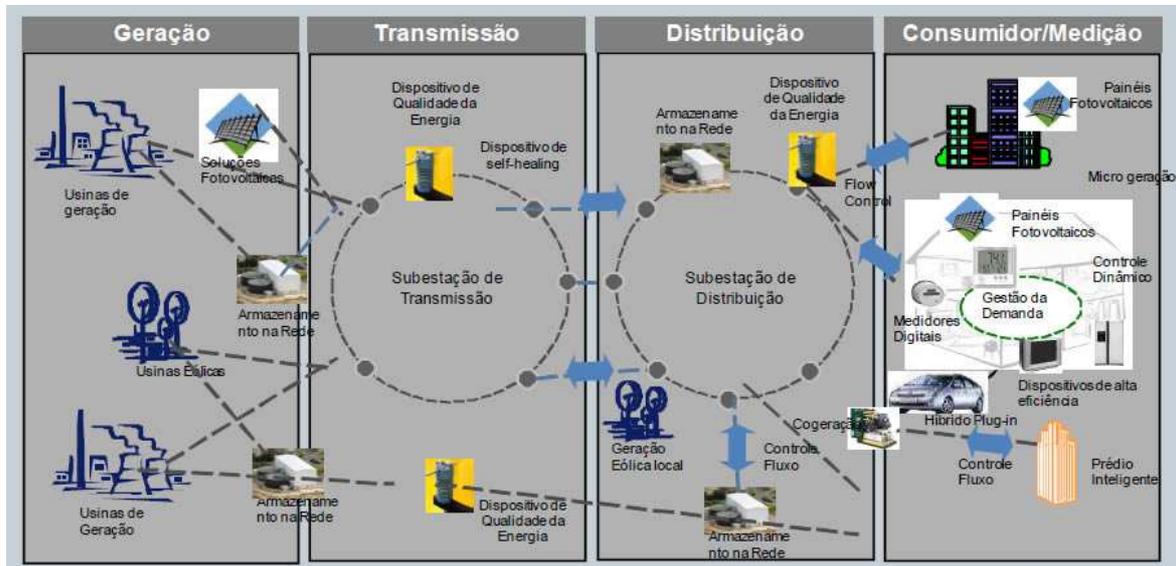


Figura 1. Rede *Smart Grid* (COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS, 2010).

Um conceito importante dentro do conceito de Redes Inteligentes é o de AMI (do inglês: *Advanced Metering Infrastructure*) que propõe a incorporação da flutuação de preços horários da energia por eletrodomésticos inteligentes, realizando a gestão eficiente do uso da energia. A aplicação da tecnologia *Smart Grid* na medição possibilita não somente influenciar o comportamento do consumidor através de tarifas flexíveis, mas também eliminar custos operacionais ao longo da cadeia de processos. Isso ocorre a partir dos IEDs (do inglês: *Intelligent Electronic Devices*) que são dispositivos eletrônicos que possuem algumas funções já adaptadas para uma rede sendo que a função mais inovadora seria a possibilidade de se programar um aparelho para operar apenas em períodos com uma tarifa elétrica mais baixa, ou seja, fora do horário de pico.

É importante enfatizar a diferença existente entre medição inteligente (do inglês: *smart metering*) e *Smart Grid*. *Smart Grid* é um conjunto de tecnologias e soluções muito mais abrangente que o *smart metering*. Apesar de muitas empresas estarem focando seus esforços na implantação de *smart metering* é preciso ressaltar que essa tecnologia não fornece uma *Smart Grid*. Entretanto, é possível que haja uma rede mais inteligente de eletricidade (transmissão e distribuição) sem o *smart metering*.

A Figura 2 mostra a interseção entre as *Smarts Grids* e o espaço ocupado pela tecnologia de *smart metering*. Note que as *Smarts Grids* apresentam-se num contexto de conceito mais amplo. O *smart metering* concentra seus esforços nos aspectos relacionados

principalmente com o consumidor e as mudanças no seu comportamento que pode aumentar consideravelmente a eficiência energética, já as *Smarts Grids* abrange os aspectos de natureza sistêmica do setor, como a sua rede de transmissão e distribuição, enfatizando as interconexões destas relações.

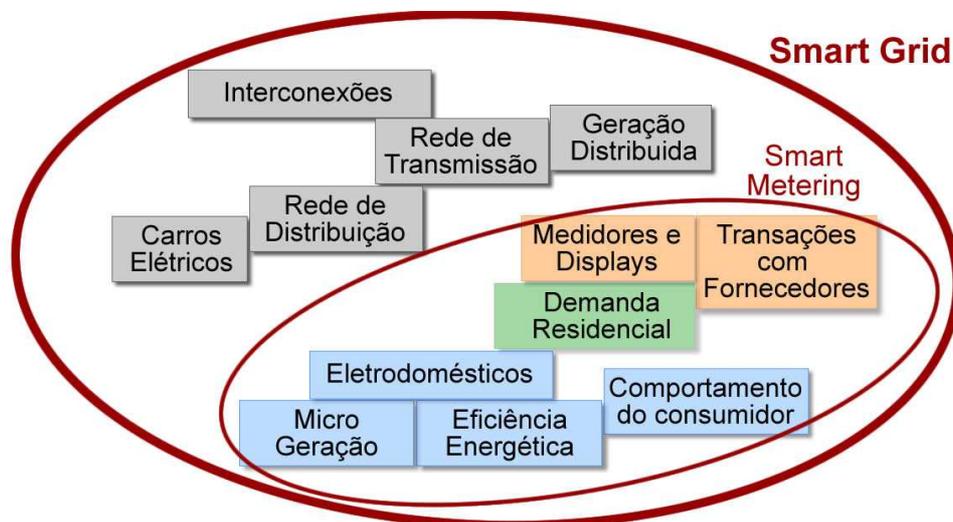


Figura 2. Elementos Elétricos (FERREIRA, 2010).

2 OBJETIVOS

O projeto de P&D “Evolução para Smart Grid da Supervisão do Fornecimento de Energia Elétrica em Média e Baixa Tensão Utilizando Diferentes Tecnologias de Comunicações” (ARAÚJO et al., 2009) visa trazer a conhecimento e domínio da tecnologia *Smart Grid*, bem como elaborar uma base teórica que possa auxiliar a companhia de energia elétrica local, Centrais Elétricas de Goiás (Celg). Assim, neste trabalho buscou-se o conhecimento e domínio da tecnologia *Smart Grid* bem como propor de uma forma bem generalista, arquiteturas que possam contemplar a implantação de uma Rede Inteligente na cidade de Nova Veneza (Goiás), prevista no P&D da Celg que ainda não iniciou em 2011.

3 METODOLOGIA

Por se tratar de um tema relativamente recente, a discussão se dá há aproximadamente dez anos, a pesquisa bibliográfica para fundamentação teórica se deu basicamente na busca e estudo de artigos científicos de diferentes países nos mais diversos meios de publicação. Normas e padrões também foram bastante explorados, o que deu um norte ao projeto, pois estes documentos mostram de forma clara quais são as tendências e como se dará a implementação de fato da tecnologia de *Smart Grid*.

Para que se consolidasse o conhecimento e para que pudessem surgir propostas a serem analisadas em um futuro momento de implantação da tecnologia, diversas reuniões periódicas com o orientador e com integrantes do projeto de P&D da Celg foram realizadas.

Finalmente, foi realizada uma visita à empresa para interagir de forma mais eficiente com o projeto e obter dados relevantes para a continuidade do estudo.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Conhecer o funcionamento e a forma como está estruturada a malha energética atual é de suma importância para se tentar corrigir aquilo que não vem dando certo e aprimorar o que tem funcionado. Dentro da proposta de estudo da tecnologia, entender como o mundo está lidando com a novidade e como ela impactará o futuro, mostrou-se bastante necessário. Todo o levantamento de informações e busca por um conhecimento maior da tecnologia aconteceu visando a compreensão do processo a ser utilizado como piloto pela Celg.

4.1 Padronização

O Brasil é um país onde grande parte de sua matriz energética advém de usinas hidrelétricas. No entanto, os demais países do mundo possuem as suas redes energéticas bastante pulverizadas. Nos Estados Unidos, a rede é altamente fragmentada: 80% são de propriedade e operados por empresas privadas, incluindo cerca de 3.100 empresas de energia elétrica. Nos Estados Unidos, não se encontra uma rede homogênea como seria em uma grande empresa de telecomunicações, onde sua rede se espalha por todo país, utilizando seus próprios padrões e protocolos. Nesse momento, é digno de registro que as normas desempenham um papel muito importante, pois fornecem um conjunto comum de protocolos de rede que podem ser executados de ponta a ponta sobre uma variedade de tecnologias subjacentes na camada física e de *link* de dados (NETWORK WORLD, 2009).

A criação da padronização que dará suporte a uma rede *Smart Grid* parte dessa premissa, o que torna necessário a união de tantos profissionais de diferentes áreas nesta elaboração. Muitas organizações estão trabalhando para que a transformação da matriz energética atual aconteça o mais rápido possível. Fazendo uso de comunicações modernas e tecnologia de controle computacional, será fácil gerenciar o uso e a distribuição de eletricidade em uma maneira mais eficiente, fazendo uso de uma variedade de fontes de energia renováveis enquanto os recursos que temos sejam conservados. No entanto, todos esses elementos precisam trabalhar juntos em um sistema, de maneira integrada. Para que isso aconteça, padrões precisam ser desenvolvidos para definir todas as interfaces necessárias, e proporcionar desempenho e operações requeridas de uma Rede Inteligente, além de especificar procedimentos comuns, incluindo metodologias de teste. Padrões desenvolvidos por organizações como IEEE (do inglês: *Institute of Electrical and Electronics Engineers*)

precisam trazer junto engenheiros eletricitas, de comunicações, e especialistas em instrumentação para o desenvolvimento dessas normas (DEBLASIO; TOM, 2008).

A tecnologia *Smart Grid* não é sozinha uma “bala de prata”, mas uma coleção baseada em padrões existentes e emergentes, com a interoperabilidade de tecnologias trabalhando juntas. Tecnologias de controle para suprir, demanda, fluxo de potência, e armazenamento de energia fornecem os meios para implementar decisões tomadas por algoritmos inteligentes de controle. Muitas empresas já estão disponibilizando dispositivos que interagem com a *Smart Grid* e a comercialização desses produtos, bem como a pesquisa para desenvolver formas de integrar o consumidor à futura rede Inteligente, tem crescido ao redor de todo mundo.

4.2 O Mercado Brasileiro de Energia Elétrica

O crescimento no consumo de energia elétrica tem se acentuado cada vez mais nos últimos anos. A previsão é que esse consumo tenda a aumentar com o país em desenvolvimento. Como apresentado na Figura 3, último estudo levantado pela Eletrobrás, o gráfico mostra o grande aumento no consumo de energia elétrica entre os anos de 2004 e 2008.



Figura 3. Consumo Brasileiro de Energia de 2004 a 2008 (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2010).

Todo esse crescimento no consumo energético do país obrigou por algumas vezes a mudança na estrutura de comercialização. O Mercado Brasileiro de Energia Elétrica teve que se transformar com o passar dos anos em um modelo mais arrojado e bem estruturado. Para uma melhora no setor foram criadas instituições que desempenhando papéis diferentes contribuem para o bom funcionamento de toda matriz energética, além de se alterar grande parte da legislação que regia as negociações com energia elétrica no Brasil.

Instituições como a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) foram criadas para monitorarem o mercado, sendo que esse monitoramento pode modernizar de tal forma a matriz elétrica brasileira a ponto de se tornar referência mundial em tecnologia de geração e transmissão de energia elétrica. Percebe-se então que a implantação de uma Rede Inteligente irá novamente modificar o mercado de energia, pois novidades como modicidade tarifária e controle ativo sobre o usuário final mudará drasticamente o modelo do mercado para o sistema de distribuição e consumo de energia.

4.3 Smart Grid sobre IP

Com um valor estimado em 20 bilhões de dólares em 2009, o mercado *Smart Grid* tem atraído à atenção de muitas empresas e principalmente de todos os principais fornecedores de equipamentos de redes de computadores, incluindo Cisco, IBM, Microsoft e Google. Esses fornecedores estão empurrando para o *Smart Grid* a adoção de padrões comuns de rede ao invés de protocolos para fins especiais. No entanto, a utilização de elementos *Smart Grid* está acontecendo antes de definirem as padronizações (NETWORK WORLD, 2009).

Existem muitos protocolos proprietários ou não atuando em sistemas *Smart Grid*, a proposta de utilização do protocolo IP (do inglês: *Internet Protocol*) conseguiria manter a comunicação entre diferentes sistemas, mesmo um sistema desconhecendo totalmente o funcionamento de outro. O Protocolo IP está rapidamente se tornando cada vez mais popular para redes *Smart Grid* interoperáveis. Portanto, é importante compreender os diferentes usos do arcabouço IP em tecnologias de rede Internet para as atuais e futuras aplicações em *Smart Grid*. Atualmente, temos alguns protocolos que estão cuidando desta melindrosa tarefa de adaptação do IP para Redes Inteligentes (NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY, 2009).

“IP e as normas da *Internet* serão os protocolos de escolha para o *Smart Grid*”, assim garantiu George W. Arnold, coordenador do maior instituto de normas e padronizações de tecnologia americano, o NIST (do inglês: *National Institute of Standards and Technology*). Ele também assume ser praticamente impossível assegurar a aplicação de IP em todos os cenários, concluindo que quando inadequado o protocolo deve ser abandonado e deve se procurar uma solução mais aprazível. Caso se tenha sistemas SCADA (do inglês: *Supervisory Control and Data Acquisition*), onde existe a necessidade de se ter tempos de resposta em milissegundos, e onde a exigência não é de roteamento de dados em uma rede, mas sim o controle em tempo real de um ativo crítico, esses são casos em que um protocolo

especializado historicamente tem sido utilizado e ainda podem ter um papel. Quando a intenção é obter comunicação com as centenas de milhões de dispositivos que irão interagir com o *Smart Grid*, os aparelhos inteligentes e assim por diante, de forma clara IP tem vantagens esmagadora em termos de implementação, onipresença e sua capacidade de criar infraestruturas interoperáveis, de baixo custo (NETWORK WORLD, 2009).

Os dispositivos terminais IP *Smart Grid*, ou também conhecidos como nós, são definidos como qualquer dispositivo IP ativo usado em uma *Smart Grid*, tais como medidores inteligentes (*smart meters*), sensores, relés, atuadores, IEDs (do inglês: *Intelligent Electronic Devices*), ou qualquer outra caixa com coleta de dados e funcionalidade de relatórios que podem ser conectados a uma camada de transporte IP. Estes dispositivos finais podem influenciar positivamente toda infraestrutura IP, com uma estrutura bem definida de implementação do conjunto de protocolos IP para alcançar uma interoperabilidade fim-a-fim das redes (NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY, 2009).

Hoje, o IP é um protocolo maduro e dominante na maioria das centrais e redes de telecomunicações WAN (do inglês: *Wide Area Network*) (incluindo o segmento de *backhaul* IP). O IP ainda está em sua infância de adoção nas redes de comunicação *Smart Grid* e diversas questões precisam ser abordadas antes da adoção plena ou a recomendação de uma convergência de fim-a-fim da camada IP. As melhores práticas da indústria de telecomunicações devem ser trazidos para a indústria *Smart Grid* para acelerar o desenvolvimento pleno de IP sobre sistemas inteligentes. No entanto, os principais desafios ainda permanecem, tais como: (i) a coexistência e a harmonização do conjunto IP com as atuais Redes Inteligentes e seus Medidores Inteligentes, sendo que estes possuem suas próprias pilhas de protocolos, como os desenvolvidos pelo ANSI C12.22 e outros como IEC 61850, DNP3 (do inglês: *Distributed Network Protocol Version 3*), entre outros, que são específicas para as indústrias de serviço público; e (ii) a adoção do IPv6 como mecanismo de resolução de escolha para o *Smart Grid* nova rede IP (NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY, 2009).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período em que o projeto de iniciação científica se desenvolveu, foram produzidos cinco extensos relatórios que embasassem teoricamente propostas de implantação de uma rede *Smart Grid*. Para propor alterações na rede elétrica atual foram levadas em conta

as tendências mundiais, bem com a observação de casos de sucesso de implantação da tecnologia.

Utilizando um sistema de gerenciamento da rede da Celg, o Sistema de Gestão Técnica (SGT), foi possível obter informações específicas quanto à configuração da rede atual da cidade de Nova Veneza (cidade escolhida para piloto do projeto de P&D da companhia). O dimensionamento da rede atual da cidade foi providencial para que se fosse possível levantar propostas que pudessem atender de forma eficiente à comunidade, dentro de uma perspectiva de uma Rede Inteligente.

5.1 Sistema de Gestão Técnica (SGT)

A Celg conta com o Sistema de Gestão Técnica (SGT) para tomadas de decisões em projetos e operações sobre a rede elétrica. O SGT disponibiliza alguns dados sobre todos os equipamentos da companhia. O sistema manipula dados utilizando a arquitetura GIS (do inglês: *Geographic Information System*), ou seja, a partir do posicionamento geográfico dos equipamentos consegue dispô-los em mapas e obter informações que caracterizam o dispositivo, poste ou até mesmo cabeamento.

As atividades que têm suporte pelo SGT são: Cadastro, Engenharia, Operação e Manutenção. O sistema de gestão procura otimizar essas tarefas para que as atividades sejam desenvolvidas de forma controlada e que possa produzir o melhor resultado. Optou-se por utilizar o SGT ao invés de se construir um *software* que seria incapaz de fornecer uma grande riqueza de detalhes de informações, como previsto inicialmente no Plano de Trabalho do pesquisador acadêmico (aluno).

Um sistema de tamanho porte como o SGT demanda um alto poder de processamento, o que gera um ambiente robusto e de alta disponibilidade, com isso a Celg tem um custo/benefício satisfatório. Para que a plataforma desempenhe seu serviço de forma eficiente atualmente a Celg conta com mais de vinte servidores e mais de 2 TB de disco, exclusivos para o SGT.

No entanto, devido à falta de medições remotas e a falta de uma interface nos equipamentos que permita a telemetria, o sistema não disponibiliza algumas informações que seriam relevantes em projetos da companhia. Informações como fator de potência nos transformadores, potência instantânea, perda de energia na transmissão, entre outros, apenas seriam conseguidos se existisse uma infraestrutura de telecomunicações para obtê-las. *Smart Grid* surgiria nesse contexto, da necessidade de controlar todo o sistema de energia elétrica.

5.2 Rede Atual de Nova Veneza

Utilizando o SGT, a Celg disponibilizou para o projeto, os principais dados da atual rede da cidade de Nova Veneza. Informações como quantidade de medidores, localização de todo o posteamento da cidade, localização e potência dos transformadores, comprimento das

redes primária e secundária, além da fase de cada um dos componentes, foram todas disponibilizadas.

Com a informação disponível, foi possível caracterizar a rede da cidade para que as propostas levantadas, com intuito de transformação da rede, fossem mais consistentes. O Quadro 1 apresenta os dados referentes à rede elétrica de Nova Veneza.

Quadro 1. Dimensionamento da rede de Nova Veneza.

Medidores	Quantidade total: 2342
	Quantidade por Fases: <ul style="list-style-type: none"> • ABCN = 562 • AN = 460 • BN = 399 • CN = 440 • ABN = 2 • ACN = 1 • BCN = 1 • ABC = 34 • A = 150 • B = 160 • C = 128 • AB = 3 • AC = 0 • BC = 2
Transformadores	Quantidade total: 80
	Quantidade por Fases: <ul style="list-style-type: none"> • ABC = 45 • A = 9 • B = 20 • C = 6
Rede Primária	Comprimento Total: 32,052 km
	Comprimento por Fases: <ul style="list-style-type: none"> • ABC = 21,458 km • A = 1,684 km • B = 7,004 km • C = 1,905 km
Rede Secundária	Comprimento Total: 49,141 km
	Comprimento por Fases: <ul style="list-style-type: none"> • ABCN = 34,939 km • AN = 498,54 m • BN = 62,88 m • CN = 475,62 m • ABN = 144,31 m • ACN = 13,91 m • BCN = 0 • N = 13,006 km
Chaves de Manobra	Quantidade total: 55

5.3 Proposta 1: Arquitetura Smart Grid com controle por sistema Wi-Fi

O fato de Nova Veneza ser uma cidade de pequeno porte com um raio de extensão aproximado em 2,6 Km favorece a implantação de uma tecnologia wireless para o controle de

ativos da rede. Atualmente estão disponíveis tecnologias suficientemente estáveis e confiáveis que conseguem manter um *link* de rádio, mesmo em distâncias superiores a 5 km.

A empresa Wavion disponibiliza para seus clientes aparelhos altamente robustos e capazes de manter *links Wi-Fi* a dezenas de quilômetros de distância. Uma única antena poderia cobrir um raio de até 15 km, o que seria mais do que suficiente para a pequena cidade de Nova Veneza. Para contarmos com a tecnologia, seria necessário à utilização de medidores eletrônicos e transformadores que disponibilizassem uma interface wireless. A Figura 4 apresenta um medidor com a capacidade de se comunicar por ondas de rádio (do inglês: *wireless*). O custo desse medidor está por volta de U\$ 300,00 (trezentos dólares) ou R\$ 500,00 (quinhentos Reais).



Figura 4. Medidor com interface *Wireless*.

A tecnologia Wi-Fi seria uma boa alternativa, pois não se demanda em redes *Smart Grid* uma banda muito grande, ou seja, apesar de serem muitos dados coletados, estes não são grandes o bastante para exigirem uma largura de faixa grande para o tráfego. A tecnologia proporcionada pela Wavion consegue com o mesmo padrão Wi-Fi IEE 802.11, padrão usado por roteadores comuns, dispositivos mais robustos e confiáveis. O arranjo de antenas encontradas no catálogo da empresa promete uma sensibilidade maior ao ruído e consegue estabelecer um sistema com alcance muito superior às antenas convencionais. Um arranjo de antenas com os parâmetros necessários para viabilizá-la na utilização do projeto tem um custo estimado de R\$ 10.000,00 (dez mil Reais).

Uma rede de comunicação Wi-Fi, utilizando o sistema proposto, se torna segura, robusta, flexível e escalável. Os medidores estão sujeitos à autenticação, a rede é confiável e o aumento do número de clientes é facilmente suportado. A Figura 5 apresenta a disposição geográfica dos transformadores na cidade juntamente com o raio de cobertura mínimo para que a antena consiga obter dados de todos os transformadores da cidade.



Figura 5. Disposição geográfica dos transformadores na cidade de Nova Veneza (Goiás).

5.4 Proposta 2: Arquitetura Smart Grid com controle por PLC faixa estreita

A tecnologia PLC (do inglês: *Power Line Communication*) faixa estreita, nada mais é do que tráfego de dados pelo mesmo meio físico que a eletricidade. A grande vantagem dessa arquitetura é o fato do aproveitamento dos cabos, já existentes para o tráfego de energia elétrica. Assim, o investimento fica restrito aos dispositivos da rede de comunicação PLC e interface para os dispositivos a serem controlados.

A tecnologia PLC ficou conhecida como um meio de disponibilização de *Internet* banda larga. Entretanto, na proposta deste projeto, seu uso fica restrito apenas para tráfego de dados de controle da rede. Assim como a proposta anterior, uma arquitetura de rede IP é requerida, o que facilita muito no controle dos dados e gerenciamento da rede. Atualmente, o uso do PLC já está relativamente regulamentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) e pela Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel), o que seria uma vantagem no processo de adoção da tecnologia. A troca dos medidores analógicos por medidores eletrônicos com interface para comunicação em uma rede PLC também é necessária, disponibilizando uma interface de comunicação de via dupla por receber ou enviar mensagens na rede PLC.

Em um projeto de P&D da Celg com a Universidade Federal de Goiás, o PLC já foi testado de forma bem consistente e os conhecimentos adquiridos no passado seriam de grande

valia na sua utilização em uma futura Rede Inteligente. No entanto, testes também demonstraram que a tecnologia não é tão eficaz na “última milha” em redes urbanas e seria mais eficiente em zonas rurais, onde a capilaridade da rede é menor. Talvez o sucesso da utilização dessa tecnologia resida exatamente na aplicação da arquitetura da *Smart Grid* com controle por PLC faixa estreita.

O conhecimento da rede elétrica atual da cidade de Nova Veneza também pode ser obtido via SGT, o que é providencial para o projeto da rede PLC, que funcionará sobre o cabeamento de eletricidade atual. A Figura 6 apresenta a rede primária e a rede secundária da cidade de Nova Veneza (Goiás).

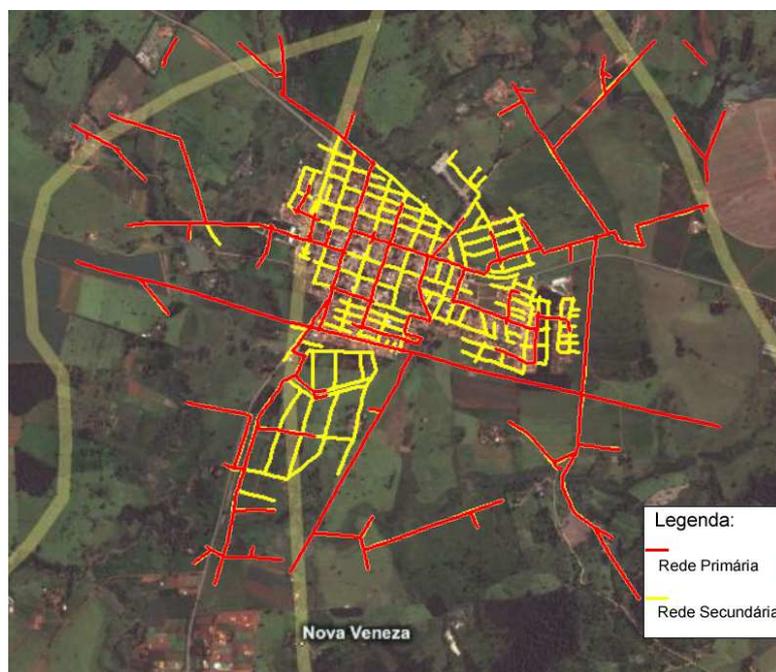


Figura 6. Redes primária e secundária da cidade de Nova Veneza (Goiás).

5.5 Proposta 3: Arquitetura Smart Grid com controle por GPRS

Por último, é apresentada uma proposta de arquitetura *Smart Grid* temos com utilização da rede de celular para controle dos ativos da rede. A grande vantagem dessa proposta está no fato de não se gastar na infraestrutura de comunicação, pois a utilização de GPRS (do inglês: *General Packet Radio Service*) se dá por meio da rede de telefonia celular. A preocupação com esse projeto seria na melhor disposição de modems GPRS ao longo dos postes, criando nós de comunicação, o que geraria uma malha interligada por toda cidade. Os modems como nós da rede se comunicariam com os medidores e transformadores, enviando

dados à Estação Rádio Base (ERB) mais próxima e esses dados, seriam repassados para o servidor central da concessionária de energia.

A desvantagem da utilização da infraestrutura de comunicação GPRS está na vulnerabilidade do sistema e no custo de manutenção, pois a Celg teria de manter um contrato para que se utilizasse alguma prestadora de serviços de telecomunicação via celular. Do ponto de vista de implantação, não haveria grandes problemas, pois com o auxílio do SGT é possível ter a localização geográfica de todo o posteamento da cidade de Nova Veneza (Goiás), sendo que essa informação seria útil para a definição das melhores posições para fixação dos modems GPRS, conforme apresenta a Figura 7.



Figura 7. Posteamento da cidade de Nova Veneza (Goiás).

6 CONCLUSÕES

Dentro da proposta de Iniciação Científica (PIBIC), os objetivos foram alcançados e o plano de trabalho foi cumprido. A divulgação da tecnologia foi feita por uma palestra para os estudantes da Escola de Engenharia e de Computação (EEEC), conforme previsto no plano de trabalho. Dentre os relatórios elaborados para o projeto, foram contemplados projetos piloto por todo planeta, além de aprofundar em questões técnicas a respeito da construção efetiva de uma rede *Smart Grid*. Assim, foi possível gerar uma base teórica a ser utilizada na continuação do projeto de P&D da Celg.

A revolução causada pelas futuras Redes Inteligentes certamente irá transformar o que se conhece na distribuição e consumo de energia elétrica. As Centrais Elétricas de Goiás (Celg) está se preparando para o futuro próximo. Os primeiros investimentos serão altos, mas o retorno será imediato. Ter domínio da tecnologia, com certeza será um diferencial para

utilização da tecnologia *Smart Grid* em larga escala. Por fim, percebe-se que existe uma gama de opções de tecnologias de acesso ao meio que possibilitará deixar nossas atuais redes passivas em redes altamente inteligentes. Mas para isso, é necessário muita disposição, empenho e pesquisa para que a melhor escolha de arquitetura(s) proposta(s) nesse trabalho seja finalmente adotada.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, S. G. DE et al. **Evolução para Smart Grid da Supervisão do Fornecimento de Energia Elétrica em Média e Baixa Tensão Utilizando Diferentes Tecnologias de Comunicação.** Goiânia: EEEC/UFG, 2009, 11 p. (Série Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento CELG nº 253, PPD/SPED59).

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Portal da Companhia Energética de Minas Gerais.** Disponível em: <<http://www.cemig.com.br>>. Acessado em: 12 jun de 2011.

DEBLASIO, R.; TOM, C. Standards for the Smart Grid. **IEEE Energy 2030**, Estado Unidos, Georgia, nov. 2008.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Consumo Brasileiro de Energia.** Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>. Acessado em: 12 jun de 2011.

FALCÃO, D. M. **Integração de Tecnologias para Viabilização da Smart Grid.** In: III Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, 2010, Belém. SBSE 2010. 2010, v. 1, p.1-5.

FERREIRA, M. C. A. F. **Perspectivas e Desafios para a Implantação das Smarts Grids: um estudo de caso dos EUA, Portugal e Brasil.** 2010. **Monografia de Final de Curso.** (Instituto de Economia, UFRJ). Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

JORNAL DA ENERGIA. **Avanços em favor das redes inteligentes.** Disponível em: <http://www.jornaldaenergia.com.br/artigo_ler.php?id_artigo=26>. Acessado em: 12 jun de 2011.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **The Role of the Internet Protocol (IP) in AMI Networks for Smart Grid.** National Institute of Standards and Technology, 2009. Outubro, 2009.

NETWORK WORLD. **Why IP is the right choice for Smart Grid.** Estados Unidos, 2009. Disponível em: <<http://www.networkworld.com/news/2009/102909-smart-grid-ipv6-qa.html>>. Acessado em: 12 jun de 2011.

UNIVERSITY OF COLORADO. **Smart Grid deployment in Colorado: Challenges and Opportunities.** 2010. **Report.** (University of Colorado at Boulder, UC). Boulder: UC, 2010.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. **Smart Grid: An Introduction.** Estados Unidos da América: 2010. Disponível em: <http://www.oe.energy.gov>. Acessado em: 12 jun de 2011.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. **Portal do U.S. Department of Energy.** Disponível em: <<http://www.oe.energy.gov/smartgrid.htm>>. Acessado em: 12 jun de 2011.