

**Universidade de Brasília - UnB**  
**Faculdade UnB Gama - FGA**  
**Curso de Engenharia de Energia**

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE  
MONITORAMENTO DE CONSUMO DE ENERGIA NO  
CAMPUS UNB GAMA - FGA**

**Autora: Micaelle Araújo de Siqueira**

**Orientador: Rudi Henri van Els**

**Brasília, DF**

**2015**



**MICAELLE ARAÚJO DE SIQUEIRA**

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DE CONSUMO DE  
ENERGIA NO CAMPUS UNB GAMA - FGA**

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Energia da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia.

Orientador: Dr. Rudi Henri van Els

**Brasília, DF**

**2015**

## CIP – Catalogação Internacional da Publicação\*

Siqueira, Micaelle Araújo de.

Implementação de um sistema de monitoramento de consumo de energia no campus UnB Gama - FGA / Micaelle Araújo de Siqueira. Brasília: UnB, 2015. 31 p. : il. ; 29,5 cm.

Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília

Faculdade do Gama, Brasília, 2015. Orientação: Rudi Henri van Els.

1. Monitoramento de consumo. 2. Redes Inteligentes. 3. Gestão de energia

I. Els, Rudi Henri van. II. Implementação de planta de Smart Grid no campus UnB Gama - FGA.

CDU Classificação



**IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DE CONSUMO DE  
ENERGIA NO CAMPUS UNB GAMA - FGA**

**Micaelle Araújo de Siqueira**

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia da Faculdade UnB Gama - FGA, da Universidade de Brasília, em dd/12/2015 apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

---

**Prof. Dr.: Rudi Henri van Els, UnB/ FGA**

Orientador

---

**Prof<sup>a</sup>. Dra.: Loana Nunes Velasco, UnB/ FGA**

Membro Convidado

---

**Prof. (Titulação): Nome do Professor, UnB/ FGA**

Membro Convidado

Brasília, DF

2015

Esse trabalho é dedicado à minha família, como forma de gratidão à todo apoio que me foi dado durante os últimos anos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a Deus e Nossa Senhora por todas as bênçãos concedidas até o presente momento.

Ao Professor Rudi por todas orientações que me foram dadas durante todo meu percurso acadêmico, pela paciência e por confiar à mim mais este projeto.

À Universidade de Brasília por todo acolhimento e auxílios nestes últimos anos.

Aos meus colegas de curso que acompanharam o desenvolvimento deste trabalho e aos que me deram apoio diante das dificuldades.

Aos meus familiares que nunca me deixaram desacreditar desta graduação e em tantos outros sonhos.

À minha mãe que viveu este sonho comigo e que não mediu esforços para me apoiar.

Ao meu companheiro João Paulo e à minha filha Olívia, com os quais posso compartilhar minhas dificuldades e conquistas, e que compreendem minha ausência e me incentivam a prosseguir na busca por este objetivo.

Consagre ao Senhor tudo que você faz e os seus planos serão bem sucedidos.

Provérbios 16,3.

## RESUMO

Diante das necessidades energéticas mundiais, os estudos acerca do melhor aproveitamento da energia elétrica na carga se tornam imprescindíveis. Neste contexto, o uso de sistemas de monitoramento de consumo e redes elétricas inteligentes (Smart Grids) mostram-se potencialmente atrativos, já que podem melhorar a eficiência energética, visto que apresentam menores perdas e melhoria da qualidade do abastecimento. O presente trabalho exhibe a aplicação dos estudos sobre redes elétricas inteligentes realizadas até o presente momento no campus Gama da Universidade de Brasília. O sistema ainda em adaptação, realiza monitoramento da carga e consumo, e seus efeitos na rede elétrica do campus, utilizando recursos como dispositivos eletromecânicos e suporte do software SCADA-BR (Supervisory Control and Data Acquisition). Os resultados alcançados possibilitam a identificação do perfil de consumo do campus e de possíveis necessidades de aprimoramento das instalações e adaptações contratuais com a distribuidora. O trabalho também apresenta revisão bibliográfica sobre estado da arte de redes elétricas inteligentes e exemplos de estudo de caso similares, como parte de sua contextualização.

**Palavras-chave:** Monitoramento de consumo. Redes Inteligentes. Gestão de energia.



## ABSTRACT

Against the world's energy needs, the studies on the better use of electricity in charge become indispensable. In this context, the use of consumption monitoring systems and smart grids (Smart Grids) show up potentially attractive, since it can improve energy efficiency, as they have lower losses and improved quality of supply. This paper shows the application of studies on smart grids carried out to date range on campus at the University of Brasilia. The system also on adaptation, conducts monitoring of load and consumption, and his achievements in electrical campus network, using resources such as electromechanical devices and SCADA-BR software support (Supervisory Control and Data Acquisition). The results achieved are sufficient to identify the campus consumption profile and possible improvement needs of facilities and adaptations contract with the distributor. The work also presents literature review on state of the art smart grids and similar case study examples, as part of its context.

**Keywords:** Measuring consumption. Intelligent networks. Power management.



**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Vista superior das instalações atuais da Faculdade UnB-Gama.....	14
Figura 2. Projeto das futuras instalações do campus Gama .....	15
Figura 3. Distribuição das cargas na FGA.....	16
Figura 4. Subsistemas integrantes de uma rede elétrica inteligente .....	20
Figura 5. Categorias de tecnologias de uma REI .....	21
Figura 6. Ícones do ScadaBR.....	25
Figura 7. Índice de economia em reais, após reajuste de contrato .....	27
Figura 8. Pontos monitorados na UnB .....	31
Figura 9. Gerenciador de energia CCK 5100. ....	33
Figura 10. Sistema de monitoração de energia no campus Darcy Ribeiro.....	34
Figura 11. Esquema de medição instalado na FGA.....	37
Figura 12. Multimedidor SETRON PAC 3100.....	38
Figura 13. Transmissão paralelo.....	39
Figura 14. Transmissão serial .....	39
Figura 15. Conversor RS232/ RS485.....	40
Figura 16. Medidor de energia SAGA-1000 .....	41
Figura 17. Interface de monitoramento com ScadaBR na FGA. ....	42
Figura 18. Demandas máximas medidas na ponta (P) e Fora de Ponta (FP) versus valores de demanda contratados .....	45
Figura 19. Comparação entre as tarifas azul e verde para FGA .....	46

**LISTA DE QUADROS**

Tabela 1. Descrição das categorias tecnológicas de uma REI.....	22
Tabela 2. Classificação de consumidores do Grupo A.....	29
Tabela 3. Área total dos prédios monitorados.....	32
Tabela 4. Relação de cargas nos prédios da UnB. ....	35
Tabela 5. Registro de consumo e demanda de potência da FGA.....	44
Tabela 6. Análise comparativa entre a Modalidade Tarifária Horo - Sazonal Azul e Verde.....	45

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1. OBJETIVOS DO TRABALHO .....	17
1.1.1 Objetivos específicos.....	17
1.2. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>19</b>
2.1. REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES - <i>SMART GRIDS</i> .....	19
2.2. MEDIDORES INTELIGENTES – <i>SMART METERS</i> .....	23
2.3. TECNOLOGIA PARA MONITORAMENTO DE CONSUMO .....	24
2.3.1. Controle Supervisório e Aquisição de Dados - SCADA-BR.....	24
2.3.2. Exemplo de monitoramento no campus Darcy .....	26
2.4. ESTRUTURA DE TARIFAÇÃO ELÉTRICA .....	28
2.4.1.TARIFAÇÃO HORÁRIA.....	28
<b>3. REDE DE MONITORAMENTO DE CONSUMO NA UNB.....</b>	<b>31</b>
3.1 ESTRUTURA DA REDE DE MONITORAMENTO NO CAMPUS DARCY RIBEIRO .....	31
3.2. REDE DE MONITORAMENTO NO CAMPUS GAMA - FGA .....	36
3.2.1 Estrutura de hardware e software.....	36
<b>4. ESTUDO DE CASO: FATURAMENTO DE ENERGIA DA FGA.....</b>	<b>43</b>
<b>5. TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>47</b>
5.1. CRONOGRAMA DE TRABALHO .....	47
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>49</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>52</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As instalações atuais do campus da Faculdade do Gama - FGA contam com três prédios, Unidade Acadêmica (UAC), Unidade de Ensino e Docência (UED) e Módulo de Serviços e Equipamentos Esportivos (MESP). Na UAC se encontram as salas de aula, o auditório, a biblioteca e lanchonete, com 4.200m<sup>2</sup> construídos. Na UED, com 6.000m<sup>2</sup> construídos, se encontram as salas dos professores, coordenadores e a direção do Campus e os principais laboratórios. No MESP se encontram o Restaurante Universitário (RU), uma fotocopiadora e uma quadra poliesportiva. Recentemente foram anexos ao campus alguns containers que são utilizados como laboratórios e salas de projetos. (CEPLAN, 2010)



Figura 1. Vista superior das instalações atuais da Faculdade UnB-Gama.

O projeto da UnB campus Gama prevê a construção de aproximadamente mais 10 prédios para abrigar biblioteca, administração, moradia estudantil, laboratórios de pesquisa e pós graduação, entre outros. No entanto, a conclusão da obra está prevista para um longo prazo, entre 5 e 10 anos, já que atualmente nenhuma obra está em curso. (CEPLAN, 2010)

As instalações possuem uma subestação própria, cedida à distribuidora Companhia Energética de Brasília (CEB), com demanda contratada. O contrato do campus foi feito com a modalidade tarifária horária azul. Observando as faturas de consumo de energia elétrica do campus Gama, pode-se perceber que os valores contratos são consideravelmente maiores que os valores reais de consumo, ou seja, existe uma defasagem entre a demanda contratada e o consumo atual. Isto ocorre pelo fato de o contrato ter sido realizado junto à distribuidora visando o consumo do campus com o projeto mais avançado do que se tem atualmente.



Figura 2. Projeto das futuras instalações do campus Gama. Fonte: (Ceplan 2010)

Na FGA as principais cargas do prédio UED estão nos laboratórios, no prédio UAC nas salas de aula com computadores e no MESP estão no restaurante universitário.

O prédio UED conta com laboratórios de química, física, circuitos eletrônicos, sistemas digitais, dinâmica dos fluidos, materiais, análise instrumental, eletricidade e dois laboratórios que somam cerca de 100 computadores, além de equipamentos de laboratórios como bombas, motores e fornos.

A unidade acadêmica – UAC – conta em sua maioria com salas de aula, mas também possui cargas de 5 laboratórios, secretaria, centro de informática (CPD), biblioteca e lanchonete. Juntos estes somam cerca de 300 computadores e 15 condicionadores de ar, além de todas salas possuírem ampla iluminação e projetores.

O módulo de esportes – MESP – soma em sua carga a iluminação do refeitório e da quadra poliesportiva, o uso de caldeiras e fornos elétricos no restaurante.

As cargas instaladas nos prédios UED e UAC são respectivamente, 734 kVA e 520 kVA. No UED existem 2 quadros gerais de baixa tensão, que se localizam próximos aos dois acessos da unidade, sua carga demanda é de cerca de 660 kVA. Na UAC existe um único quadro geral de distribuição, a carga demandada desta unidade é de cerca de 468 kVA. A Fig. (3) apresentam, respectivamente, um resumo das cargas.

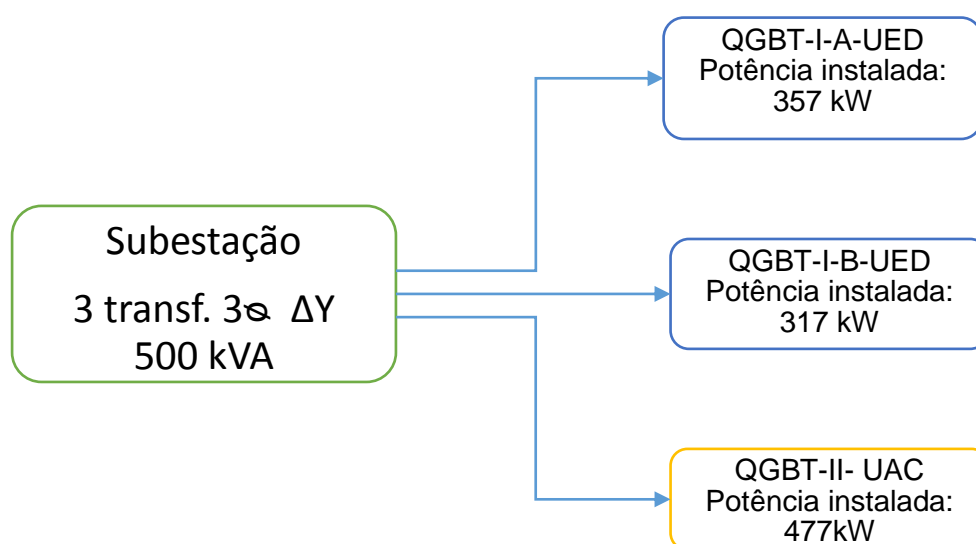


Figura 3. Distribuição das cargas na FGA.

Visando a administração do perfil de consumo do prédio, este trabalho tratará do uso de medidores de consumo inteligentes, para posterior implantação de uma rede elétrica inteligente no campus. Com a utilização destes recursos pode-se promover ações voltadas para readequações tarifárias e consequente economia de recursos financeiros, economia de energia e uso de geração distribuída. A partir daí torna-se possível o estudo de estratégias para controle do fluxo de energia dentro dessa rede por meio de software em conjunto com atuadores instalados dentro da rede elétrica. (SIQUEIRA, 2014)

Existe no campus um projeto em curso, que prevê a criação de um laboratório de Smart Grids, trata-se do “Eletroposto solar - Microgeração fotovoltaica distribuída integrada à arquitetura predial e sua aplicação para carregamento de veículos



elétricos”. Esse projeto prevê a instalação de uma planta de microgeração distribuída de energia elétrica por meio de painéis fotovoltaicos no campus como parte de uma planta piloto rede inteligente (Smart Grid). Atualmente no laboratório Termofluidos já se realiza monitoramento da rede elétrica com o software Supervisory Control And Data Acquisition – ScadaBR – com uso de medidores SENTRON PAC 3100. No entanto, a interface ainda não se encontra consolidada para uso ininterrupto ou para utilização em um laboratório de Smart Grids.

## 1.1. OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho tem por objetivo analisar o perfil de consumo da Faculdade do Gama a partir de um sistema de monitoramento com medidores SENTRON PAC 3100 e software ScadaBR, monitorar dados da rede elétrica, bem como validar os dados das faturas da distribuidora.

### 1.1.1. Objetivos específicos

- Sistematizar o monitoramento do consumo de energia elétrica da Faculdade do Gama.
- Construir uma interface homem-máquina didática no SCADA-BR para monitoramento da rede.
- Obter dados sólidos e confiáveis com o sistema de monitoramento.
- Construir o quadro de distribuição para o container.

## 1.2. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em 7 capítulos principais.

O Capítulo 1, sendo a introdução. O Capítulo 2, o referencial teórico, onde são tratados assuntos conceituais e referentes ao estado da arte de redes inteligentes, medidores inteligentes e sistemas de monitoramento, e exemplo de caso de monitoramento no campus Darcy Ribeiro.

O capítulo 3 trata dos aspectos técnicos dos sistemas de monitoramento na UnB (Gama e Darcy Ribeiro), como a estrutura de hardware e software empregada no trabalho. O Capítulo 4 mostra o estudo de caso acerca do faturamento de energia elétrica da Faculdade do Gama. No capítulo 5 são explanadas as expectativas de

trabalhos futuros para a segunda fase deste trabalho de conclusão de curso e o cronograma de execução. Os demais são o capítulo 6, com as referências bibliográficas e capítulo 7 dos anexos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste Capítulo serão revisados conceitos relevantes para melhor compreensão do desenvolvimento do trabalho. Os assuntos estão distribuídos em Redes Inteligentes, Tarifação Horária, Sistema de monitoramento de consumo de energia na UnB, e por fim Análise das contas da Faculdade do Gama.

### 2.1. REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES - *SMART GRIDS*

A matriz de geração de energia elétrica no século XXI se apresenta cada vez mais diversificada. No entanto, as redes de transmissão e distribuição de energia não sofreram alterações significativas. Com a crescente inserção de fonte renováveis de energia e geração distribuída na matriz energética mundial, tornou-se necessário o monitoramento de suas influências na rede elétrica. Iniciou-se a inclusão de medidores com funções que vão além de medir a energia, pois a estes foram incorporadas as funções de comunicação e interoperabilidade com diversos outros sistemas de monitoramento. A partir daí surgiu o conceito de smart grid, que apesar de não possuir um consenso acerca de sua definição, se apresenta em geral como uma tecnologia que permite o uso eficiente de energia elétrica.

Segundo Güngör et al.(2011), smart grid é uma evolução do sistema elétrico com objetivo de melhorar a eficiência, confiabilidade, segurança da energia na rede e integração de diversas fontes de energia de maneira harmoniosa. Podendo então, auxiliar no diagnóstico preciso de falhas na rede e em equipamentos ligados a mesma, a partir do uso de requisitos de comunicação e equipamentos de sensoriamento remoto com tecnologias eficientes e de baixo custo.

De acordo com a Agência Internacional de Energia, AIE (2011), as redes elétricas inteligentes – REI – são aquelas que interligam diferentes membros do sistema elétrico desde a geração até os consumidores finais, minimizando perdas e impactos ambientais e aumentando a confiabilidade e estabilidade do sistema. E são de suma importância para tomadas de decisões de investimentos no sistema, que conta com infraestrutura antiga e uma demanda crescente de energia, além de permitir a partilha de custos e benefícios entre os agentes interessados.

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE – em documento técnico do ano de 2012, apresenta a seguinte definição:

“As Redes Elétricas Inteligentes podem ser compreendidas como a rede elétrica que utiliza tecnologia digital avançada para monitorar e gerenciar o transporte de eletricidade em tempo real com fluxo de energia e de informações bidirecionais entre o sistema de fornecimento de energia e o cliente final. A implementação da REI possibilita uma gama de novos serviços, abrindo a possibilidade de novos mercados. Desta forma, a REI se apresenta como uma das fortes tendências de modernização do sistema elétrico em vários países.”

Desta forma, as redes inteligentes abrangem toda a infraestrutura do setor elétrico, desde as tecnologias tradicionais até as novas atividades incorporadas, como microrredes, medidores, veículos elétricos e armazenamento de energia. Para tal, suportes com tecnologias de informação e comunicação passam a ser essenciais. A Fig. (4) esboça os subsistemas integrantes de uma rede elétrica inteligente. (XINGHUO, et. al, 2011)

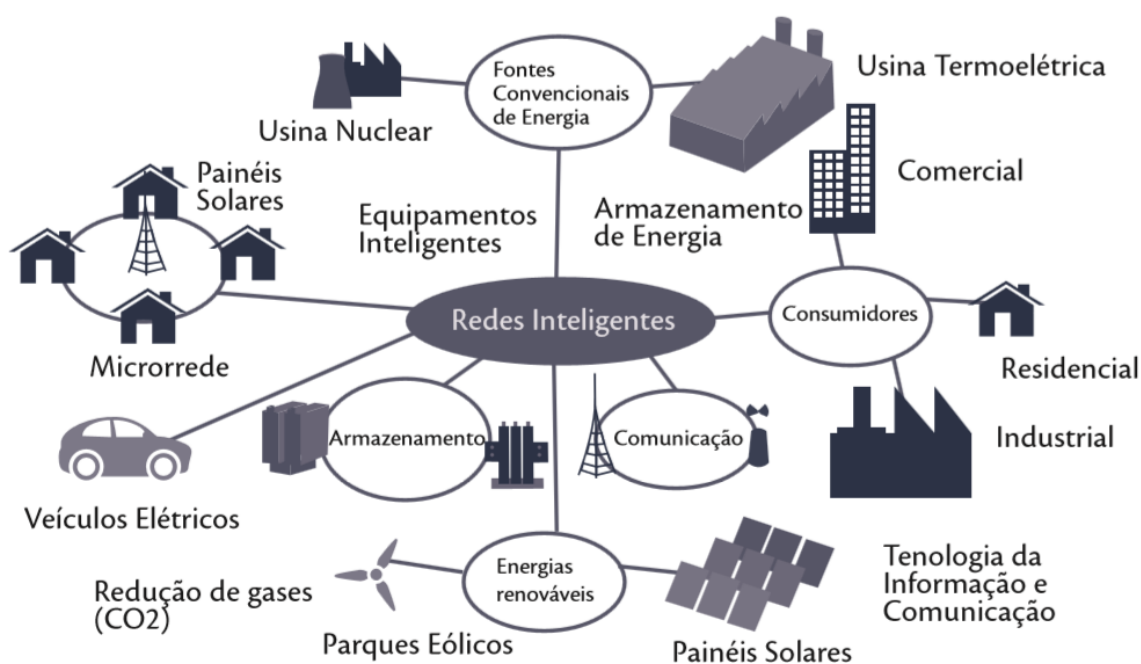


Figura 4. Subsistemas integrantes de uma rede elétrica inteligente. Fonte: (CGEE, 2012)

Uma descrição mais sólida, caracteriza as redes inteligentes como aquelas que promovem a participação ativa dos diversos agentes, incluindo os consumidores finais e acomodam sistemas de geração e armazenamento distribuídos, incorporam a prestação de novos serviços, aprimorando a qualidade, a gestão, a segurança e resistência da rede e que também proporcionam a recuperação automática da rede - *self-healing*, em inglês. (US Department of Energy, 2009)

Entre as principais questões da atualidade estão a segurança dos dados e a confiabilidade dos sistemas de comunicação. Por meio do monitoramento em tempo real do sistema de uma quantidade maior de pontos, problemas como perdas e furtos de eletricidade devem ser reduzidos. Sendo assim, é de suma importância o uso de tecnologias cada vez mais avançadas, mas principalmente validadas no processo de monitoramento das redes elétricas. (CGEE, 2012)

Existem diversas categorias de tecnologias para redes elétricas inteligentes. Dentre elas, se incluem as tecnologias para sistemas de monitoramento, desde a geração até o consumidor final. As principais categorias de tecnologias estão ilustradas na Figura (5). Cada uma destas categorias de tecnologias abrigam estruturas de hardware e softwares em seus respectivos sistemas, como mostra a Tabela (1). (CGEE, 2012)

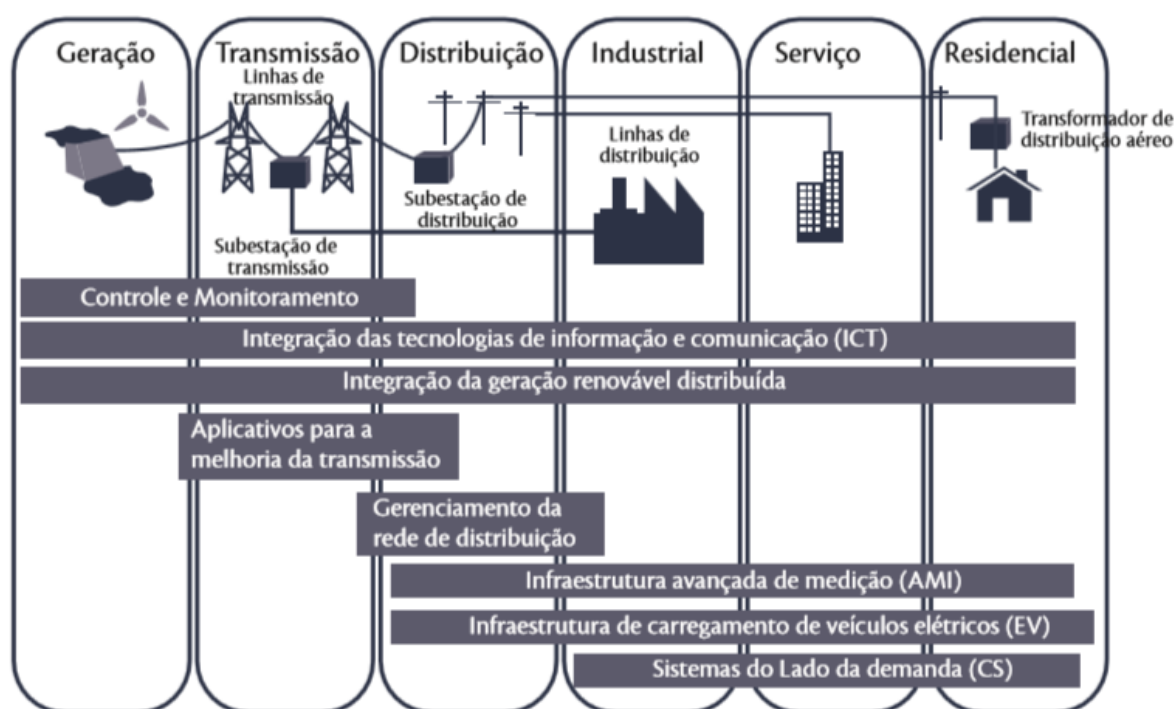


Figura 5. Categorias de tecnologias de uma REI. Fonte: (CGEE, 2012)

Tabela 1. Descrição das categorias tecnológicas de uma REI.

Categoria	Hardware	Software
Monitoramento e controle de longas áreas	Sensores	Sistemas SCADA, WAMS, WAAPCA e WASA
Integração de informação e comunicação	Equipamentos para comunicação (PLC, WIMAX, LTE, RF <i>mesh</i> , Celular), Roteadores, Gateways e Computadores	Sistemas ERP e CIS
Integração de geração distribuída e de fontes renováveis	Equipamentos de geração, Inversores e armazenamento de eletricidade	Sistemas EMS, DMS, SCADA e GIS
Aprimoramento da transmissão	Supercondutores, FACTS, HVDC	Sistemas de análise de estabilidade da rede e de recuperação automática
Gerenciamento da rede de distribuição	Chaves religadoras automáticas com sensores, sensores em transformadores e em cabos condutores	Sistemas GIS, DMS, OMS e WMS
Infraestrutura de medição avançada	Medidores eletrônicos inteligentes, Mostradores visuais de consumo e Computadores	Sistemas MDMS e de faturamento de energia
Infraestrutura de carregamento de veículos elétricos	Baterias, Inversores e Unidades automatizadas de abastecimento	Sistema de faturamento de energia, G2V e V2G
Gerenciamento pelo lado do consumidor	Mostradores visuais de consumo, Dispositivos portáteis e Equipamentos atuadores	Sistemas visuais de consumo, de gerenciamento de consumo doméstico e aplicações móveis

Fonte: (CGEE, 2012)

O campus da UnB Gama por se tratar de um universo acadêmico, está sempre a desenvolver projetos de pesquisa científica e tecnológica, como é o exemplo do projeto “Eletroposto solar - Microgeração fotovoltaica distribuída integrada à arquitetura predial e sua aplicação para carregamento de veículos elétricos”. (ELS, 2012) Esse projeto foi aprovado em chamada pública de pesquisa e desenvolvimento da Companhia Energética de Brasília – CEB-Distribuição – e prevê a instalação de uma planta de microgeração distribuída de energia elétrica por meio de painéis fotovoltaicos no campus Gama da UnB como parte de uma planta piloto rede inteligente. Assim sendo, é de suma relevância estudos associados a este setor e o passo inicial deve ser a instalação de um sistema de monitoramento de consumo no campus. (SIQUEIRA et. al.,2014)

## 2.2. MEDIDORES INTELIGENTES – *SMART METERS*

Com a popularização das redes inteligentes, surge também o termo medidor inteligente. Trata-se um dos elementos principais de todo o sistema, pois é o responsável pela maior parte das tarefas em uma rede inteligente. O mesmo deve ser capaz de processar informações e comunicar com diversos outros equipamentos do sistema, seja enviando ou recebendo informações, promovendo assim a conexão de toda a rede de maneira bidirecional. (MME, 2011)

Os medidores são o ponto de maior ênfase em tecnologias para redes inteligentes, com previsão de permuta de até 120 milhões de medidores até o ano de 2030. O desenvolvimento de medidores inteligentes desencadeia também a necessidade de construção de novos softwares, chips e sensores mais modernos e eficazes. Espera-se que com seu uso os consumidores possam monitorar seu consumo em tempo real e assim se sentirem estimulados à controlar gastos. (CGEE, 2012)

Os mercados internacionais estão atentos a esta tendência e alguns já estão instalando suas redes inteligentes. O desenvolvimento de medidores inteligentes mostra-se como um novo nicho de mercado. Os Estados Unidos e países da Ásia e Pacífico já iniciaram a corrida tecnológica na busca de se destacarem e conquistar o negócio. (REDE INTELIGENTE, 2012)

A ANEEL, em audiência pública 043/2010, discutiu o tipo de medidor a ser adotado pelo grupo B – residências, comércio e indústria de baixa tensão – e suas particularidades. Sugeriu-se que os mesmos fossem capazes de medir a energia ativa, energia reativa, tensão e tempo de interrupção do fornecimento, além de interoperar com o sistema e possuir um protocolo de comunicação aplicável aos diversos equipamentos. (ANEEL, 2012)

No entanto, um dos maiores entraves na prospecção das redes inteligentes é o investimento inicial. Segundo Lamin (2013) os dispêndios com aquisição e instalação dos medidores constituem a maior parte dos custos para implantar redes inteligentes. Além disso, os gastos com os demais componentes da rede se baseiam no custo dos medidores inteligentes.

### 2.3. TECNOLOGIA PARA MONITORAMENTO DE CONSUMO

Sistemas de monitoramento de consumo de energia vem sendo cada vez mais utilizados pelos consumidores finais. Estes o fazem almejando conhecer seu perfil de consumo de energia e ter controle sobre as influências das mudanças de hábitos, e mais do que isso, encontrar uma forma de economizar nas faturas. As ferramentas mais utilizadas para monitoramento de consumo são em sua maioria informativas, de forma unidirecional, onde não há interoperabilidade entre os equipamentos.

Algumas das tecnologias mais comuns estão os medidores de energia, padrões de comunicação (meio de comunicação) e uma interface com mostradores mais didáticos com dados mensurados. O SCADA é um software muito utilizado para criação desta interface, desde sistemas de monitoramento simples até grandes painéis de controle, já que o mesmo além de monitorar dados também pode comandar equipamentos. Na FGA o mesmo é utilizado, só que em um processo de medição unidirecional, e não bidirecional como deve ser uma rede inteligente. A seguir o SCADA será melhor apresentado.

#### 2.3.1. Controle supervisão e aquisição de dados – Scada-BR

O ScadaBR é um software livre gratuito do tipo SCADA – *Supervisory Control and Data Acquisiton*, e é utilizado para automatizar processos de sensoriamento, medição e automação. Por meio do ScadaBR pode-se acessar e controlar dispositivos e máquinas, além de ser possível salvar dados, criar um histórico destes dados, receber alarmes e controlar processos. (SCADABR, 2010)

Este sistema automatizado é composto por:

- 1) Processo controlado
- 2) Barramentos de comunicação
- 3) Servidor de Aquisição de dados e controle supervisão (SCADA)
- 4) Interface do usuário

Ao ser instalado no computador o ScadaBR, o software sempre é executado por meio de um servidor Java, geralmente o Apache Tomcat, que está incluso no instalador do ScadaBR. O acesso as telas de configuração e a interface do usuário se dão por meio de um navegador de internet, por meio do endereço do servidor,



podendo ser realizado a partir de outros computadores diferentes localizados na mesma rede. (SCADABR, 2010)

Os parâmetros importantes a serem configurados são *datasources* (fonte de dados), *datapoints*, representações gráficas, relatórios e tratadores de eventos. Estes são uns dos principais parâmetros da barra de ícones, ilustrada na Figura (6).

Ícone	Função	Ícone	Função
	<i>Data Source</i>		<i>Data Point</i>
	Gráfico		<i>Set Point</i>
	<i>Watch List</i>		Representação Gráfica
	Atualizar		Detector de Valor
	Evento Composto		Evento Agendado
	Tratadores de Eventos		Alarme
	Usuário		Relatório
	Listas de Envio		<i>Publisher</i>
	Aviso		<i>Logout</i>

Figura 6. Ícones do ScadaBR. Fonte: (CALIXTO, 2015)

Este tipo de sistema *open-source*, além de ter licença gratuita permite que os usuários modifiquem o código fonte. Desta forma, sistemas SCADA são utilizados desde aplicativos simples de sensoriamento até os conhecidos painéis de controle de grandes empresas. (SCADABR, 2010)

Algumas funcionalidades existentes em um SCADA genérico estão:

- “Geração de gráficos e relatórios com o histórico do processo;
- Detecção de alarmes e registro de eventos em sistemas automatizados;
- Controle de processos incluindo envio remoto de parâmetros e set-points, acionamento e comando de equipamentos;

- Uso de linguagens de script para desenvolvimento de lógicas de automação ou (receitas)”. (SCADABR, 2010)

### **2.3.2. Exemplo de monitoramento no campus Darcy Ribeiro**

Em seu trabalho de mestrado, Oliveira (2006), implantou um sistema de monitoramento de consumo em tempo real no campus Darcy Ribeiro da UnB. O trabalho consistiu em implantar o sistema de gestão do consumo e criar um banco de dados, para que pudessem ser levantadas curvas de carga dos prédios em análise e também estudo dos contratos da UnB junto a CEB.

Durante a realização dos estudos, Oliveira (2006) instalou os equipamentos para monitoração, programou os equipamentos e criou a interface gráfica com os valores medidos em tempo real. O sistema utilizado foi da CCK Automação, pois já era utilizado no local, instalado por Almeida (2003) em seu projeto de mestrado. O sistema CCK é composto por gerenciadores, transdutores e registradores de energia.

O sistema faz a monitoração de energia acoplado à medição da CEB, acompanhando os valores da demanda, fator de potência e programação horária em tempo real. Em seguida, envia os dados para um microcomputador que armazena em um banco de dados. Semanalmente era realizada de forma manual, uma cópia de segurança dos dados. (OLIVEIRA, 2006)

A interface do sistema permite a criação de relatórios com as grandezas escolhidas (demanda, consumo, tensão, fator de potência e de carga) e com gráficos diários ou mensais, além da emissão e rateio das faturas de energia dos prédios monitorados. Outra medição importante realizada pelo sistema é a de interrupções de fornecimento e falhas no sistema. (OLIVEIRA, 2006)

A partir da instalação do banco de dados, Oliveira (2006), pôde realizar a gestão elétrica da UnB e detectar índices de perdas e desperdícios e atingir as curvas de carga típica dos prédios em estudo. Um importante resultado alcançado pelo estudo foi a economia com os custos de energia, já que as contas eram faturadas como tarifa de ultrapassagem, de acordo com contrato junto à CEB, e após as análises o contrato de adesão foi reajustado em dezembro de 2005.

Segundo Oliveira (2006), antes da revisão de contrato, os custos totais com energia elétrica, eram em média de R\$ 650.000,00 por mês, e após revisão contratual, as faturas de 2006 foram reduzidas e passaram a ter economia de aproximadamente R\$ 200.000,00 mensais em média. Isto significa em uma economia de R\$2.400.000,00 anuais, sem que nenhuma outra medida de redução de consumo tenha sido tomada. A Fig. (7) ilustra o índice de economia após o reajuste do contrato com a CEB rateado entre os prédios monitorados.

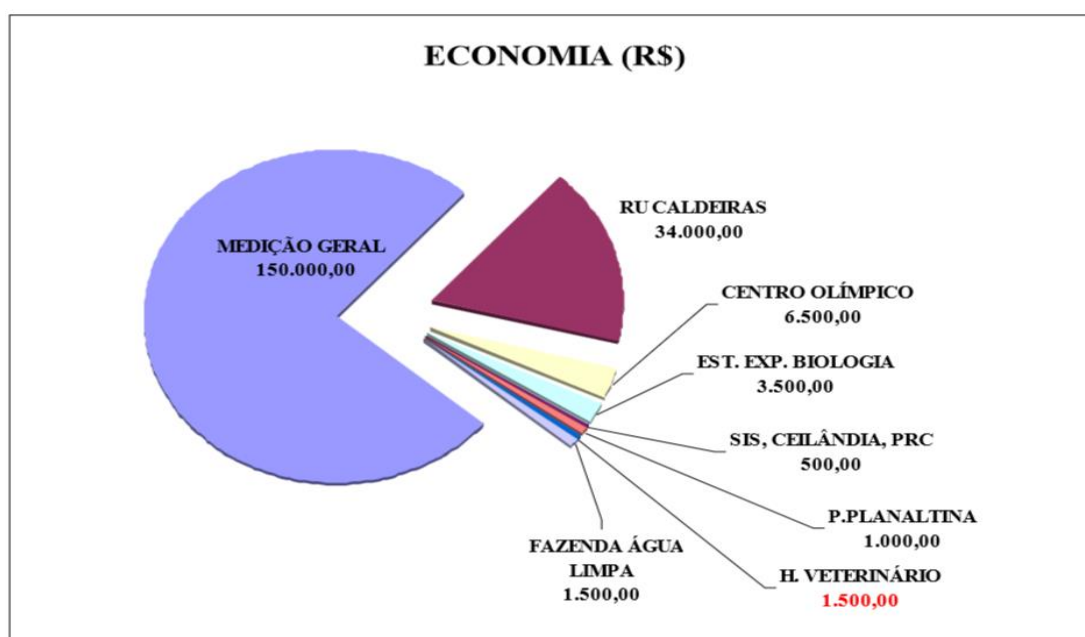


Figura 7. Índice de economia em reais, após reajuste de contrato. Fonte: (OLIVEIRA, 2006)

Outras medidas de redução do consumo de energia foram sugeridas pelo estudo como melhor horário para desligamentos das caldeiras do restaurante universitário, instalação de banco de capacitores em alguns prédios e doação da iluminação pública para a administração de Brasília, o que teria por consequência mais economia que dos que as já obtidas (OLIVEIRA, 2006).

Com o estudo de Oliveira (2006) percebe-se que a gestão do consumo é uma ótima ferramenta de combate ao desperdício e que se mostra vantajosa em diversas esferas. Sendo assim, este projeto de mestrado é relevante e serve de motivação para os trabalhos futuros a serem realizados também na Faculdade UnB Gama.

## 2.4. ESTRUTURA DE TARIFICAÇÃO ELÉTRICA

Conforme a Resolução Normativa nº414 (2010), os consumidores de energia elétrica no Brasil são identificados por classes e subclasses de consumo, para que seja feita a aplicação das tarifas pela distribuidora. As principais classes são: residencial, industrial, rural, poder público, iluminação pública, serviço público, comercial, serviços e consumo próprio da distribuidora. Também há classificação de consumidores em grupos A e B, se dá pelo nível de tensão que são atendidos. O grupo A compreende consumidores de alta tensão (de 2,3 a 230 kV) e é binômica e o grupo B compreende os consumidores de média e baixa tensão (<2,3 kV).

As tarifas são baseadas na demanda de potência e no consumo de energia. Demanda corresponde à potência média em quilowatt (kW) verificada em intervalos de 15 minutos. O consumo corresponde à energia utilizada em quilowatt-hora (kWh). Consumidores residenciais pagam apenas pela energia utilizada, mas médios e grandes consumidores pagam pela demanda e pela energia.

Alguns parâmetros que influenciam nas faturas e tarifas de energia elétrica são: horário de ponta e fora de ponta, período úmido e seco. Estes são definidos por PROCEL (2001) como:

“O horário de ponta é o período de 3 (três) horas consecutivas exceto sábados, domingos e feriados nacionais, definido pela concessionária em função das características de seu sistema elétrico. Em algumas modalidades tarifárias, nesse horário a demanda e o consumo de energia elétrica tem preços mais elevados. O horário fora de ponta corresponde às demais 21 horas do dia.

Para efeito de tarifação, o ano é dividido em dois períodos, um período seco que compreende os meses de maio a novembro (7 meses) e um período úmido, que compreende os meses de dezembro a abril (5 meses). Em algumas modalidades tarifárias, no período seco o consumo tem preços mais elevados. “

### 2.4.1. Tarifação horária

A infraestrutura do sistema elétrico brasileiro no que se diz respeito as redes elétricas é bastante ociosa na maior parte do tempo. Isto se deve ao fato que a demanda máxima ocorre nos horários de pico, que é um evento difícil de ser corrigido, já que é uma atitude inconsciente da população no estilo de vida comum.

Esta ociosidade ocasiona o custo da tarifa, uma vez que aumenta o custo de prestação do serviço. (Leite, 2013)

Foram então criadas as tarifas horo-sazonais, que podem ser consideradas uma tentativa de amenizar o consumo em horários de pico. No ano de 2010 a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL – publicou a Resolução Normativa nº414 que estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica. (PROCEL, 2001) (ANEEL, 2010)

O Grupo B é dividido em subgrupos, de acordo com a atividade do consumidor (residencial, rural, serviços, entre outros). O grupo A, que está no escopo do presente trabalho é subdividido em consumidores convencionais e horo-sazonais, como apresentado na Tabela (2).

Tabela 2. Classificação de consumidores do Grupo A.

<b>Consumidores Grupo A</b>		
Subgrupos	Tensão de fornecimento [kW]	Modalidade Tarifária
A1	≥ 230	Horo-sazonal Azul
A2	88 - 138	
A3	69	
A3a	30 - 44	Horo-sazonal verde ou Convencional ( se demanda < 300 kW)
A4	2,3 - 25	
AS	Subterrâneo	

Fonte: Elaborado de (RESOLUÇÃO NORMATIVA nº414, 2010).

A tarifa convencional requer contrato específico com a concessionária, onde se estabelece para o grupo A na forma binômia, um único valor da demanda contratada pelo consumidor (R\$/kW) e tarifa única para o consumo de energia (R\$/MWh) e para o grupo B, na forma monômia, somente uma tarifa para consumo de energia (R\$/MWh), independentemente da hora do dia (ponta ou fora de ponta) ou período do ano (seco ou úmido). Os consumidores do Grupo A, pertencentes aos subgrupos A3a, A4 ou AS, podem enquadrar-se na tarifa Convencional quando a demanda contratada for inferior a 300 kW. A fatura de energia elétrica destes, é composta da soma de parcelas referentes ao consumo, demanda e ultrapassagem. A parcela de ultrapassagem é cobrada quando acontece da demanda medida ultrapassar em mais de 10% a demanda contratada. Normalmente a tarifa de

ultrapassagem corresponde a três vezes a tarifa de demanda. (RESOLUÇÃO NORMATIVA n°414, 2010)

O enquadramento na tarifa horo-sazonal verde para consumidores dos subgrupos A3a, A4 e AS, é facultativo. Esta modalidade é caracterizada pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, bem como de uma única tarifa de demanda de potência. (RESOLUÇÃO NORMATIVA n°414, 2010)

Há também a modalidade horo-sazonal azul que se caracteriza pelo emprego de diferentes tarifas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, bem como de tarifas distintas para demanda de potência, de acordo com as horas de utilização por período do dia. (RESOLUÇÃO NORMATIVA N°414,2010).

### 3. REDE DE MONITORAMENTO DE CONSUMO NA UNB

Este estudo acerca do uso de sistemas de monitoramento e gestão de energia na UnB não é pioneiro. Práticas nesta mesma vertente já foram aplicadas no campus Darcy Ribeiro em trabalho de mestrado, como mostrado na seção 2.3.2. do presente trabalho e outra prática já foi iniciada na FGA em projeto de iniciação tecnológica. Na seção a seguir estes casos serão destrinchados com maiores detalhes técnicos.

#### 3.1. ESTRUTURA REDE DE MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ENERGIA NO CAMPUS DARCY RIBEIRO

Em seu projeto de mestrado Oliveira (2006), mapeou 25 pontos de medição de consumo de energia e levantou suas respectivas áreas - mostrados na Fig. (8) e a Tabela (3) respectivamente - para se ter dimensão do sistema como um todo.

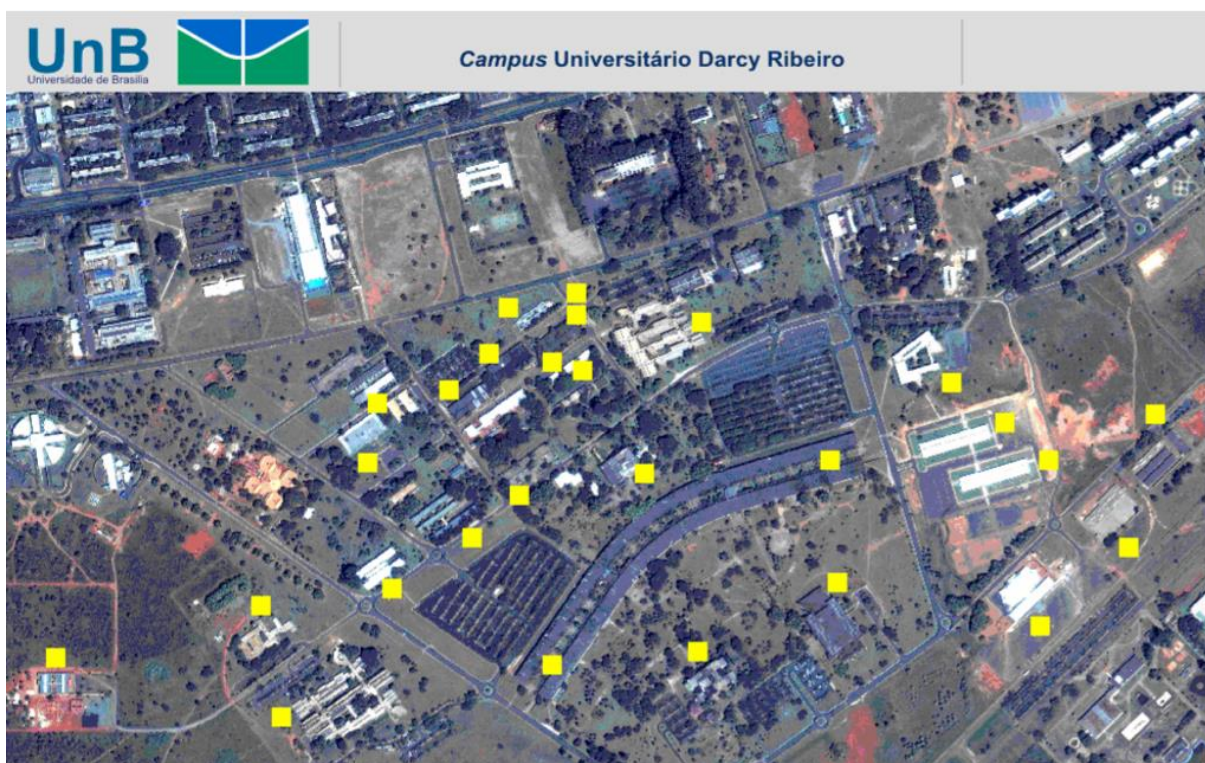


Figura 8. Pontos monitorados na UnB. Fonte: (OLIVEIRA, 2006)

Tabela 3. Área total dos prédios monitorados.

ITEM	PRÉDIO	ÁREA (m <sup>2</sup> )
1	Almoxarifado Central	5.064,76
2	Biblioteca Central	18.662,01
3	CEFTRU	1.833,91
4	Centro Comunitário	4.309,00
5	CEPLAN	1.146,00
6	FACE	7.519,13
7	FE-01	3.006,64
8	FE-03	2.458,44
9	FE-05	2.472,45
10	FM/FS	20.128,33
11	FT	15.092,00
12	Garagem/Oficina	5.160,52
13	ICC	119.373,00
14	NMT	2.573,81
15	Observatório Sismológico	1.242,60
16	Pavilhão Anísio Teixeira	2.947,33
17	Pavilhão João Calmon	2.947,33
18	Pavilhão Multi Uso I	5.909,28
19	Pavilhão Multi Uso II	4.280,27
20	Reitoria	8.586,31
21	Restaurante Universitário	6.856,70
22	SG - 01	2.676,95
23	SG - 09	3.394,22
24	SG - 11	3.516,22
25	SG - 12	5.420,44
<b>TOTAL DE AREA CONSTRUÍDA MONITORADA (m<sup>2</sup>)</b>		<b>256.577,65</b>

Fonte: (OLIVEIRA, 2006)

De acordo com Oliveira (2006), no ano de 2003 no campus Darcy Ribeiro iniciou-se a introdução do sistema de monitoração e gerenciamento digital em tempo real da rede elétrica foi definido como fabricante a CCK Automação para fazê-lo.

O sistema da CCK Automação é composto por um conjunto de equipamentos e programas para microcomputadores. Estes equipamentos realizam aquisição de dados, possuem memória de 35 dias no banco de dados, com dados medidos no



intervalo de 5 minutos, onde no 36º dia, o primeiro dia é apagado e mantém os outros 35 no bando de dados. (OLIVEIRA, 2006)

Os componentes do sistema são gerenciadores de energia CCK 5100, transdutores de energia CCK 4200 e registradores de energia CCK 5500, que compõem todo o sistema de monitoração e gerenciamento da energia elétrica no campus da UnB. Estes são interligados por comunicação serial, a monitoração é feito em tempo real e o sistema permite a criação de telas e relatórios com demonstração de dados. (OLIVEIRA, 2006)

O gerenciador de energia CCK 5100 faz a monitoração de energia junto à medição da concessionária, monitorando demanda, fator de potência e programação horária. No padrão ETHERNET, com protocolo de comunicação em TCP/IP, aceita a programação, leitura dos dados gravados na memória do equipamento e supervisão em tempo real, como mostra a Figura (9). (OLIVEIRA, 2006)

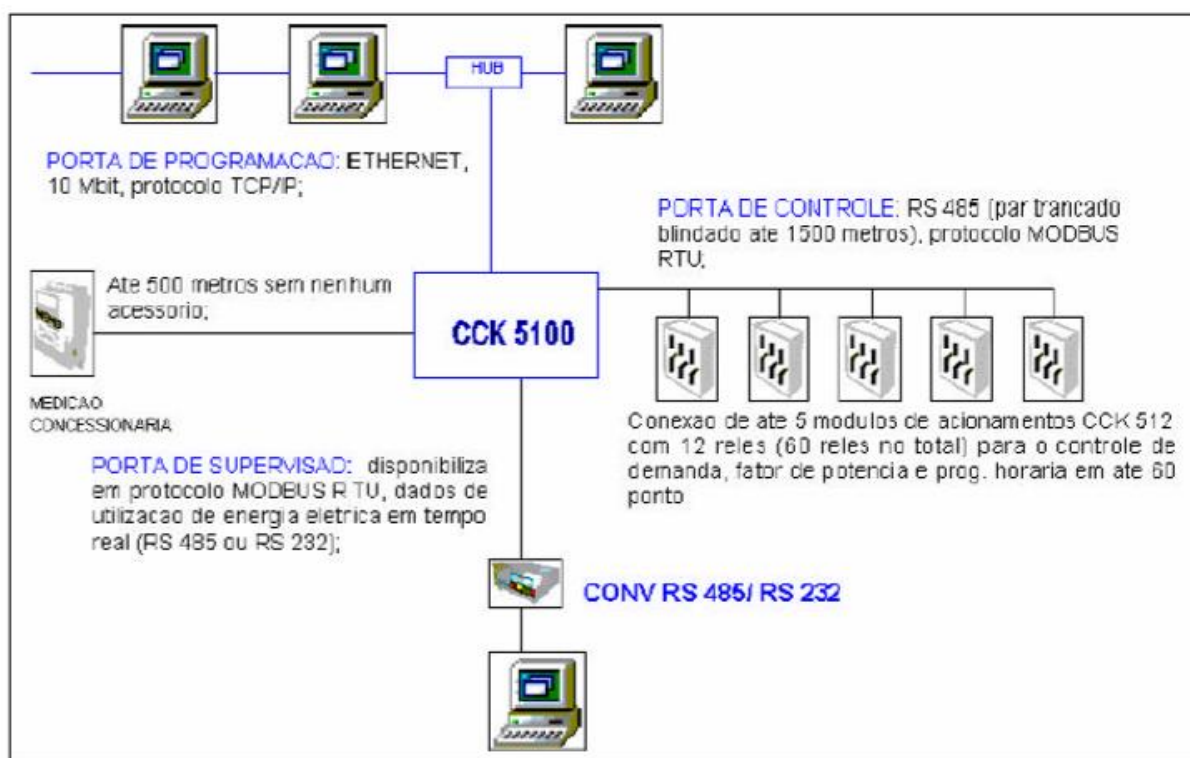


Figura 9. Gerenciador de energia CCK 5100. Fonte: (OLIVEIRA, 2006)

O CCK 512 é módulo de acionamento, componente que pode ser adquirido a parte, que tem por função controlar a demanda e o fator de potência. O gerenciador de energia CCK 5100 tolera a conexão de até 5 módulos de acionamento com 12 relés. Estes relés do CCK 512 possuem saída serial RS 485, e protocolo de

comunicação MODBUS RTU. O CCK 512 é conectado ao gerenciador de energia CCK 5100 via par trançado blindado para distância de até 2000 metros. Este módulo dispõe de LED's indicativos de atividade, acionamento de cargas e falhas de comunicação. (OLIVEIRA, 2006)

Foram instalados gerenciadores CCK 5100 duas unidades consumidoras da UnB, que monitoram a demanda ativa, demanda reativa e fator de potência em tempo real junto à concessionária. O sistema de monitoramento instalado no campus Darcy Ribeiro, está apresentado na Fig. (10) com representação dos aspectos de aquisição, comunicação e armazenamento dos dados. (OLIVEIRA, 2006)

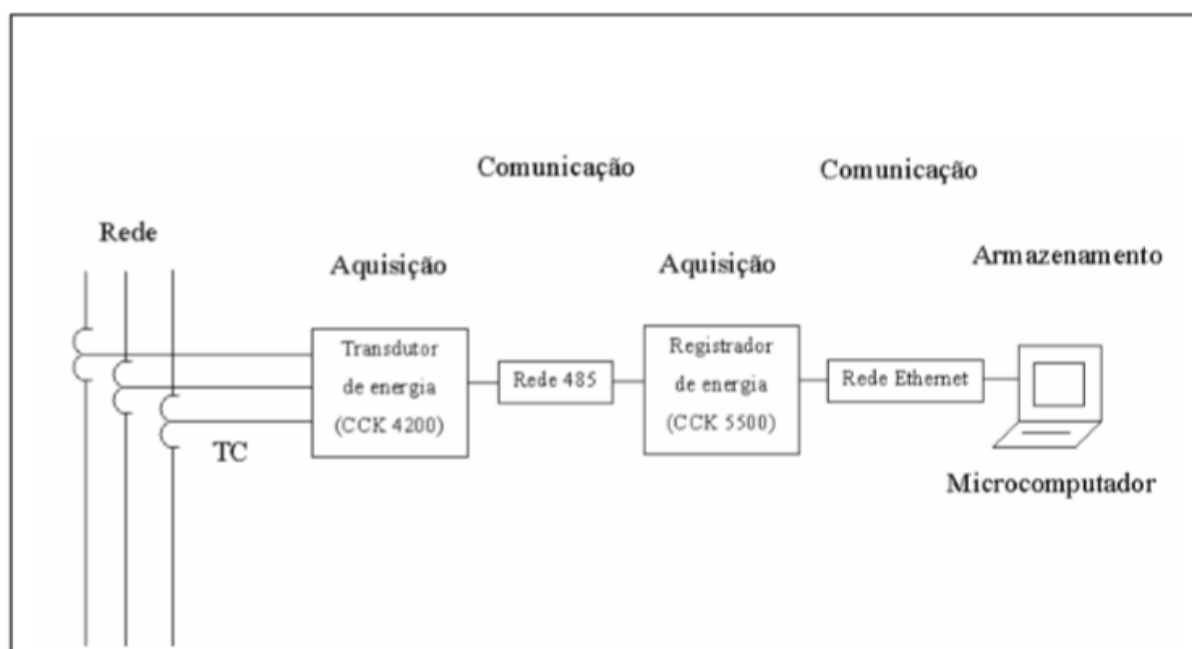


Figura 10. Sistema de monitoração de energia no campus Darcy Ribeiro. Fonte: (OLIVEIRA, 2006)

Os parâmetros medidos pelo sistema são: potência ativa, potência reativa (positiva e negativa), potência aparente, fator de potência médio, tensão média e por fase, corrente média e por fase e frequência, ambos são medidos com 0,5% de precisão. (OLIVEIRA, 2006)

O registrador de dados recebe os dados de até 7 transdutores CCK 4200, registra-os na memória de massa e transfere para um microcomputador através da porta de comunicação ETHERNET, criando um banco de dados de utilização da energia. A partir deste banco é criada uma interface gráfica por onde são emitidos

gráficos e relatórios analíticos, inclusive com o rateio da fatura de energia elétrica. (OLIVEIRA, 2006)

Entre os resultados obtidos por Oliveira (2006), ainda estão os levantamentos das cargas de cada um dos prédios monitorados, mostradas na Tabela (4).

Tabela 4. Relação de cargas nos prédios da UnB.

<b>RELAÇÃO GERAL DAS CARGAS EXISTENTES NAS EDIFICAÇÕES DO COMPLEXO DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA</b>		
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>POTÊNCIA TOTAL (W)</b>
1	FT - Faculdade de Tecnologia	1.424.010,00
2	Observatório Sismológico	72.084,00
3	SG-12	476.549,00
4	SG-9	495.721,00
5	Restaurante Universitário – RU	847.022,00
6	Garagem/Oficina	47.040,00
7	Almoxarifado Central	48.955,00
8	Ceplan – SG-10	20.470,00
9	Instituto das Artes – IdA	113.446,00
10	FE-05	107.120,00
11	FE-03	135.163,00
12	Núcleo de Medicina Tropical NMT	221.000,00
13	Faculdade de Medicina - Faculdade de Ciências da Saúde – FM/FS	1.573.589,00
14	Pavilhão João Calmon	59.228,00
15	Pavilhão Anísio Teixeira	55.443,00
16	FACE	271.123,00
17	Reitoria	609.116,00
18	Biblioteca Central – BCE	450.415,00
19	Instituto Central de Ciências – ICC	5.434.897,00
20	Ceftru	237.881,00
21	SG-11	847.522,47
22	Centro Comunitário Athos Bulcão	31.915,00
23	Pavilhão Multi – Uso I	255.361,50
24	Pavilhão Multi – Uso II	94382,00
25	FE-01	108.241,00
<b>TOTAL</b>		<b>14.037.693,97</b>

Fonte: (OLIVEIRA, 2006)

### 3.2. REDE DE MONITORAMENTO DO CONSUMO NO CAMPUS GAMA - FGA

Atualmente na FGA têm-se um projeto em curso, que prevê a criação de um laboratório de Smart Grids, trata-se do “Eletroposto solar - Microgeração fotovoltaica distribuída integrada à arquitetura predial e sua aplicação para carregamento de veículos elétricos”. Esse projeto prevê a instalação de uma planta de microgeração distribuída de energia elétrica por meio de painéis fotovoltaicos no campus como parte de uma planta piloto rede inteligente (*Smart Grid*).

Em projeto de iniciação tecnológica – PIBIT – de Siqueira (2015) e Souza (2015), incluso no plano do eletroposto solar, desenvolveu-se no laboratório Termofluidos uma estrutura para monitoramento da rede elétrica do prédio UED, utilizando dos medidores já existentes (SETRON PAC 3100 e SAGA-1000) e implantando uma interface com uso do software livre ScadaBR. No entanto, a interface ainda não se encontra consolidada para uso ininterrupto ou para utilização em um laboratório de Smart Grids. O presente trabalho visa trazer soluções e aprimoramentos na estrutura atual. A seguir, são descritos com detalhamento do que se tem de estruturas de hardware e software envolvidas no processo de monitoramento atual.

#### 3.2.1. Estrutura de hardware e software

A estrutura completa do processo de monitoramento encontra-se esquematizada na Figura (11).

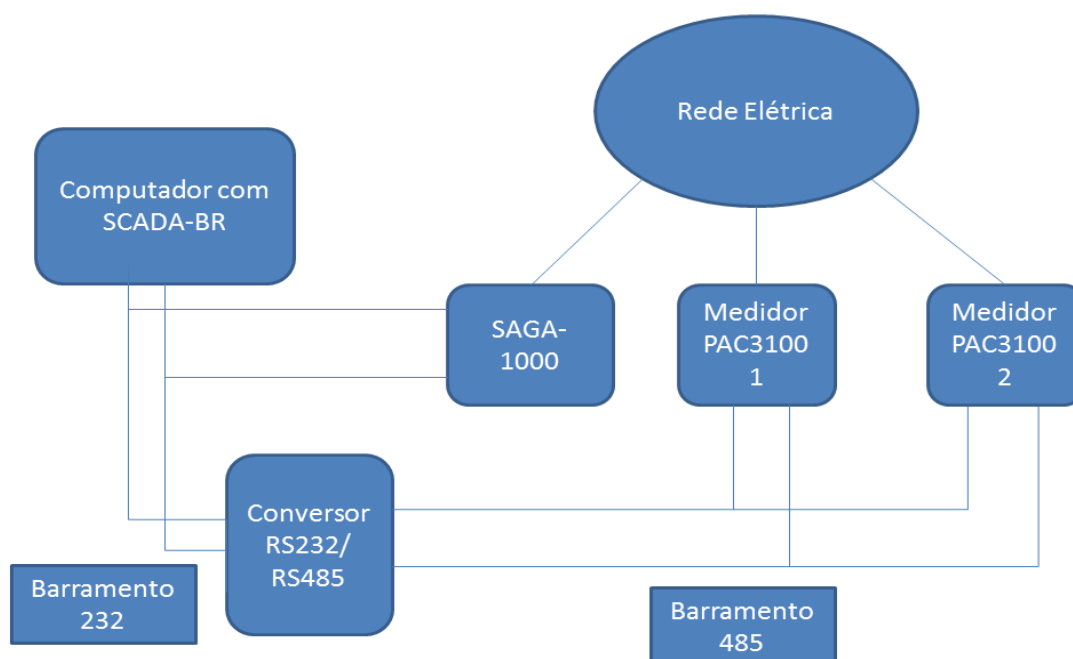


Figura 11. Esquema de medição instalado na FGA. Fonte: (SOUZA, 2015).

No prédio UED está instalado um multimetido SENTRON PAC 3100 da Siemens como mostra a Fig. (12), para monitoramento das grandezas elétricas do local. O SENTRON PAC 3100 é um medidor trifásico para painéis de distribuição. Este multimetido é o mais básico desta linha da Siemens, contém display indicador com cerca de 30 grandezas medidas. Possui duas entradas e duas saídas digitais, além de uma porta de comunicação integrada com MODBUS RTU (do inglês, *Remote Terminal Unit*, ou transmissão codificada em formato binário) e protocolo RS485. (SIEMENS, 2010)

O protocolo de comunicação ModBus RTU é utilizado entre o medidor PAC 3100 e o ScadaBR e especifica entre eles comunicação mestre-escravo, ou seja, o escravo não inicia a comunicação enquanto esta não é solicitada pelo mestre.



Figura 12. Multimetro SETRON PAC 3100.

As redes de comunicação industrial tem por finalidade sugerir uma arquitetura de controle e comunicação capaz de interligar equipamentos e processos, podendo direcionar os esforços para regiões específicas da hierarquia empresarial. De forma sucinta, a premissa do processo de comunicação entre dispositivos é uma forma de transmissão, sendo os modelos mais comuns e empregados a transmissão paralela e a transmissão serial. (CALIXTO, 2015)

Na transmissão paralela os bits são transportados ao mesmo tempo utilizando diversas linhas de transmissão dispostas de forma paralela, assim como mostra a Figura (13). Já na transmissão serial, os bits são enviados sequencialmente por meio de uma única linha de comunicação, o que a torna mais lenta que a transmissão paralela, mas que também permite sua aplicação para comunicação em longas distâncias. A Fig. (14) ilustra a transmissão serial e Fig. (15) mostra o conversor RS232/485 utilizado. (CALIXTO, 2015)

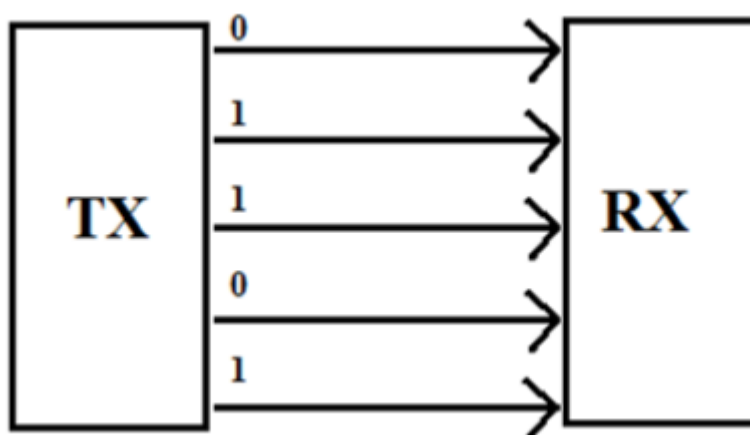


Figura 13. Transmissão paralelo. (CALIXTO, 2015)

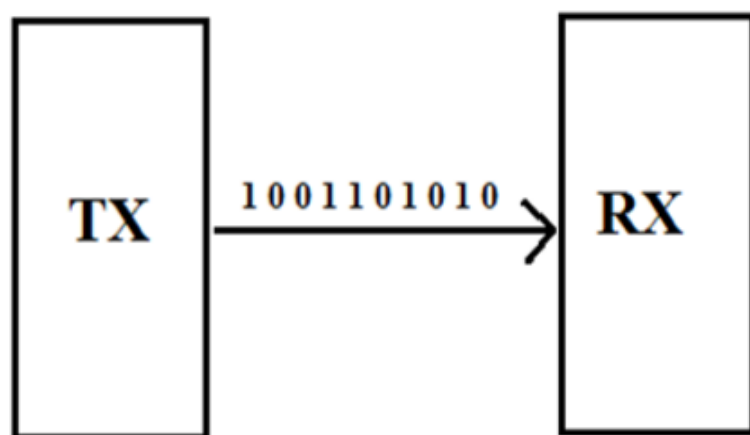


Figura 14. Transmissão serial. (CALIXTO, 2015)

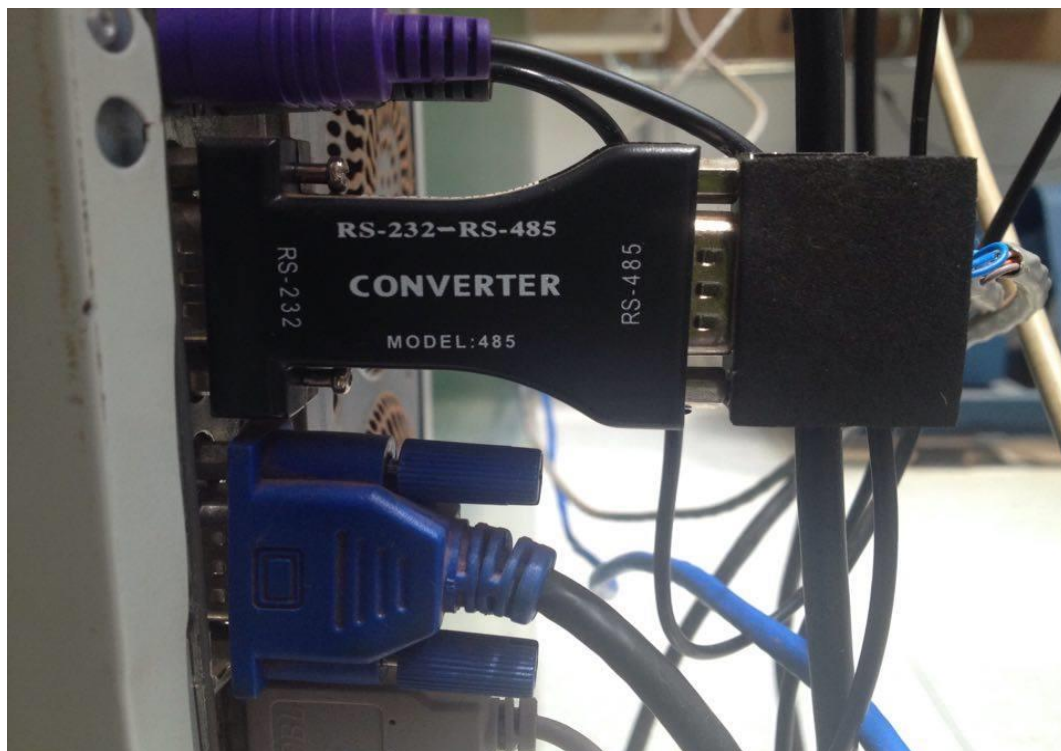


Figura 15. Conversor RS232/ RS485.

O SAGA-1000 é um medidor eletrônico de energia elétrica utilizado para realizar medições e faturamentos e também demandas em diferentes pontos e horários e períodos do ano. O SAGA-1000 - mostrado na Fig. (16) - utiliza a NBR 14522 (Intercâmbio de informações para sistemas de medição de energia elétrica) como parâmetro para a comunicação com o computador, podendo assim, ser programado através de uma linguagem específica de programação. No caso da FGA, ainda não foi instalado, mas já foi adquirido. A linguagem a ser utilizada para o mesmo é a linguagem C de programação para o envio e recebimento de dados, e a comunicação será realizada por meio do protocolo RS232. (LANDIS+GYR, 2006)





Figura 16. Medidor de energia SAGA-1000. Fonte: (LANDIS+GYR, 2006)

De forma mais abreviada o processo utiliza cabos de comunicação com protocolos RS 232 e RS 485 para que seja possível sua aplicação em longas distâncias de leitura e envio de dados. Estes cabos ligam os medidores ao software SCADA-BR por meio do protocolo de comunicação ModBus que especifica a relação mestre-escravo, por onde se determina o início da comunicação entre eles. Todo o processo está de acordo com a norma NBR 14522, que regulamenta o intercâmbio de informações de sistemas de medição de energia elétrica.

O software ScadaBR permite a concepção de aplicativos personalizados em qualquer linguagem de programação moderna. Após configurado todo o protocolo de intercomunicação com o sistema de aquisição de dados, é possível criar uma interface homem-máquina utilizando o próprio navegador. O usuário pode configurara interface desejada para atender suas necessidades de monitoramento e representação gráfica.

Ao inicializar o ScadaBR, o usuário tem acesso a uma interface intuitiva onde estarão presentes barras de tarefas, ícones para visualização de gráficos, históricos, protocolos, alarmes, opções de configuração, entre outros. (CALIXTO, 2015)

A Fig. (17) mostra o computador com interface ScadaBR em execução, com o estado atual de supervisão de dados.

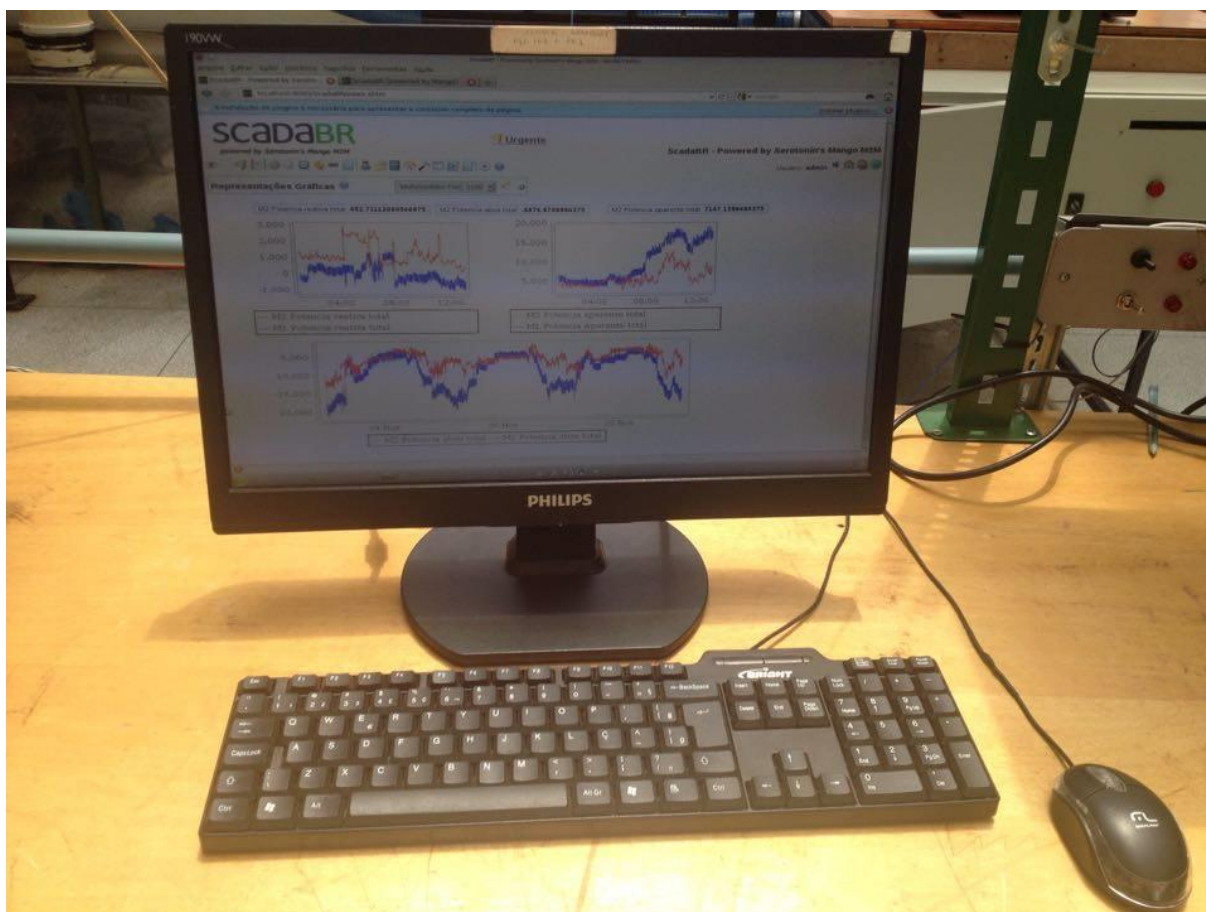


Figura 17. Interface de monitoramento com ScadaBR na FGA.

#### 4. ESTUDO DE CASO: FATURAMENTO DE ENERGIA DA FGA

A FGA possuiu contrato de fornecimento de energia elétrica junto a CEB, nos conformes da Resolução Normativa nº414/2010 da Aneel, se enquadrada no subgrupo A4 (tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV) e na modalidade tarifária horo-sazonal azul. Nesta modalidade, a FGA possui uma demanda contratada para o horário de ponta e outra para horário fora de ponta, que são respectivamente, 600 kW e 350 kW, e para cada demanda existem tarifas distintas.

As características do fornecimento de energia elétrica para a FGA são as seguintes:

- Frequência: 60 Hz
- Tensão Nominal entre fases: 13.800 V
- Tensão de medição: 115 V
- Identificação: 1.245.173-8

As características da tarifa para cálculo da fatura de energia elétrica na modalidade horo-sazonal azul, são divididas da seguinte forma:

- I. Para consumo de energia em quilowatt-hora (kWh):
  - Um preço para consumo na ponta em período seco (PS).
  - Um preço para consumo na ponta em período úmido (PU).
  - Um preço para consumo fora de ponta em período seco (FS).
  - Um preço para consumo fora de ponta em período úmido(FU).
- II. Para demanda de potência em quilowatt (kW):
  - Um preço para demanda na ponta (P).
  - Um preço para demanda fora de ponta (F).

A partir das análises das faturas de energia obteve-se o histórico de contas apresentado na Tabela (5) a seguir.

Tabela 5. Registro de consumo e demanda de potência da FGA.

Mês/ano	Período	Consumo P(kWh)	Consumo FP (kWh)	Demanda P (kW)	Potência Registrada P (kW)	Demanda FP(kW)	Potência Registrada FP (kW)
jan/14	ÚMIDO	2035	18283	600	48	350	89
fev/14	ÚMIDO	2029	21205	600	46	350	63
mar/14	ÚMIDO	2643	23336	600	71	350	124
abr/14	ÚMIDO	4267	40118	600	94	350	131
mai/14	SECO	3456	34889	600	89	350	135
jun/14	SECO	4219	38082	600	95	350	128
jul/14	SECO	3315	27620	600	96	350	140
ago/14	SECO	3369	28589	600	78	350	118
set/14	SECO	4579	42213	600	98	350	140
out/14	SECO	5075	44198	600	107	350	151
nov/14	SECO	3805	40040	600	99	350	148
dez/14	ÚMIDO	3378	33515	600	72	350	128
jan/15	ÚMIDO	1734	16656	600	45	350	55
fev/15	ÚMIDO	2569	21430	600	48	350	49
mar/15	ÚMIDO	2692	23647	600	89	350	128
abr/15	ÚMIDO	4439	40221	600	99	350	137
mai/15	SECO	4250	39415	600	104	350	138

Com a análise dos dados da Tabela (5) pode-se perceber que outubro é o mês de maior consumo, e que ainda assim o valor de demanda contratada está significativamente distante do valor que a unidade consome.

Após estas observações pode-se perceber que o valor de demanda contratada para a FGA possui um excedente expressivo, que implica em gastos desnecessários para a FUB. Em relatório técnico, Velasco e Angarita (2015), validam esta hipótese acerca dos custos. A validação ocorreu por meio de análise de ajuste tarifário da FGA para a tarifa horo-sazonal verde e suas implicações nas faturas de energia. O resultado obtido no relatório está apresentado na Tabela (6) e Figura (18) e Figura (19).

Tabela 6. Análise comparativa entre a Modalidade Tarifária Horo - Sazonal Azul e Verde.

MÊS	AZUL	VERDE	DIFERENÇA
mai/15	R\$34.683,92	R\$23.264,92	R\$11.418,99
abr/15	R\$34.956,36	R\$23.697,01	R\$11.259,35
mar/15	R\$26.986,93	R\$14.711,32	R\$12.275,62
fev/15	R\$22.517,72	R\$10.539,56	R\$11.978,16
jan/15	R\$19.687,43	R\$7.393,57	R\$12.293,86
dez/14	R\$25.299,11	R\$13.664,86	R\$11.634,25
nov/14	R\$27.229,58	R\$15.829,41	R\$11.400,18
out/14	R\$28.858,90	R\$18.117,53	R\$10.741,37
set/14	R\$27.900,56	R\$16.989,99	R\$10.910,57
ago/14	R\$20.938,84	R\$10.127,96	R\$10.810,89
jul/14	R\$20.833,30	R\$9.931,12	R\$10.902,18
jun/14	R\$22.933,76	R\$12.692,69	R\$10.241,07

Fonte: (VELASCO; ANGARITA, 2015)

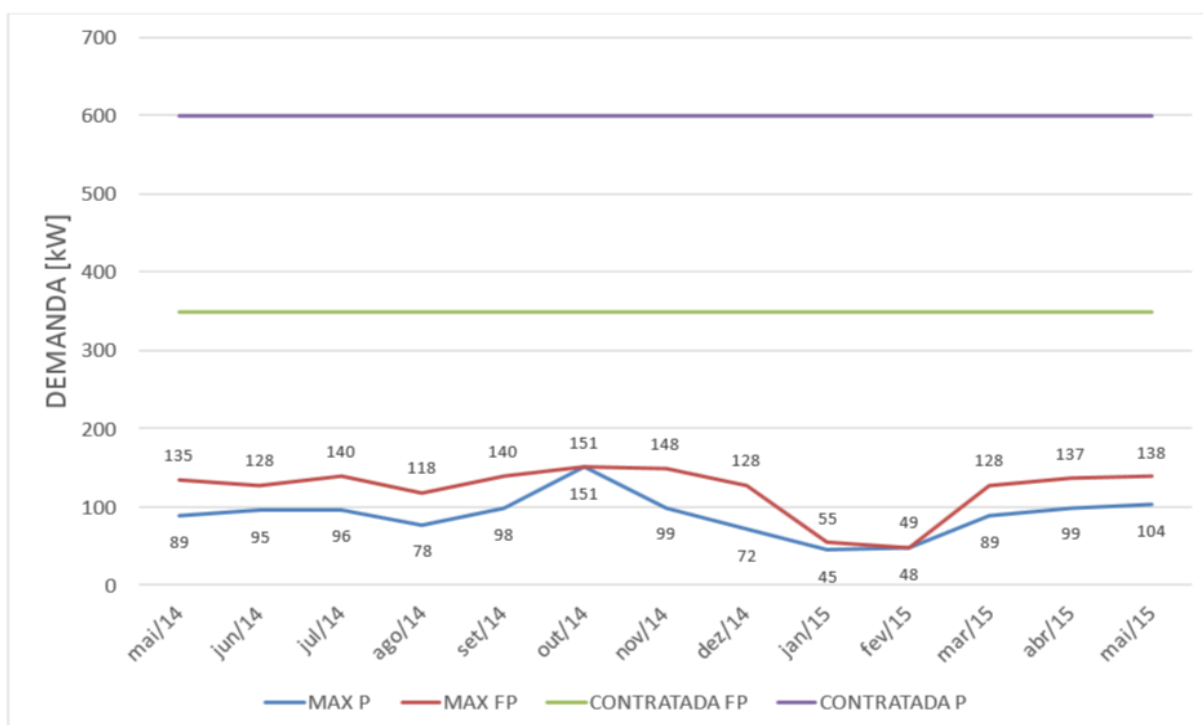


Figura 18. Demandas máximas medidas na ponta (P) e Fora de Ponta (FP) versus valores de demanda contratados. Fonte: (VELASCO; ANGARITA, 2015)

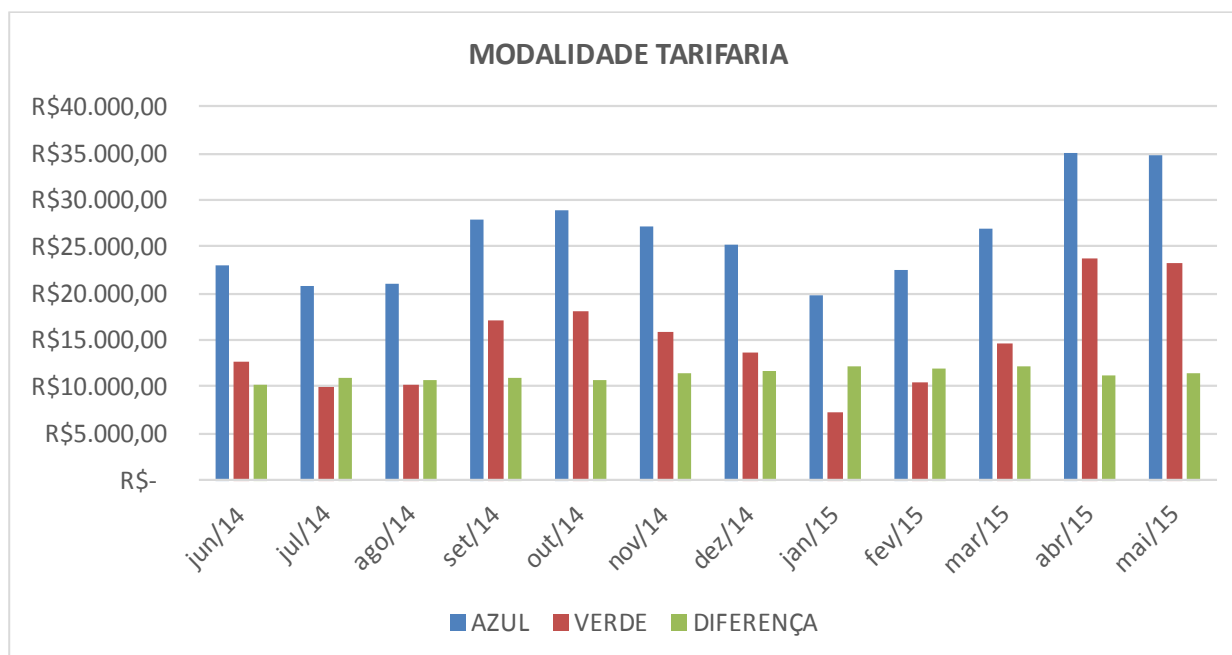


Figura 19. Comparação entre as tarifas azul e verde para FGA. Fonte: (VELASCO; ANGARITA, 2015)

Com os dados apresentados pode-se perceber que com a readequação de modalidade tarifária, FGA irá obter economia considerável com as faturas de energia. Outro fato importante é que as atividades exercidas na FGA são em sua maioria no horário fora de ponta e o maior valor de demanda medido se encontra também no horário fora de ponta, visto que os cursos são diurnos.

Assim sendo, a modalidade tarifária horo-sazonal verde que possui apenas uma tarifa de demanda de potência e tarifas diferenciadas de acordo com as horas de utilização do dia, se mostra mais adequada para a FGA, do mesmo modo como sugerido por Velasco e Angarita (2015).

## 5. TRABALHOS FUTUROS

Para o trabalho de conclusão de curso 2 espera-se a consolidação dos estudos iniciados até aqui, mais precisamente os resultados esperados são:

- I. Validar o sistema de monitoramento de consumo de energia da FGA;
- II. Criar um banco de dados para as grandezas medidas;
- III. Aprimoramento da interface homem-máquina do software SCADA-BR;
- IV. Ampliar o monitoramento de consumo de energia para os outros prédios da FGA;
- V. Iniciar a instalação do laboratório de *Smart Grid* no container 3 com o quadro geral de distribuição.

### 5.1. CRONOGRAMA DE TRABALHO

Este cronograma ilustra os próximos passos a serem seguidos até a finalização deste trabalho de conclusão de curso.

Cronograma de Atividades															
Mês	Março			Abril				Maio				Junho			
Semana	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
1	■														
2		■													
2			■	■	■										
4				■	■										
5						■	■	■	■						
6										■	■				
7											■	■			
8												■	■		
9														■	
10															■

1. Migração da estrutura para o container.
2. Aprimoramento da interface do SCADA-BR.
3. Validação das medições.
4. Consolidação do sistema de monitoramento.

5. Fabricação do quadro geral de distribuição do container.
6. Implementação total do sistema de monitoramento do laboratório de Smart Grid.
7. Gestão do banco de dados.
8. Incremento da documentação escrita do TCC 2.
9. Fechamento e revisão do TCC 2.
10. Entrega do TCC 2.



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, João Carlos de Oliveira. **Introdução do sistema de monitoração e gerenciamento digital em tempo real da rede elétrica do campus da Universidade de Brasília – UnB**. 2003. 198 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Faculdade de Tecnologia, Unb, Brasília, 2003.

ANEEL (2012). Nota Técnica nº 098/2012-SRD/Aneel: Proposta de resolução normativa com base na avaliação do processo de Audiência Pública nº 43/2012, instaurada com o objetivo de coletar subsídios acerca da implantação de medidores eletrônicos em unidades consumidoras do Grupo B. Processo: 48500.005714/2009-46. Brasília, Brasil.

CALIXTO, Rodrigo de Oliveira. **Sistema Supervisório para Bancada de Ensaio de Picoturbina Hidráulica Indalma**. 2015. 120 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Eletrônica, Unb, Brasília, 2015.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). Redes Elétricas Inteligentes: contexto nacional. Documento técnico. n. 16, p. 176, dez. 2012.

CEPLAN. Centro de Planejamento Oscar Niemeyer. PROJETO CAMPUS GAMA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. Faculdade de arquitetura e Urbanismo. UnB, 2010.

CORMANE, Jorge Andres. VELASCO, Loana Nunes. Relatório técnico. 2015.

ELETROBRÁS. **MANUAL DE TARIFAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA**. Brasília: Procel, 2001. 44 p.

ELS, R.H.van. Eletroposto Solar - Microgeração fotovoltaica distribuída integrada à arquitetura predial e sua aplicação para carregamento de veículos elétricos. Projeto de pesquisa CEB-Distribuição CEB-D/P&D. 2012.

GÜNGÖR, Vehbi C. et al. Smart grid technologies: communication technologies and standards. **Industrial informatics, IEEE transactions on**, v. 7, n. 4, p. 529-539, 2011.

IEA - International Energy Agency (2011). World Energy Outlook 2011. Paris, França.

LAMIN, Hugo. **ANÁLISE DE IMPACTO REGULATÓRIO DA IMPLANTAÇÃO DE REDES INTELIGENTES NO BRASIL**.2013. 300 p. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Unb, Brasília, 2013.

LANDIS+GYR (Brasil). **SAGA1000**: Curitiba: Landis+gyr, 2006. Color. 6 p.. Disponível em: <<http://docslide.com.br/documents/saga1000.html>>. Acesso em: 12 nov. 2015.

LEITE, Davi. R. V.; LAMIN, Hugo; DE ALBUQUERQUE, João M. C.; CAMARGO, Ivan M. T. (2012) Regulatory Impact Analysis of Smart Meters Implementation in Brazil. 2012 IEEE PES Conference on Innovative Smart Grid Technologies - ISGT. Washington, Estados Unidos.

LEITE, Davi R. V. (2013). Medidores eletrônicos: análise de viabilidade econômica no contexto das redes inteligentes. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Publicação PPGENE.DM-518/2013, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília. 81p. Brasília, Brasil.

MME - Ministério de Minas e Energia (2011). Relatório - Smart Grid - Grupo de Trabalho de Redes Elétricas Inteligentes. Relatório resultante do Grupo de Trabalho instaurado pela Portaria MME nº 440/2010. Brasília, Brasil.

OLIVEIRA, Lilian Silva de. **GESTÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO CAMPUS DA UnB**. 2006. 219 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Faculdade de Tecnologia, Unb, Brasília, 2006.

SIQUEIRA, Micaelle Araújo de. Implementação de Planta Piloto de Smart Grid no campus UnB-Gama. In: 21º CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNB 11º DO DISTRITO FEDERAL, 2015, Brasília. **Anais**. Brasília: Unb, 2015.

SCADABR (Santa Catarina). **Manual ScadaBR - Sistema Open-Source para Supervisão e Controle**. Florianópolis: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 2010. 70 p.

SIEMENS. **Multimedidores SENTRON PAC**. Brasil: Global Components, 2010. 2 p. Disponível em: <[www.siemens.com.br/powermeters](http://www.siemens.com.br/powermeters)>. Acesso em: 11 nov. 2015.

SOUZA, Pedro Lucas P. Implementação de funcionalidades no sistema de monitoramento de energia da Planta piloto de Smart Grid no campus Gama. In: 21º

CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNB 11º DO DISTRITO FEDERAL, 2015, Brasília. **Anais**. Brasília: Unb, 2015.

VELASCO, Loana Nunes; ANGARITA, Jorge Andrés Cormane. Relatório Técnico Referente a Modalidade Tarifária da Faculdade de Engenharia UnB Gama. Brasília: Unb, 2015. 13p.

## 7. ANEXOS

## ANEXO I: Exemplo de fatura de energia da Faculdade do Gama.

Nota fiscal emitida por processamento eletrônico de dados - SISTEMA IASER REGIME ESPECIAL - ATU DELEGATARIO Nº 0003/2009 NUESP/GREESP/DITRI/SUREC/SEF AIDF nº 1-345-01354/2012 Nota Fiscal prorrogada até 22/10/2014 Portaria nº 208/2012

**CEB**  
DISTRIBUIÇÃO  
SIA Área Especial C  
CEP: 71215-902 - BRASÍLIA - DF  
CNPJ: 07.522.669/0001-92 CF/DF: 07.468.935/001-97

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
ST LESTE LT 01  
GAMA  
00.038.174/0001-43

1060806

**Vencimento**  
21/07/2014

**PARA CONTATO COM A CEB**  
INFORME ESTE NÚMERO

**IDENTIFICAÇÃO**  
1.245.173-8

Mês faturado	Apresentação	Classificação	Ligação	Tarifa	Leitura Atual	Leitura Anterior	Próxima leitura
JUN/2014	20/06/2014	P. PUBLICO	AZUL	THS-A4	17/06/2014	17/05/2014	17/07/2014

Nº do Medidor	Constante kWh	Constante KW	Constante kVArh	Perdas(%)	Período	KW Regist. Ponta	KW Regist. Fponta
1236538	0,360	1,440		0,0	SECO	95	128

**Histórico de Energia - kWh**

Mês	Ponta(P)	Fora de Ponta(FP)	Reservado(Res)	CONSUMO PONTA SECA	CONSUMO F PONTA SECA	DEMANDA PONTA	DEMANDA FORA PONTA	EREX PONTA SECO	EREX F. PONTA SECO
MAR/2014	3465	34889	0	4219 KWH	38082 KWH	600 KW	350 KW	124 UFER	681 UFER
ABR/2014	4287	40118	0	X 0,3417130	X 0,2168050	X 18,9295921	X 5,3656541		
MAR/2014	2643	23336	0						
FEV/2014	2092	21205	0						
JAN/2014	2035	18293	0						
DEZ/2013	2895	25372	0						

**Histórico de Energia Reativa Excedente - EREX**

Mês	Ponta(P)	Fora de Ponta(FP)	Reservado(Res)	CONTRIBUICAO DE I. PUBLICA	COFINS LEI 10833/03 3,00%	IR-ENERGIA LEI 10833/03 1,20%	CSLL LEI 10833/03 1,00%	PIS LEI 10833/03 0,65%
MAR/2014	111	759	0	554,49	-692,83	-277,13	-230,94	-150,11
ABR/2014	104	555	0					
MAR/2014	94	624	0					
JAN/2014	129	686	0					
DEZ/2013	87	415	0					

**Histórico de Potência - kW**

Mês	Ponta(P)	Fora de Ponta(FP)
MAR/2014	99	135
ABR/2014	94	131
MAR/2014	71	124
FEV/2014	48	63
JAN/2014	48	69
DEZ/2013	82	108

**Histórico de Demanda Reativa Excedente - DREX**

Mês	Ponta(P)	Fora de Ponta(FP)
MAR/2014	0	0
ABR/2014	0	0
MAR/2014	0	0
FEV/2014	0	0
JAN/2014	0	0
DEZ/2013	0	0

**Indicadores de Continuidade**

GAMA

Referências: 4/2014

	Limite	Apurado
DIC	9,43	34,25
FIC	4,81	8,00
C	4,95	18,36

**Tensão de Fornecimento**

Nominal	Lim. Inf.	Lim. Sup.
33800	12834	14490
7967	7409	8365

**Total da fatura - bruto..** 23.649,04  
**Base calculo imp.federais:** 23.094,55  
**Total impostos federais..** 1.351,01  
**Total da fatura - liquido:** 22.298,03

**Total a Pagar**  
22.298,03

Contrato kW Validade  
Ponta 600 18/09/2016  
Fponta 950 18/09/2016

Encargo de uso do sistema de Distribuição  
R\$ \*\*\*\*10.571,78  
Mês de Ref.: 06/2014

Base de cálculo ICMS Aliquota ICMS ICMS Incluído  
23.094,55 25,00% 5.773,62

RESERVADO AO FISCO CB75.35FB.8A18.11FB.6DC8.0C10.8AD9.0760

Atendimento CEB 116  
Grandes clientes 3465 9110  
Ouvidoria CEB 0800 644 6116  
Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL 167 - Ligação Gratuita de Telefones Fixos

**CEB**  
DISTRIBUIÇÃO

836000002227 980300053801 045189048692 000000000000 18904869 JUN/2014 21/07/2014  
38004518904869  
00000022298035  
R\$ 22.298,03  
Mod. THEWolcode / Anq.1779