

## Desenvolvimento de uma plataforma computacional de monitoramento em tempo de real do consumo de energia elétrica do IFSC *campus* Florianópolis<sup>(1)</sup>

Rafael Nilson Rodrigues<sup>(2)</sup>; Jaicimara Weber<sup>(3)</sup>; Eduardo Galera de Carvalho<sup>(4)</sup>; Neimar de Almeida Oliveira<sup>(5)</sup>; Leonardo de Oliveira da Silva<sup>(6)</sup>; Marcos Vinicius Rodrigues Granado<sup>(7)</sup>

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do Edital Nº 12/2013 da Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação

<sup>(2)</sup> Professor do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica; IFSC campus Florianópolis [rafael@ifsc.edu.br](mailto:rafael@ifsc.edu.br); <sup>(3)</sup> Graduanda em Engenharia Eletrônica IFSC campus Florianópolis; <sup>(4)</sup> Graduando em Engenharia Eletrônica; IFSC campus Florianópolis; <sup>(5)</sup> Graduando em Engenharia Elétrica IFSC campus Florianópolis; <sup>(6)</sup> Estudante Técnico em Eletrônica IFSC campus Florianópolis; <sup>(7)</sup> Graduando em Engenharia Elétrica IFSC campus Florianópolis

Instituto Federal de Santa Catarina, campus Florianópolis, Santa Catarina; Avenida Mauro Ramos 950, Centro, Florianópolis/SC CEP 88020-300

**RESUMO:** A energia elétrica está presente numa gama muito ampla e variada de processos, e para o seu bom aproveitamento, é imprescindível que seu consumo seja monitorado. Os conceitos e vantagens que Redes Elétricas Inteligentes, em inglês *Smart Grids*, tornam relevante medições mais detalhadas e de monitoramento da energia elétrica. Na ótica dos consumidores, não há um número significativo de sistemas destinados a realizar este monitoramento do consumo de energia de maneira simples e de baixo custo. Este trabalho propõe o desenvolvimento de uma plataforma de baixo custo para o monitoramento de consumo da energia elétrica em tempo real, utilizando comunicação com medidores eletrônicos de energia das concessionárias de distribuição. Especificamente, busca-se o desenvolvimento de um protótipo eletrônico-computacional baseado em plataforma Arduino e microcontroladores ATmega328, no padrão de comunicação de dados ABNT NBR 14522 e em softwares livres de programação.

**Palavra Chave:** Redes Elétricas Inteligentes, Monitoramento de Energia Elétrica.

### INTRODUÇÃO

O elevado consumo de energia elétrica tem levado a necessidade de otimização dos recursos naturais e de conscientização por parte dos consumidores. Os sistemas elétricos de potência têm avanço nos conceitos de Redes Elétricas Inteligentes, em inglês *Smart Grids* (SG), os quais visam, entre outros objetivos, o uso mais otimizado dos recursos energéticos, maior nível de detalhamento em medições e controle do sistema e a participação mais intensa pelos consumidores.

Este novo paradigma acarreta um número significativo de desafios tecnológicos a serem vencidos (ABDI, 2011; CEER, 2011), entre os quais dispositivos simples e de baixo custo que permitam aos consumidores acompanharem com precisão o seu consumo, a qualidade da energia entregue pelo sistema de distribuição e tomar decisões quanto a economia de energia elétrica.

O acompanhamento do consumo de energia elétrica pelo consumidor pode ser realizado pela aquisição de dados dos medidores de energia elétrica. Os medidores eletrônicos atuais fornecem dados para a concessionária de distribuição de

energia e, também, possuem uma Saída de Usuário (SU) através da qual o consumidor pode obter instantaneamente informações sobre algumas grandezas elétricas relacionadas ao consumo de energia. Particularmente ao Brasil, para consumidores do Grupo A e Grupo B as concessionárias de energia utilizam significante o Medidor Eletrônico de Energia ELO 2113 (ELO, 2008).

A SU disponibiliza informações das medições de energia de maneira assíncrona via protocolos de comunicação definidos pela NBR 14522 (ABNT, 2000), norma brasileira para intercâmbio de informações para sistemas de energia elétrica.

O foco deste trabalho consiste no desenvolvimento de uma plataforma eletrônico-computacional de interface, armazenamento remoto de dados e monitoramento de energia elétrica, baseada em medidores eletrônicos de energia elétrica ELO 2113, microcontroladores da família ATmega328 (ATMEL, 2012), em protocolo de comunicação para medidores eletrônicos NBR 14522 e um ambiente computacional para monitoramento.

A seguir, são abordados medidores

eletrônicos de energia e os microcontroladores utilizados neste trabalho. Posteriormente, o trabalho apresenta o desenvolvimento do protótipo eletrônico-computacional. Por último, as conclusões e trabalhos futuros.

## **MEDIDOR ELETRÔNICO DE ENERGIA ELO 2113**

As concessionárias de distribuição de energia elétrica utilizam medidores eletrônicos para medir o consumo de energia em consumidores de Grupo A e, mais recentemente regulamentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2012), também o Grupo B.

Medidores eletrônicos são baseados em transdutores de tensão e corrente elétricas. O funcionamento consiste em registrar grandezas elétricas pertinentes ao faturamento da energia. Os medidores eletrônicos mais recentemente, inseridos no ambiente de SG, proporcionam benefícios aos consumidores, como a possibilidade de difundir a microgeração e minigeração e de obter informações instantâneas de seu consumo de energia. A Figura 1 apresenta uma vista frontal do modelo ELO 2113 utilizado neste trabalho.



**Figura 1. Vista frontal do modelo ELO 2113. Fonte: ELO Sistemas Eletrônicos (2005)**

A SU do medidor de energia ELO 2113 envia um conjunto de dados de acordo com a NBR 14522, que define o padrão de intercâmbio de informações no sistema de medição de energia elétrica.

A SU funciona de maneira assíncrona e monodirecional, ou seja, o medidor enviar pacotes de dados independentemente do equipamento receptor dos dados. Os pacotes são enviados com formatos e frequência definidos. O modelo ELO 2113 possui quatro tipos de SU [3]:

- Saída de usuário monodirecional;
- Saída de usuário estendida;
- Saída de usuário grandezas instantâneas;
- Saída de usuário mista.

Este trabalho utiliza a SU do tipo Grandezas Instantâneas (SU-GI), cujas principais características são apresentadas pelas Tabelas 1 e 2.

**Tabela 1 – Características de transmissão ELO2113 SU-GI. Fonte: ELO Sistemas Eletrônicos (2005)**

<b>Velocidade</b>	600 Baud (+/- 3%)
<b>Tipo</b>	Assíncrono
<b>Modo</b>	Monodirecional
<b>Caractere</b>	1 start bit, 8 bits de dados, 1 stop bit
<b>Tamanho do bloco</b>	53 bytes
<b>Tempo entre blocos</b>	1 segundo cheio

**Tabela 2 – Formato dos blocos de dados ELO2113 SU-GI. Fonte: ELO Sistemas Eletrônicos (2005)**

Posição	Formato	Descrição
1	Word8	Código do Bloco
2	Word8	Definição de Bloco
3 a 6	Word32	Nº de Série do Medidor
7 a 10	Word32	Número de segundos desde 01/01/1980
11 a 13	Float24	Tensão Fase A
14 a 16	Float24	Tensão Fase B
17 a 19	Float24	Tensão Fase C
20 a 22	Float24	Corrente Fase A
23 a 25	Float24	Corrente Fase B
26 a 28	Float24	Corrente Fase c
29 a 31	Float24	Corrente de Neutro
32 a 34	Float24	Potência Ativa Fase A
35 a 37	Float24	Potência Ativa Fase B
38 a 40	Float24	Potência Ativa Fase C
41 a 43	Float24	Potência Reativa Fase A
44 a 46	Float24	Potência Reativa Fase B
47 a 49	Float24	Potência Reativa Fase C
50 a 51	Word16	Frequência da Rede (x100)
52 a 53	Word16	Caractere de Redundância CRC16

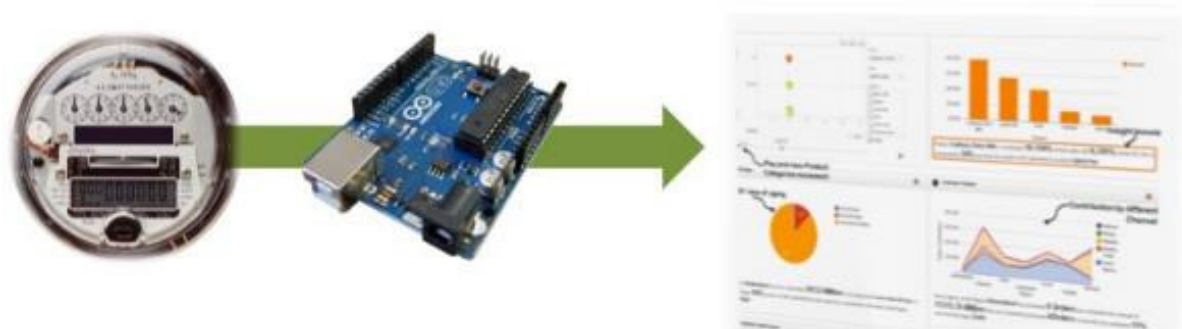


Figura 2 – Esquema básico do protótipo eletrônico-computacional do sistema de monitoramento de consumo de energia elétrica em tempo real

### INTERFACE DE AQUISIÇÃO DE DADOS

A interface de aquisição dados tem por objetivo capturar e interpretar as informações provenientes do medidor de energia. A ideia básica consiste em aproveitar a SU do Medidor ELO 2113, desenvolvendo um protótipo eletrônico para o tratamento de dados e, posteriormente, enviá-los a um protótipo de banco de dados e monitoramento do sistema, como ilustra a Figura 2.

O protótipo eletrônico desenvolvido neste trabalho é baseado em um microcontrolador amplamente utilizado pela literatura, da família ATMEGA (ATMEL, 2012), para realizar a interpretação dos sinais recebidos os envia para o computador. Este microcontrolador é formado pela combinação da arquitetura Harvard e estrutura RISC. Possui um grande número de instruções, no total 131 instruções em seu microcódigo

O ATmega328A possui 3 Ports de dados (PortB, PortC e PortD), programáveis como entrada ou saída permitindo a utilização de 23 I/Os. A PortB possui 8 I/Os (terminais 9, 10 e 14 ao 19), a PortC possui 6 I/Os (terminais 1 e 23 ao 28), e a PortD possui 8 I/Os (terminais 2 ao 6 e 11 ao 13). A tensão nominal do ATmega328 é 5 VCC para se trabalhar com frequência máxima (20 MHz). Os pinos do estão dispostos conforme ilustrado na Figura 3.

(PCINT14/RESET) PC6	1	28	PC5 (ADC5/SCL/PCINT13)
(PCINT16/RXD) PD0	2	27	PC4 (ADC4/SDA/PCINT12)
(PCINT17/TXD) PD1	3	26	PC3 (ADC3/PCINT11)
(PCINT18/INT0) PD2	4	25	PC2 (ADC2/PCINT10)
(PCINT19/OC2B/INT1) PD3	5	24	PC1 (ADC1/PCINT9)
(PCINT20/XCK/T0) PD4	6	23	PC0 (ADC0/PCINT8)
VCC	7	22	GND
GND	8	21	AREF
(PCINT6/XTAL1/TOSC1) PB6	9	20	AVCC
(PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7	10	19	PB5 (SCK/PCINT5)
(PCINT21/OC0B/T1) PD5	11	18	PB4 (MISO/PCINT4)
(PCINT22/OC0A/AIN0) PD6	12	17	PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3)
(PCINT23/AIN1) PD7	13	16	PB2 (SS/OC1B/PCINT2)
(PCINT0/CLKO/ICP1) PB0	14	15	PB1 (OC1A/PCINT1)

Figura 3 – ATmega328A. Fonte: ATMEL (2012).

### PROTÓTIPO COMPUTACIONAL DE MONITORAMENTO

O protótipo computacional engloba uma visão de que os processos computacionais devem ser instalados em plataformas WEB. Essa opção traz a vantagem de não ser mais necessário todo e qualquer usuário ter a necessidade de instalar programas em cada computador a ser utilizado. Programas WEB são construídos e instalados e um servidor, do qual todos os usuários têm acesso.

Basicamente, o sistema funciona com um servidor com banco de dados e habilitado a programação PHP. Neste contexto, o projeto desenvolveu um protótipo computacional demonstrado na Figura 4.

Pela Figura 4 são verificados os principais valores relacionados à demanda: histórico de consumo de energia e as tensões por fase. Entretanto, o protótipo (ainda em desenvolvimento) prevê o monitoramento de todas as demais variáveis disponibilizadas pelo medidor eletrônico.

### CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou uma alternativa simples e de baixo custo para o desenvolvimento de uma plataforma de monitoramento do consumo de energia elétrica, baseado em medidores eletrônicos modelo ELO 2113.



Figura 4 – Protótipo computacional de monitoramento de consumo de energia elétrica em tempo real

Ao fazer uso de uma ferramenta que seja destinada ao monitoramento da energia elétrica consumida, um gestor poderá ter subsídios que o auxiliem em tomadas importantes de decisão, por exemplo, quanto ao tipo de contratação de energia elétrica, baseando-se no histórico de horários de maior e menor consumo. Desta forma, pode-se evitar a compra equivocada de certa modalidade de contratação de energia.

Este projeto continua em desenvolvimento. Os próximos passos consistem no desenvolvimento do monitoramento das variáveis relacionadas à Qualidade de Energia Elétrica. Outra vertente deste projeto consiste no monitoramento de variáveis relacionadas à Geração Distribuída, sobretudo a geração fotovoltaica. Além disso, também vislumbra-se o monitoramento e controle de cargas, geração, banco de baterias, entre outros; tudo relacionado às Redes Elétricas Inteligentes.

## REFERÊNCIAS

ABDI, Desafio tecnológicos e regulatórios em rede inteligente no Brasil, **Revista O Setor Elétrico**, Edição 66, p. 48 a 58, Julho de 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. RN Nº 502, DE 7 DE AGOSTO DE 2012. Disponível em:

<<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012502.pdf>> Acesso em 10 de junho de 2014

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14522: Intercâmbio de Informações para Sistemas de Medição de Energia Elétrica - Padronização. Rio de Janeiro, 2000.

ATMEL. Datasheet Atmega328A: 8-bit Atmel Microcontroller with 4/8/16/32KBytes In-System Programmable Flash. 2012, Disponível em: <<http://www.atmel.com/Images/doc8271.pdf>>. Acesso em 10 de junho de 2014.

CEER **status review of regulatory approaches to smart electricity grids**. CEER, julho 2011.

ELO SISTEMAS ELETRÔNICOS S.A., Manual do Medidor Eletrônico ELO 2113. Porto Alegre/RS, 2008.