CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ANÁPOLIS UNIEVANGÉLICA

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

LEONARDO GODOI

SIMCEEL

SISTEMA INFORMATIZADO DE MEDIÇÃO E MONITORAMENTO

DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

ANÁPOLIS - GO

2017

## **PROBLEMA**

O crescente consumo de energia elétrica no Brasil demanda soluções voltadas para a economia de energia, demandando grandes esforços e investimentos por parte de empresas e também do governo (TORREIRA, 2004). Tais soluções têm como objetivo apresentar o consumo energético em tempo real, possibilitando de forma indireta a economia desejada. Entretanto, não há disponível no mercado tecnologias de custo e instalação acessíveis, tendo assim, espaço para uma solução que atenda a essa demanda específica. Dada essa problemática, como construir um dispositivo de baixo que supra esta necessidade?

## **OBJETIVOS**

## **OBJETIVO GERAL**

Construir um dispositivo Android de baixo custo para medição do consumo de energia elétrica em tempo real, utilizando a tecnologia Arduíno (http://arduino.cc), desenvolver uma aplicação web para registrar os dados e, também uma aplicação mobile Android (LECHETTA; 2013) para monitoramento e visualização dos dados.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

* Realizar a construção de um dispositivo Android com tecnologia digital Arduíno e componentes de baixo custo;
* Realizar a construção de rede de comunicação para integração do dispositivo Android e Arduíno utilizando sistema wifi para acesso web e monitoramento com servidor local;
* Realizar a construção de uma aplicação web para suportar sistema de informação via relatórios e gráficos web, para auxiliar os usuários/clientes a tomarem decisões sobre o funcionamento de seus equipamentos.
* Realizar a construção de um aplicativo Android para gerenciamento e monitoramento do consumo de energia elétrica;

## **JUSTIFICATIVA**

O projeto SIMCEEL pretende construir um produto de baixo custo, aplicando tecnologias de desenvolvimento mobile, Android e web, a fim de criar um sistema para medição e monitoramento do consumo de energia em tempo real. Para alcançar seus objetivos, será utilizada a tecnologia Arduino, para desenvolvimento de um protótipo de um dispositivo informatizado, cujos valores sejam acessíveis para um desenvolvimento inicial.

O Projeto abordará assuntos relacionados ao consumo real de energia elétrica, como a medição e monitoramento para identificação de pontos de alto consumo, afim da adoção de medidas para reduzir os gastos excessivos, garantindo assim maior economia financeira, pois os custos com o consumo de energia elétrica poderão ser reduzidos significativamente conforme a decisão dos usuários ao conhecerem os custos relativos ao consumo em tempo real, economia energética e preservação ambiental, pois a redução do consumo influencia diretamente na necessidade de geração, reduzindo-se também expressivamente a insuficiência da produção energética e consequentemente garantirá maior preservação ambiental, pois deixarão de serem imprescindíveis as construções de novas usinas, principalmente as hidroelétricas e térmicas, as quais causam respectivamente inundações de grandes áreas, extinção da fauna e flora das regiões alagadas e poluição do ar atmosférico (MARTINS; 1999), além de contribuir imensamente para o controle e adequação do orçamento mensal dos consumidores, relacionado ao consumo de energia elétrica.

Mesmo com os valores acessíveis para aquisição do produto, pressupõe-se inicialmente um público bem diversificado, o qual tem além da necessidade de economizar nos custos com energia elétrica para controle de suas contas domésticas, apresenta também características de consumidores que trabalham constantemente contra os possíveis desperdícios, principalmente àqueles relacionados ao consumo desnecessário de energia elétrica, como por exemplo, aquele tempinho a mais debaixo do chuveiro, ou aquele ferro de passar esquecido ligado enquanto se atende ao telefone, portanto, esses prováveis clientes, são potenciais usuários do produto SIMCEEL, o qual está sendo projetado utilizando-se os conceitos de medição e transformação dos dados capturados em dados computacionais, utilizando-se lógica digital (IDOETA; 2006), para, em uma etapa conseguinte serem utilizados em um código IDE de uma plataforma Arduíno, a qual, através de uma aplicação web (RUMBAUGH; 1994) (LOURENÇO; 2004) fornecerá dados para um banco de dados, o qual será utilizado para construção da aplicação mobile em Android (LECHETA; 2013).

## **METODOLOGIA**

Pensando no problema, o projeto SIMCEEL está sendo desenvolvido para a confecção de um dispositivo Arduino Android para medição, um sistema web para controle e registro do consumo de energia elétrica predial pontual em tempo real, o qual proporcionará aos seus usuários o conforto de saber através do monitoramento e visualização do consumo de energia elétrica de quaisquer equipamentos através do display acoplado ao dispositivo ou através de tecnologia mobile Android, acessando os dispositivos móveis linkados ao sistema, tipo smartphones, além de apresentar instantâneamente o custo real do consumo efetivo a qualquer momento em um de seus mostradores digitais (O AUTOR).

## **METODOLOGIA DE MONTAGEM DO DISPOSITIVO ARDUINO**

Para a montagem do dispositivo SIMCEEL foi utilizado uma placa protoboard de 15 por 25 centímetros para a fixação dos componentes periféricos, os quais são:

* Controlador Arduíno UNO R3;
* Display LCD de duas linhas e 20 colunas;
* Sensor de Corrente SCT013 20A/1V;
* Conjunto de cabos 0,5mm² multicores;
* Potenciômetro Linear 10K;
* Capacitor eletrolítico 16µF;
* Resistor Ôhmico 10KΩ;
* Conector Shield Ethernet W5100;

Em seguida confeccionaram-se os conectores dos cabos para a interligação dos periféricos e encaixaram-se no protoboard os componentes eletrônicos e o sensor de corrente SCT013. O Conector shield ethernet W5100 foi encaixado para interligação com os componentes citados anteriormente. Terminado as conexões o circuito foi alimentado através do cabo de conexão USB com o computador e iniciou-se a fase de programação e testes com software IDE do controlador Arduíno UNO R3.



## **METODOLOGIA DE TESTES DO DISPOSITIVO ARDUÍNO**

A partir deste ponto são apresentados os testes do protótipo, do qual foram coletadas amostras e comparadas às medições do multímetro digital FLUKE RMS 87V. Estes testes foram realizados com o objetivo de colher amostras da tensão e corrente AC (Alternate Current – Corrente Alternada) a serem medidas e convertidas em níveis de tensão DC (Direct Current – Corrente Contínua), as quais serão entregues às entradas analógicas do microcontrolador no módulo digital.

## **DESENVOLVIMENTO DO MÓDULO DIGITAL DO ARDUÍNO**

O núcleo deste sistema é constituído por um Controlador Arduino baseado no microcontrolador ATMEGA328 com 32kbytes de memoria flash para armazenamento do código, 16 MHz de clock, 14 pinos de entradas/saídas digitais, dos quais 06 podem ser usados como saídas PWM e 06 entradas analógicas com 10 bits de resolução, um cristal oscilador de 16MHz, uma conexão USB, uma entrada de alimentação para fonte externa de 220Volt, uma conexão ICSP e um botão de reset (http://www.arduino.cc)

O sinal de tensão e corrente proveniente dos módulos analógicos são entregues as respectivas entradas analógicas, que fazem a conversão de sinal analógico para digital (A/D). Após a conversão, o resultado de cada entrada é tratado pela biblioteca emonlib.h que salva cada entrada em uma variável do tipo double, sendo VCAL para o sensor de tensão e ICAL para o sensor de corrente. Portanto, tem-se uma variável VCAL (volt) e uma chamada ICAL (Ampére), e cada uma representa o valor instantâneo de tensão e corrente presente na entrada do medidor em um dado momento.

Para obter o valor da potência aparente multiplica-se os valores de tensão (V) pelos valores de corrente (I).

Para calcular o fator de potência, o circuito de tensão é monitorado até passagem pelo zero volt, “0V”, quando então um controlador de tempo (função millis no Arduino) é disparado até a detecção da passagem do sensor de corrente pelo zero Ampére, “0A”, onde cessa a contagem, conhecendo o período da rede elétrica, o qual se identifica como sendo a frequência, a qual tem o valor fixo de 60Hz, permitindo-se assim então calcular a defasagem entre corrente e tensão da rede e determinar os valores do fator de potência e, consequentemente fornecendo os valores necessários para se calcular a potência ativa, intrínseca para o cálculo do consumo, o qual é dado em KWh (Quilowatt hora).

Finalmente, para calcular os valores dos custos do consumo de energia elétrica medidos pelo dispositivo, são utilizados os valores da potência ativa encontrada em KWh, multiplicados pelo valor da taxa monetária aplicada pela concessionária local.

## **DESENVOLVIMENTO DO MÓDULO DE COMUNICAÇÃO**

Para a visualização dos dados, além do display LCD (Display de Cristal Líquido), o projeto prevê a comunicação com uma rede de computadores local do tipo ethernet e o controlador Arduino UNO-R3, o qual possui o microcontrolador ATMEGA328, adequado por possuir memória suficiente para suportar o tamanho de uma pilha TCP/IP (Transmission Control Protocol - Protocolo de Controle de Transmissão / Internet Protocol - Protocolo de Interconexão), além de que a placa deste controlador também é provida de controlador wifi, o qual será utilizado na rede comunicação com os dispositivos móveis em função da visualização e monitoramento mobile Android do SIMCEEL.

## **TESTANDO O SOFTWARE NO IDE ARDUINO**

O código foi escrito na linguagem de programação do IDE do Arduino, uma linguagem de programação padrão, a qual tem origem em Wiring, e é essencialmente codificada em C/C++ utilizando a respectiva interface de desenvolvimento e compilação Arduino. Após a montagem do módulo sensor de corrente, é compilado o código inicial para cálculo da corrente, onde é adicionado ao código o comando “Serial.print”, o qual imprime os resultados obtidos numa interface serial na tela do computador.

## **DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO WEB JAVA**

Para que seja possível apresentar os dados coletados via porta serial em comunicação com o Dispositivo Arduíno é necessária a construção de uma aplicação JAVA a fim de se visualizar as informações recebidas em um browser, bem como a armazenagem dos dados em banco de dados Postgres. Sendo assim serão desenvolvidas as classes Protocolo, a qual definirá os métodos e objetos necessários para se realizar a recepção dos dados da porta serial, os quais serão inseridos na aplicação através da classe SerialRxTx e enviados ao sistema de controle através da classe Supervisório que controlará o sistema SIMCEEL. A aplicação web será um dos grandes diferenciais do projeto, pois trará além das informações apontadas acima, outras como relatórios de monitoramento do consumo diário e mensal, gráficos comparativos e outras opções as quais serão implementadas posteriormente.

## **DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO MOBILE ANDROID**

A apresentação final do produto SIMCEEL será a exibição da aplicação mobile Android, contendo as informações necessárias para que o usuário possa monitorar e auxiliá-lo na tomada de suas decisões quanto ao consumo de energia elétrica, pois além de visualizar o consumo em tempo real do ponto medido, este também conhecerá os valores monetários despendidos com o custo deste consumo, sendo que sua visualização e conhecimento destes valores se dará instantâneamente, no ato do consumo, proporcionando conforto em saber que em função do tempo de utilização este poderá reduzi-lo e alcançar a tão esperada economia de energia elétrica.

## **CRONOGRAMA**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Versão** | **Data** | **Descrição** |
| 0.0 | 03/02/2018 | ELABORAÇÃO DA PROPOSTA PARA TCC I |
| 0.0 | 21/02/2018 | APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DO TCC I PARA ORIENTAÇÃO E CORREÇÃO. REVISÃO GERAL DA PROPOSTA DE TCC I. |
| 0.0 | 22/02/2018 | ENTREGA DA PROPOSTA DE TCC I PARA AVALIAÇÃO |
| 0.2 | 23/02/2018 | INICIAR CONSTRUÇÃO DA APLICAÇÃO SIMCEEL WEB E SOBRE A CONSTRUÇÃO DO BANCO DE DADOS. |
| 0.2 | 28/02/2018 | CONSTRUÇÃO DA APLICAÇÃO WEB E DO BANCO DE DADOS. |
| 0.2 | 07/03/2018 | CONSTRUÇÃO DA APLICAÇÃO WEB E DO BANCO DE DADOS. |
| 0.2 | 14/03/2018 | CONSTRUÇÃO DA APLICAÇÃO WEB E DO BANCO DE DADOS. |
| 0.2 | 21/03/2018 | CONSTRUÇÃO DA APLICAÇÃO WEB E DO BANCO DE DADOS. |
| 0.2 | 28/03/2018 | CONSTRUÇÃO DA APLICAÇÃO WEB E DO BANCO DE DADOS. |
| 0.2 | 04/04/2018 | REVISÃO E ADEQUAÇÃO DO DISPOSITIVO PROTÓTIPO SIMCEEL. |
| 0.3 | 11/04/2018 | INICIAR INTEGRAÇÃO DO SOFTWARE WEB AO PROTÓTIPO DO DISPOSITIVO SIMCEEL. |
| 0.3 | 18/04/2018 | REVISÃO DA DOCUMENTAÇÃO DO PROJETO SIMCEEL PARA ADEQUAÇÃO DO DOCUMENTO (TRABALHO) DO TCC I. |
| 0.3 | 25/04/2018 | REVISÃO DO DOCUMENTO OFICIAL DO TCC I, INCLUINDO O RESUMO, ABSTRACT, INTRODUÇÃO, PROBLEMA, OBJETIVOS, JUSTIFICATIVA, REFERENCIAL TEÓRICO, METODOLOGIAS, CRONOGRAMA E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS. |
| 0.4 | 02/05/2018 | REVISÃO GERAL DO PROJETO JUNTO À ORIENTAÇÃO |
| 0.4 | 09/05/2018 | REVISÃO GERAL DO DOCUMENTO OFICIAL DO PROJETO SIMCEEL JUNTO À ORIENTAÇÃO |
| 0.4 | 16/05/2018 | APRESENTAÇÃO INFORMAL DO TCC I PARA ORIENTAÇÃO. |
| 0.4 | 23/05/2018 | SOLICITAÇÃO DE BANCA PARA APRESENTAÇÃO DO TCC I E ENTREGA DO PROJETO DO TCC I. |
| 0.4 | 15/06/2018 | APRESENTAÇÃO FINAL DO TCC I. |
| 0.5 | 20/06/2018 | REVISÃO GERAL DO DOCUMENTO OFICIAL DO PROJETO DO TCC I. |
| 0.5 | 27/06/2018 | ENTEGA FINAL DO DOCUMENTO OFICIAL DO PROJETO DO TCC I. |
| 0.6 | 04/07/2018 | REINÍCIO DO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO PARA APRESENTAÇÃO DO TCC - II |
| 0.6 | 02/08/2018 | ENTREGA DA PROPOSTA DE TCC II PARA AVALIAÇÃO |
| 0.6 | 09/08/2018 | INICIAR CONSTRUÇÃO DO APP ANDROID SIMCEEL. |
| 0.6 | 16/08/2018 | CONSTRUÇÃO DO APP ANDROID SIMCEEL. |
| 0.6 | 23/08/2018 | CONSTRUÇÃO DO APP ANDROID SIMCEEL. |
| 0.6 | 30/08/2018 | CONSTRUÇÃO DO APP ANDROID SIMCEEL. |
| 0.6 | 06/09/2018 | CONSTRUÇÃO DO APP ANDROID SIMCEEL. |
| 0.6 | 13/09/2018 | CONSTRUÇÃO DO APP ANDROID SIMCEEL. |
| 0.6 | 20/09/2018 | CONSTRUÇÃO DO APP ANDROID SIMCEEL. |
| 0.7 | 27/09/2018 | REVISÃO E ADEQUAÇÃO DO DISPOSITIVO PROTÓTIPO SIMCEEL PARA COMUNICAÇÃO COM APP ANDROID VIA WEB E WI-FI. |
| 0.7 | 04/10/2018 | REVISÃO E ADEQUAÇÃO DO DISPOSITIVO PROTÓTIPO SIMCEEL PARA COMUNICAÇÃO COM APP ANDROID VIA WEB E WI-FI. |
| 0.8 | 11/10/2018 | INICIAR INTEGRAÇÃO DO APP ANDROID AO PROTÓTIPO DO DISPOSITIVO SIMCEEL. |
| 0.8 | 18/10/2018 | FINALIZAR INTEGRAÇÃO DO APP ANDROID AO PROTÓTIPO DO DISPOSITIVO SIMCEEL. |
| 0.8 | 25/10/2018 | REVISÃO DA DOCUMENTAÇÃO DO PROJETO SIMCEEL PARA ADEQUAÇÃO DO DOCUMENTO (TRABALHO) DO TCC II. |
| 0.8 | 01/11/2018 | REVISÃO DO DOCUMENTO OFICIAL DO TCC II, INCLUINDO O RESUMO, ABSTRACT, INTRODUÇÃO, PROBLEMA, OBJETIVOS, JUSTIFICATIVA, REFERENCIAL TEÓRICO, METODOLOGIAS, CRONOGRAMA E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS. |
| 0.8 | 08/11/2018 | REVISÃO GERAL DO PROJETO JUNTO À ORIENTAÇÃO |
| 0.8 | 14/11/2018 | REVISÃO GERAL DO DOCUMENTO OFICIAL DO PROJETO SIMCEEL JUNTO À ORIENTAÇÃO |
| 0.8 | 22/11/2018 | APRESENTAÇÃO INFORMAL DO TCC II PARA ORIENTAÇÃO. |
| 0.8 | 23/11/2018 | SOLICITAÇÃO DE BANCA PARA APRESENTAÇÃO DO TCC II E ENTREGA DO PROJETO DO TCC II. |
| 0.8 | 06/12/2018 | APRESENTAÇÃO FINAL DO TCC II. |
| 0.8 | 07/12/2018 | REVISÃO GERAL DO DOCUMENTO OFICIAL DO PROJETO DO TCC II. |
| 0.8 | 13/12/2018 | ENTEGA FINAL DO DOCUMENTO OFICIAL DO PROJETO DO TCC II. |

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NR 10: Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. São Paulo. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações Elétricas de Baixa Tensão**. São Paulo. 2008.

ARDUINO. https://www.arduino.cc/en/Main/Software. Acesso em 30 de setembro de 2017 as 14h05min.

BORENSTEIN, C. R., CAMARGO, C. C. de B., CUNHA, C. J. C.A., et al. **Regulação e gestão competitiva no setor elétrico brasileiro**. Porto Alegre. Sagra-Luzzatto, 1999. 280p.

IDOETA, Ivan. **Eletricidade e Lógica digital**. 2006. Editora Érica. 4ª Edição.

# IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers. **IEEE-1584: Guide for Performing Arc Flash Hazard Calculations.** Acesso no sítio: 123.

http://standards.ieee.org/reading/ieee/interp/1584-2002.html

LOURENÇO, Antônio Carlos de. Circuitos Digitais. Editora Érica. 2004. SIQUEIRA, Gilberto. **Estrutura de Dados e Técnicas de Programação**. Grupo Elsevier. Campus. Ano Edição: 2014.

LECHETA, Ricardo R. Android. **Aprenda a criar Aplicações para dispositivos móveis com o Android SDK**. Novatec. 3ª Edição, Revisada e Ampliada. 2013.

MARTINS, A.R.S., ALVEAL, Carmem, SANTOS, E.M. et al. **Eficiência energética: integrando usos e reduzindo desperdícios**. Agência Nacional de Energia Elétrica, 1999.

**MONITORAMENTO DE ENERGIA**. Trabalho Acadêmico. Disponível em: <<https://github.com/mlemos/energy-monitor-cpbr7/blob/master/arduino/energy-monitor-cpbr7.ino>>. Acesso em 01 de outubro de 2017 as 08h35min.

NETO, Daywes Pinheiro; LISITA, Luiz R.; MACHADO, Paulo C. M.; NERYS, José W.; Silva, Marcelo Rubia da. **Modelação e análise da vida útil (metrológica) de medidores tipo indução de Energia Elétrica Ativa** / Marcelo Rubia da Silva. Disponível em: //www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/pos-graduacao/264-dissertacao\_marcelo\_rubia\_silva.pdf. Acesso em abril de 2013.

NIELSON, J.W. **Circuitos Elétricos**. 6ª.ed.Rio de Janeiro: LTC, 2003.

RUMBAUGH, J. **Modelagem e Projetos Baseados em Objetos**: Rio de Janeiro: Editora Campus, 1994.

TEIXEIRA, L. L. **Medidor de Energia Eletrônico**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul. 2009.

TORREIRA, Raul Peragallo. **Instrumentos de Medição Elétrica**. 3ª Edição - Editora Hemus. 2004;