

# Desenvolvimento de um medidor por indução de baixo custo para controle de consumo de energia elétrica em unidades residenciais de baixa renda na Amazônia

Cristiano Torres do Amaral  
cristiano.amaral@sipam.gov.br  
SIPAM-GPERS/UNIR

Artur Salvador  
artursalvador@hotmail.com  
UNIR

Laysa Fernanda Belici  
Siborde  
lay.belici@hotmail.com  
UNIR

Lorena Paula Mendonça  
Guedes  
lorenguesdes@gmail.com  
UNIR

## Resumo

Neste artigo apresenta o desenvolvimento de um protótipo de baixo custo para mensurar corrente alternada por indução como proposta para medição de energia em unidades habitacionais de baixa renda. O sistema é de simples funcionamento e uma vez conectado, um sensor realiza a leitura da medição de energia por comandos do telefone celular com aplicativo via *Bluetooth*. O projeto pode ser empregado em diversos *smartphones* ou *tablets* com sistema operacional *Android*. O protótipo tem um *display* OLED para a visualização da corrente que a circula pelo circuito, sendo de fácil construção, e ainda, com possíveis aplicações didáticas em laboratório de instrumentação.

**Palavras-chave:** *Android*; eficiência energética; protótipo.

## 1 Introdução

Nos últimos anos houve um aumento significativo das faturas de energia elétrica, bem como aplicação de bandeiras tarifárias para contenção do consumo de energia por meio do sobrefaturamento compulsório. Esses aumentos colocaram muitas famílias em dificuldades financeiras e, em alguns casos, o descontrole ocorre porque as pessoas têm dificuldade de acompanhar o consumo de energia de suas casas. A falta de conhecimento técnico, medidores de energia obsoletos ou de visualização complexa, entre outros fatores, dificultam o monitoramento do consumo, principalmente das unidades familiares de baixa renda. De acordo com dados fornecidos pelo projeto Tarifa Social do Governo Federal, entre 2000 e 2016, houve um aumento de cerca de 38% no consumo de energia elétrica das famílias que estavam cadastradas no programa. Aumento da carga, descuido e a falta de controle motivaram o aumento gradativo do faturamento. Este aumento também estimula a revisão dos benefícios sociais e, por isso, famílias podem perder os benefícios sociais de acordo com a atualização de cadastral que considera o consumo de energia elétrica residencial (ANEEL, 2012).

O agravamento da crise econômica e a necessidade acompanhamento do consumo de energia elétrica por parte das famílias de baixa renda na Amazônia sensibilizaram os formandos do curso de engenharia elétrica da Universidade Federal de Rondônia (UNIR) que se organizaram e desenvolveram um protótipo de medidor de energia de baixo custo que permite o acompanhamento do consumo pelo telefone celular, sem a necessidade de conexão pela internet (SZESZ *et al.*, 2016). Neste projeto os estudantes agregaram a possibilidade do monitoramento do consumo, em tempo real, utilizando um amperímetro (BRAGA, 2014) conectado a uma interface *bluetooth*. Este texto apresenta os procedimentos adotados para desenvolvimento da *hardware* e *software* utilizado no protótipo, bem como os testes realizados e o código fonte utilizado.

## 2 Metodologia

Para o desenvolvimento do protótipo de medidor de energia com conexão remota foram seguidas as seguintes etapas propostas por Endo; Vallim; Brito (2011):

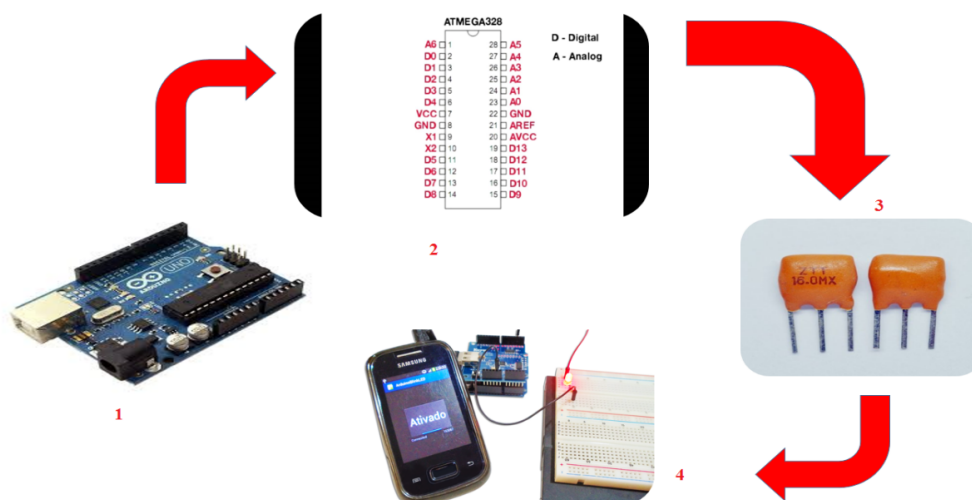
- i) *Levantamento de dados;*
- ii) *Montagem do Protótipo;*
- iii) *Elaboração de algoritmo para plataforma Android;*
- iv) *Testes e aceitação.*

### i) *Levantamento de dados*

Foram pesquisadas as demandas para uso do instrumento em 20 residências de famílias cadastradas no serviço de CadÚnico e tarifa social de energia elétrica na cidade de Porto Velho/RO. Este levantamento tinha por objetivo determinar o perfil das unidades consumidoras de energia das famílias de baixa renda. Foi verificado que cada residência possuía entre 2 a 5 moradores, entre zero e 65 anos. Foram avaliados o quantitativo de consumo de eletricidade e o perfil da carga/demanda (CERON/ELETOBRAS, 2015).

### ii) *Montagem do Protótipo*

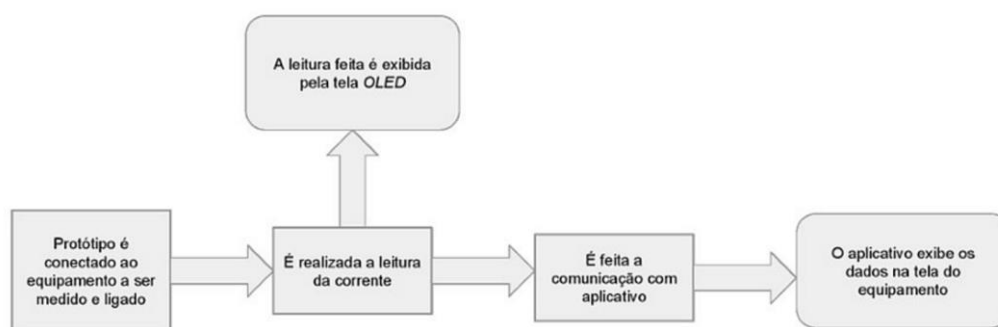
**Figura 1 – Desenvolvimento do Protótipo**



Fonte: elaborado pelos autores (2017).

A Figura 1 descreve as etapas de desenvolvimento do *hardware* do dispositivo de medição. Para elaboração de um amperímetro por indução foi utilizado o Arduino UNO (Figura 1 – 1). O amperímetro realiza a leitura da corrente elétrica e, de maneira indireta (SADIKU, 2012), é possível correlacionar o consumo de energia kWh por meio da relação de potência de tensão (volt - V) e corrente elétrica (ampère – A) (LIMA JR., 2013). Este *hardware* (BANZI & SHILOH, 2015) é uma placa composta de um microcontrolador baseado no ATmega328 (Figura 1 - 2). Este microcontrolador possui 14 pinos digitais de entrada/saída, 6 entradas analógicas, um ressonador cerâmico 16 MHz (Figura 1 – 3) e uma conexão USB para conexão externa com placas de experimentação ou outros dispositivos (Figura 1 – 4).

**Figura 2** – Diagrama em blocos do funcionamento do amperímetro por indução



Fonte: elaborado pelos autores (2017).

Neste medidor de energia, a leitura do consumo deve ser realizada diretamente no equipamento, bem como remotamente em um telefone celular (CARDOS, 2014). A Figura 2 apresenta o diagrama em blocos deste *hardware* em desenvolvimento. O microcontrolador executa as rotinas para supervisão dos sensores e leitura da medida do consumo de energia (WIKA, 2017). Um módulo *Bluetooth* HC-06 foi incluído para fazer a comunicação com o aplicativo remoto instalado no celular. O *display Oled* é um componente pequeno que exibe a leitura da medição. A Tabela 1 apresenta a lista de materiais utilizados na montagem do hardware e seu respectivo custo:

**Tabela 1** – Lista de Materiais utilizados na montagem do protótipo

Componente	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Tela <i>OLED</i> 0,96"	1,00	29,90	29,90
Modulo <i>Bluetooth</i> HC-05	1,00	32,90	32,90
Arduino UNO com microcontrolador <i>Atmega328P</i>	1,00	49,90	49,90
Capacitor de cerâmica 22pF	2,00	0,06	0,12
Chave tipo gangorra	1,00	4,99	4,99
Pilha AA (pacote com 6)	1,00	14,99	14,99
Suporte para 6 pilhas AA	1,00	16,99	16,99
Sensor de corrente TA12-100	1,00	27,26	27,26
Oscilador de Cristal 16MHz	1,00	10,11	10,11
Placa fenolite 10x10 cm	1,00	3,91	3,91
Fios jumpers	1,00	10,00	10,00
Estanho para solda (25mg)	1,00	8,29	8,29
Percloroeto de ferro (500g)	1,00	17,00	17,00
<b>Total</b>			<b>R\$ 226,36</b>

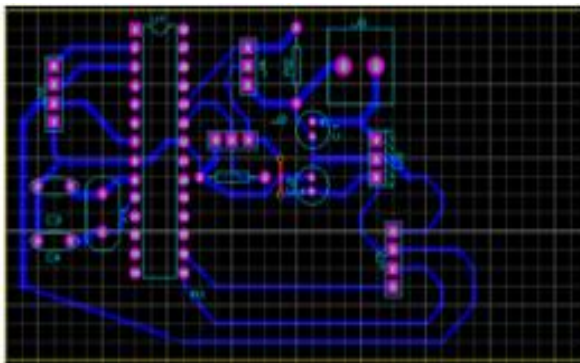
Fonte: elaborado pelos autores (2017).

A Figura 3, a seguir, apresenta o desenvolvimento da placa eletrônica do circuito em desenvolvimento. Na Figura 3 - a é demonstrada etapa de elaboração do layout do circuito eletrônico no emulador de desenvolvimento *web CircuitLab* ([www.circuitlab.com](http://www.circuitlab.com)). A Figura 3 - b apresenta a placa montada com os componentes eletrônicos sendo soldados.

A Figura 4 apresenta o medidor de energia em um gabinete acrílico utilizado para acondicionar os componentes eletrônicos. Nesta montagem todo o circuito custou R\$ 226,36 em peças e componentes eletrônicos (Tabela 2).

### Figura 3 – Confeção da placa de circuito impresso

(a) Desenvolvimento



(b) Montagem



Fonte: elaborado pelos autores (2017).

### Figura 4 – Protótipo de medidor de energia com conexão *Bluetooth*



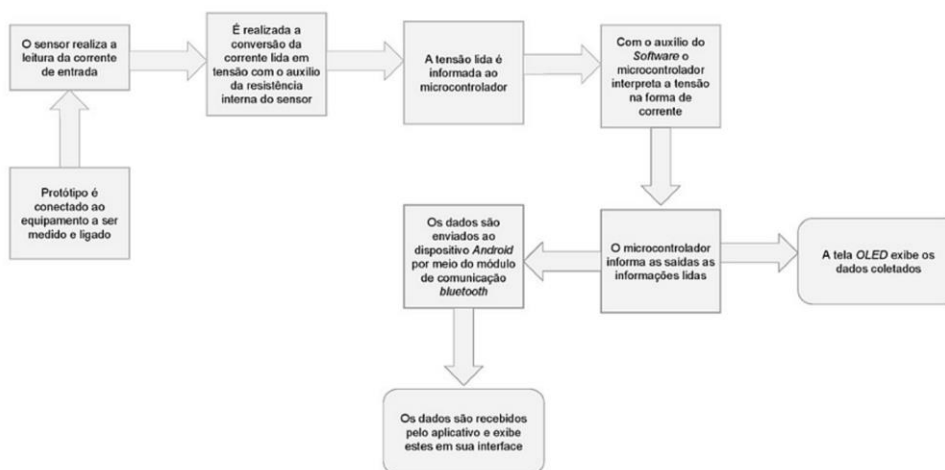
Fonte: elaborado pelos autores (2017).

### iii) *Elaboração do Algoritmo para plataforma Android*

O algoritmo determina as rotinas de software necessárias para funcionamento do dispositivo. Para tanto foi desenvolvido um aplicativo no formato *apk* para recepção de dados. Este *software* é responsável pela conexão do sistema de supervisão a um amperímetro de

indução que faz a medida do consumo de energia de maneira indireta. A Figura 5, a seguir, descreve resumidamente o processamento do *software*.

**Figura 5** – Etapas do processo de comunicação remota do medidor de energia



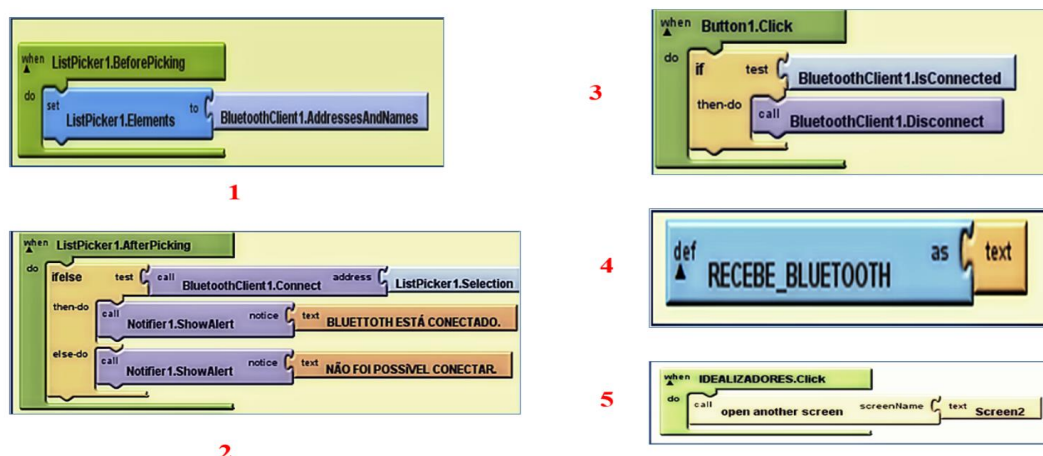
**Fonte:** elaborado pelos autores (2017).

Logo após o acionamento do dispositivo é estabelecida uma conexão com o sensor de leitura de corrente elétrica (NASCIMENTO, 2011). A leitura é adaptada por meio de uma conversão direta por divisor de tensão. Este processo disponibiliza a informação para o microcontrolador. Seu software interno interpreta os dados e informa para uma tela de visualização local, bem como para uma interface de dados para comunicação *Bluetooth*. A interface disponibiliza os dados para leitura de um celular que se conecta pela interface *Bluetooth* (Figura 5).

As características técnicas que permitem a comunicação *Bluetooth* foram desenvolvidas numa plataforma de código aberto (*open source*) utilizando um módulo do Arduino. Nesta plataforma o software foi programado operação em microcontrolador ATMEGA. As leituras do equipamento são transmitidas no visor do eletrônico, bem como transmitidas para um celular com o aplicativo de leitura. Este aplicativo foi desenvolvido para versão *Android* 4.2.2 (QUEIROZ, 2015).

O aplicativo foi desenvolvido através da versão *App Inventor*, disponibilizado e hospedado no site do Instituto de Tecnologia de Massachusetts – MIT. De acordo com *Android Community* (2017), esta versão do aplicativo oferece um aspecto de programação em blocos no sistema JAVA. Neste caso, o usuário necessita apenas de uma conta no *Google* para ter acesso (MIT, 2017). Ao definir as rotinas necessárias para determinado aplicativo. A plataforma é simples e possibilita o desenvolvimento estabelecendo suas ligações características em blocos (ABLESON, 2012). Cada bloco define a opção de acesso aos pontos de sinal via *Bluetooth* localizado pelo aparelho em uso. A programação dos blocos foi utilizada no desenvolvimento do protótipo, sendo dividida em dois blocos principais: a) Acesso ao *Bluetooth*; b) Interface homem-máquina. O processo de desenvolvimento está ilustrado na Figura 6 a seguir, bem como seu respectivo detalhamento na Tabela 2, posteriormente:

**Figura 6** - Desenvolvimento do programa para plataforma *Android*



Fonte: elaborado pelos autores (2017) e adaptado de Marciello *et al.* (2012).

**Tabela 2** – Descritivo conforme numeração de blocos da programação do aplicativo.

Etapa	Descrição
1	Este bloco define a opção de acesso aos pontos de sinal via <i>Bluetooth</i> localizado pelo aparelho em uso. Insere o comando para listagem de contatos recebidos pelo sinal de <i>Bluetooth</i> .
2	Indica como positiva ou negativa a comunicação como escravo ou mestre entre os blocos. Bloco que alerta o usuário sobre o <i>Bluetooth</i> do <i>smartphone</i> indicando o recebimento dos dados enviado pelo <i>Bluetooth</i> do amperímetro.
3	Bloco indicativo de conexão entre os sinais de <i>Bluetooth</i> . Função dos botões colocados no aplicativo, no caso o botão “on” que deve se conectar, e o botão “off” que o desconecta.
4	Mensagem de dados ao qual deve ser recebida e lida pelo aplicativo, o espaço do texto permanente em aberto.
5	A segunda tela do aplicativo, a tela de créditos dos idealizadores. Bloco para inserir uma nova tela ao aplicativo

Fonte: elaborado pelos autores e adaptado de Fedechen; Catarino Soler (2011).

### iii) Testes e aceitação

A aferição do medidor de energia foi obtida a partir da comparação da medida do protótipo com um padrão de medida. O padrão utilizado foi um medidor de corrente elétrica do laboratório de eletrônica da UNIR. Este padrão era um alicate amperímetro digital Minipa ET 3200. Foram realizados ensaios com diferentes cargas resistivas, simuladas a partir de conjuntos de lâmpadas incandescentes de 60 W com tensões de funcionamento de 220 V e 127 V. A comparação das medidas possibilitou determinar um desvio  $\Delta$  (%) que pode orientar a aceitação do dispositivo para uso nas unidades residenciais de baixa renda. Quanto menor o desvio  $\Delta$  (%), maior será a precisão do protótipo.

### 3 Resultados e discussão

Os resultados obtidos estão dispostos na Tabela 2 a seguir:

**Tabela 2** – Aferição comparativa do instrumento desenvolvido e o padrão de referência.

Carga (W)	220 V			127 V		
	Padrão (A)	Protótipo (A)	$\Delta$ (%)	Padrão (A)	Protótipo (A)	$\Delta$ (%)
60	0,26	0,26	0,00	0,22	0,22	0,00
120	0,54	0,52	0,02	0,40	0,34	0,04
180	0,81	0,81	0,00	0,58	0,55	0,03
240	1,07	1,07	0,00	0,77	0,76	0,01
300	1,34	1,35	0,74	0,96	0,95	0,01
360	1,62	1,64	1,23	1,16	1,16	0,00
420	1,88	1,92	2,12	1,35	1,36	0,74
480	2,14	2,18	1,86	1,55	1,57	1,29
540	2,44	2,47	1,23	1,76	1,78	1,13
600	2,7	2,75	1,85	1,95	1,97	1,02
660	2,99	3,04	1,67	2,15	2,18	1,39
720	3,26	3,32	1,84	2,35	2,38	1,27
780	3,53	3,61	2,26	2,54	2,57	1,18
840	3,8	3,88	2,10	2,74	2,78	1,46
900	4,06	4,14	1,97	2,93	2,97	1,36
960	4,34	4,44	2,30	3,12	3,18	1,92

Fonte: elaborado pelos autores.

**Figura 5** – Tela do aplicativo de medida de energia elétrica



Fonte: elaborado pelos autores (2017).

Ao iniciar o aplicativo são exibidos os créditos e a opção para acionamento da leitura remota com dois botões digitais (Figura 5). Nesta tela a interface com usuário deve ser a mais simples possível, uma vez que será operada por pessoas com pouco conhecimento dos recursos digitais, tal como foi o perfil apurado no levantamento inicial. Após o acionamento do botão verde a tela exibe os dados da corrente medida pelo sensor e dados transmitida via *Bluetooth*. Para aceitação de uso do equipamento os critérios foram o pequeno desvio de medição apurado (Tabela 2), a viabilidade de custo, bem como a praticidade de uso pelo grupo familiar em foco.

## 4 Conclusão

O medidor de energia com acesso Bluetooth foi baseado em amperímetro digital por indução de baixo custo. A fabricação e instalação do dispositivo em larga escala pode auxiliar de famílias mais carentes no controle de seu consumo de energia elétrica através de avisos indicadores de potência em seus celulares. A interface no celular é amigável e de fácil interpretação.

O protótipo desenvolvido também apresenta boa performance para medição de energia, com desvio pequeno observado e que pode ser eliminado utilizando componentes mais precisos. Apesar disso os resultados obtidos foram satisfatórios, demonstrando a viabilidade e confiabilidade do dispositivo com desvio de medida menor que 5% para diferentes cargas.

Verifica-se neste projeto que o protótipo desenvolvido proporciona ao usuário a facilidade no seu uso, praticidade, e pode ser aperfeiçoado, integrando a uma plataforma de acesso pela internet, controles remotos de desligamento e acionamento, entre outros recursos que podem facilitar a vida das famílias mais humildes na Amazônia.

## Referências

ABLESON, W.F. et al. **Android em ação: apresentando a plataforma**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

ANDROID COMMUNITY. **Developing in Android 2017**. Disponível em: <<https://source.android.com/source/developing>>. Acesso em: 16 jan. 17.

ARDUINO. **Placa Arduino Rev. 03**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>>. Acesso em: 10 jan. 17.

BANZI, Massimo; SHILOH, Michael. **Primeiros Passos com o Arduino**. São Paulo: Novatec, 2015.

BRAGA, C. N. **Almanaque Tecnológico**. São Paulo: INC, 2014.

CARDOS, L. F. C. Sistema de Automação Residencial via Rede Celular Usando Microcontroladores e Sensores. **In: Revista de Engenharia da Universidade Católica de Petrópolis, v. 6, n. 2, p. 70-83, 2014**. Disponível em <<http://seer.ucp.br/seer/index.php?journal=REVCEC&page=article&op=view&path%5B%5D=523>> Acesso em 18 jul. 17.

CERON/ELETROBRAS. **Relatório de Demonstrações Financeiras e Administração 2015**. Disponível em: <[http://www.diof.ro.gov.br/data/uploads/2016/04/DOE-15\\_04\\_2016.pdf](http://www.diof.ro.gov.br/data/uploads/2016/04/DOE-15_04_2016.pdf)>. Acesso em: 29 ago. 2016.

ENDO, W. VALLIM, M. B. R. BRITO, G. A. Metodologia e Práticas de Aprendizagem para Sistemas de Gerenciamento de Energia: Aplicações em Laboratórios Didáticos de Graduação em Engenharia. **In: XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**. Blumenau: ABENGE, 2011. Disponível em: <<http://198.136.59.239/~abengeorg/CobengeAnteriores/2011/sextoestec/art1829.pdf>> Acesso em 20 jul. 17.

FEDECHEN, E. A. CATARINO, I. C. SOLER, L. Gerenciamento de Mensagens Internas via Comunicação Bluetooth Dekstop-Celular. **In: Revista Científica Ciências Exatas e Tecnológicas, v.10, n.1, 2011**. Disponível em <<http://www.pgsskroton.com.br/seer/index.php/exatas/article/viewFile/531/501>> Acesso em 20 jul 17.

LIMA JR., A.W. **Eletricidade e Eletrônica Básica. 4 ed.** Rio de Janeiro: 2013.

MARCINELLO, S. H. M. UHEYAMA, J. PESSIN, G. OSÓRIO, F. S. VARGAS, P. A. Determinando Posições Relativas de Nós Móveis Por Meio de Bluetooth e Aprendizados de Máquina. **In: Revista de Exatas e Tecnológicas, Rondonópolis, v. 1, n. 3, 2012.** Disponível em <<http://retec.eti.br/retec/index.php/retec/article/view/20>> Acesso em 20 jul. 17.

MIT - Massachusetts Institute of Technology. **Programa APP INVETOR 2017.** Disponível em <<http://appinventor.mit.edu/explore/about-us.html>> <http://beta.appinventor.mit.edu>. Acesso: 10 jan. 17.

NASCIMENTO, F. S. Controlando Mão Robótica com Brain Computer Interface. **In: Anais do Computer on the Beach 2011. Belém, 2011.** Disponível em <<https://siaiap32.univali.br/seer/index.php/acotb/article/view/6397>> Acesso em 20 jul. 17.

SADIKU, M. N. O. **Fundamentos de Circuitos Elétricos. 5 ed.** Porto Alegre: AMGH, 2012.

SZESZ, A. J. GOMES VAZ, M. S. M. G. BITTENCOURT, D. F. SCHERER VAZ, M. C. Tecnologias da Informação e Comunicação e as Práticas Educacionais. **In: Revista de Engenharia e Tecnologia de Ponta Grossa, vol.8, n.1, 2016.** Disponível em: <<http://www.revistaret.com.br/ojs-2.2.3/index.php/ret/article/view/450>> Acesso em 20 jul. 17.

WIKA, A. D. **Datasheet Digital Temperature Transmitter Model T12.10.** Disponível em: <[http://de-de.wika.de/upload/DS\\_TE1203\\_en\\_co\\_7432.pdf](http://de-de.wika.de/upload/DS_TE1203_en_co_7432.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 17.