

# BRArt: medição inteligente do consumo de energia elétrica baseada no Arduino

E. Andrade<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Computação  
Universidade Federal Fluminense (UFF) – Niterói, RJ – Brazil

eandrade@ic.uff.br

**Abstract.** *Electric energy is one of the most widely used and studied forms of energy in the world. Families from many places, use daily electricity in many different tasks. With the increasing technological development in our society, a reduction in the use of costs and automation become even more relevant. This work led to the development of a smart meter of electric energy consumption based on Arduino, seeking to collaborate with the brazilian scenario. In this way, several aspects about the meters are analyzed in a general way and, finally, a smart meter proposal is elaborated considering these aspects and new details.*

**Resumo.** *A energia elétrica é uma das formas de energia mais utilizada e estudada no mundo. Famílias dos mais diversos lugares, utilizam a energia elétrica diariamente em muitos afazeres distintos. Com o desenvolvimento tecnológico cada vez maior em nossa sociedade, a redução da utilização dos gastos e automação tornam-se ainda mais relevantes. Este trabalho conduz ao desenvolvimento de um medidor inteligente de consumo de energia elétrica baseado no Arduino, procurando colaborar com o cenário nacional. Desta forma, são analisados diversos aspectos acerca dos medidores de uma forma geral e, por fim, elaborada uma proposta de medidor inteligente considerando estes aspectos e novos detalhes.*

## 1. Introdução

O termo “medidor inteligente” (*smart meter*, em inglês) é comumente associado com a medição de energia elétrica, apesar de existirem outros casos, como o consumo de água, por exemplo.

O interesse neste tipo de tecnologia automatizada não é recente mas está em grande crescimento, até mesmo pela contínua demanda de novas soluções [Palensky and Dietrich 2011]. Para termos a importância do assunto de forma mais clara, alguns casos importantes podem ser considerados.

A rede elétrica inteligente (*smart grid*, em inglês) apresenta toda uma arquitetura que envolve os medidores inteligentes como elementos principais dos usuários finais [Bornia et al. 2016]. O governo britânico acredita muito no investimento acerca desta rede e pretende instalar nos próximos anos algo em torno de 7 milhões de medidores inteligentes espalhados por diversas residências<sup>1</sup>.

Outro exemplo famoso, foi a aquisição da Nest, uma empresa de automação residencial, comprada pela Google. A transação foi realizada com cifras

<sup>1</sup><http://www.eib.org/infocentre/press/releases/all/2015/2015-287-british-homes-to-get-smart-meters-under-eur-315-billion-investment-plan-for-europe.htm>

próximas de 3.2 bilhões de dólares<sup>2</sup>.

É preciso ressaltar também a inserção dos medidores inteligentes no universo de Internet das Coisas (*Internet of Things*, em inglês). Além de todas as vantagens de estar no meio, como a possível comunicação com diversos dispositivos diferentes, há também as desvantagens. Os problemas de segurança são potencialmente perigosos, assim como erros que podem ocorrer na coleta dos dados de consumo de energia elétrica [Depuru et al. 2011].

Os medidores inteligentes atuando dentro da realidade de computação ubíqua, de forma invisível para os seus usuários, seria a maneira mais próxima do “ideal”. Uma automatização onde os medidores pudessem coletar informações completas de todas as residências e realizar ajustes de acordo com os perfis dos usuários [Andrade et al. 2016]. Porém, mesmo um pouco distante desta realidade, é possível aprimorar o que existe hoje.

O objetivo deste artigo então, consiste em elaborar este medidor inteligente, que tenha melhorias em relação ao que existe hoje. Fora isto, adequá-lo ao cenário nacional, já que em 2018 teremos o início da tarifa branca que foi aprovada em Setembro de 2016<sup>3</sup>.

## 2. Trabalhos Relacionados

Não há como deixar de citar alguns trabalhos sobre o tema de medidores inteligentes. [Krishnamurti et al. 2012] descreve sucintamente a preparação para o ambiente das redes elétricas e os medidores inteligentes, após a aprovação dada através do presidente Obama do programa de Subsídio de Investimento em Redes Elétricas Inteligen-

tes dos EUA<sup>4</sup>.

Em [Weiss et al. 2012] são aplicados algoritmos de desagregação. Estes algoritmos tentam separar a faixa de consumo de energia elétrica, procurando reconhecer cada aparelho envolvido neste consumo. É uma questão relativamente complexa com muita pesquisa atualmente. Fora isto, são propostas conexões entre *smartphones* e medidores inteligentes, para que esta comunicação retorne os dados coletados em tempo quase real para os usuários.

[Klemenjak et al. 2016] apresenta uma abordagem de medidor inteligente baseada no Arduino também e procura descrever as tecnologias existentes de comunicação, características de medição, custos, etc. Também há a integração com Raspberry, que é responsável pela parte de servidor *Web*.

Algoritmos de agrupamento são utilizados em [Haben et al. 2016]. Aqui entra a questão dos perfis de usuários que podem ajudar na característica “inteligente” dos medidores. Através de algoritmos como esses, alguns ajustes automáticos podem ser realizados nas residências dos usuários, um cenário bastante favorável quando falamos da implementação das redes elétricas inteligentes também.

Por fim, o OpenEnergyMonitor<sup>5</sup> é a iniciativa mais relevante para este trabalho. O OpenEnergyMonitor consiste em um projeto *open-source* de monitoramento de energia e provê grande parte das funções desejadas por um medidor inteligente. Apesar disto, este trabalho pretende ser mais simples do que grande parte dos projetos do OpenEnergyMonitor e com um custo me-

<sup>2</sup><http://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2014/01/google-compra-empresa-de-automacao-do-lar-por-us-32-bilhoes.html>

<sup>3</sup>[http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset\\_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/aneel-aprova-tarifa-branca-nova-opcao-para-os-consumidores-a-partir-de-2018/656877?inheritRedirect=false](http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/aneel-aprova-tarifa-branca-nova-opcao-para-os-consumidores-a-partir-de-2018/656877?inheritRedirect=false)

<sup>4</sup><http://energy.gov/oe/information-center/recovery-act-smart-grid-investment-grant-sgig-program>

<sup>5</sup><https://openenergymonitor.org/emon/>

nor, pois a loja virtual do OpenEnergyMonitor não apresenta custos acessíveis para a maioria dos brasileiros.

### 3. Hardware

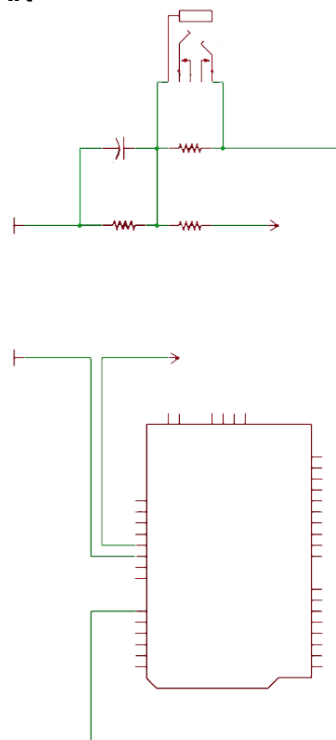
O primeiro quesito para a construção do BRArt envolve os componentes de *hardware* do medidor inteligente. Uma das características principais deste medidor deve ser o seu custo, isto é um diferencial, ainda mais em um país em desenvolvimento, como o Brasil. Procurando diminuir o preço final do medidor, uma placa genérica do Arduino, desenvolvida pela empresa SainSmart<sup>6</sup>, consegue suprir as necessidades do projeto. Da mesma empresa, podemos utilizar também o módulo WiFi, necessário para estabelecimento de conexões *wireless* com o Arduino. Um módulo Ethernet também poderia ser utilizado, inclusive custando um preço bem menor, porém quando pensamos no uso em larga escala, tentando incluir diversos usuários, a tecnologia WiFi apresenta-se de maneira mais viável<sup>7</sup>.

Outros componentes de hardware utilizados, são:

- Protoboard
- Sensor de corrente SCT-013-100
- Jack P2
- Capacitor  $10\mu\text{F}$
- Resistor de  $33\Omega$
- Dois resistores de  $470\text{K}\Omega$
- Alguns *jumper*s

Depois da obtenção de todos os componentes necessários, foi preciso fazer um esquema de ligação com a placa do Arduino. Na Figura 1, observa-se a arquitetura básica do BRArt. Para ligá-lo, basta conectar um *plug* de 2.1mm na placa do Arduino (que pode ser encontrado facilmente em diversos estabelecimentos comerciais) e outra saída em uma tomada convencional.

Figura 1. Arquitetura básica do BRArt



No topo da Figura 1, podemos visualizar o sensor de corrente. Este sensor pode ficar encaixado a qualquer tipo de fio que esteja transmitindo energia elétrica para mensurar o consumo de energia daquele dispositivo conectado ao fio. O jack P2 serve para conectar a protoboard com o sensor de corrente e vem logo abaixo. Depois, há um pequeno circuito com o capacitor e o resistor de  $33\Omega$  em série e os dois resistores de  $470\text{K}\Omega$  também em série. Porém, os dois resistores de  $470\text{K}\Omega$  ficam em paralelo com o capacitor e resistor de  $33\Omega$ . Importante também são os *grounds* que devem ser conectados (mais à esquerda da Figura 1).

Os pontos do circuito podem ser ligados pelos *jumper*s. Para finalizar o esquema, deve-se conectar a protoboard com a placa do Arduino, nas entradas de 5V, *ground* e qualquer uma das 5 entra-

<sup>6</sup><http://www.sainsmart.com/arduino.html>

<sup>7</sup><http://www.digitaltrends.com/computing/wi-fi-vs-ethernet-has-wireless-killed-wired/>

das analógicas (no caso, a entrada analógica considerada foi a zero).

## 4. Software

O código do projeto pode ser encontrado no repositório do GitHub<sup>8</sup>. Nesta seção, veremos duas partes: cliente e servidor. Cada uma delas é responsável por determinadas tarefas do trabalho.

### 4.1. Cliente

A parte de *software* relativa ao lado do cliente, lida principalmente com a leitura dos dados de consumo de energia elétrica pelo BRArt. A proposta final do projeto tem como meta, demonstrar os dados da maneira mais transparente possível e de forma adequada para cada dispositivo que o usuário estiver utilizando para visualização (computadores, *smartphones* e *tablets*, por exemplo).

Basicamente, consideramos que a potência (*power*, em inglês) está em 127V, como comum no Brasil. Desta maneira, o cálculo da potência aparente (instantânea) é trivial, sendo o *Irms* a corrente medida pela raiz do valor quadrático médio (*root mean square*, em inglês). Segue a fórmula abaixo:

$$Power = Irms * 127$$

Importante mencionar a sensibilidade da entrada analógica da placa do Arduino que pode alterar estes os dados coletados de consumo de energia elétrica. É necessário manter o projeto isolado de contatos físicos que possam prejudicar a medição e retornar valores muito distantes do real.

Esta leitura básica em tempo próximo do real, deve ter como destino um

servidor que possa realizar o tratamento destes dados de forma mais profunda. Assim, temos o fundamental para os primeiros passos do funcionamento do BRArt. A exibição serial dos dados de consumo de energia elétrica pode ser visualizada na IDE do Arduino.

### 4.2. Servidor

É necessário um servidor *Web* para receber os dados coletados pela arquitetura montada na Figura 1. Basta a parte de aplicação do cliente se conectar com este servidor por uma porta possível, como a 80, muito comum para requisições HTTP.

Este servidor pode ser proveniente de um computador caseiro, como procurou-se realizar no princípio da construção do BRArt, utilizando o Apache<sup>9</sup>, por exemplo. Outro que precisa ser considerado, é o banco de dados. Pode inclusive ser o MySQL<sup>10</sup>, também muito conhecido.

O histórico dos dados de consumo de energia elétrica são muito relevantes, não apenas para uma consulta posterior dos usuários, mas também para aplicação de algoritmos (a questão da característica “inteligente”) que automatizem certas funções diante das possibilidades de um medidor inteligente.

## 5. Conclusão

O número relativo a instalação dos medidores inteligentes está aumentando, como podemos observar no gráfico da Figura 2<sup>11</sup>. A América do Sul aparece como a segunda região com menos medidores inteligentes, atrás apenas da África.

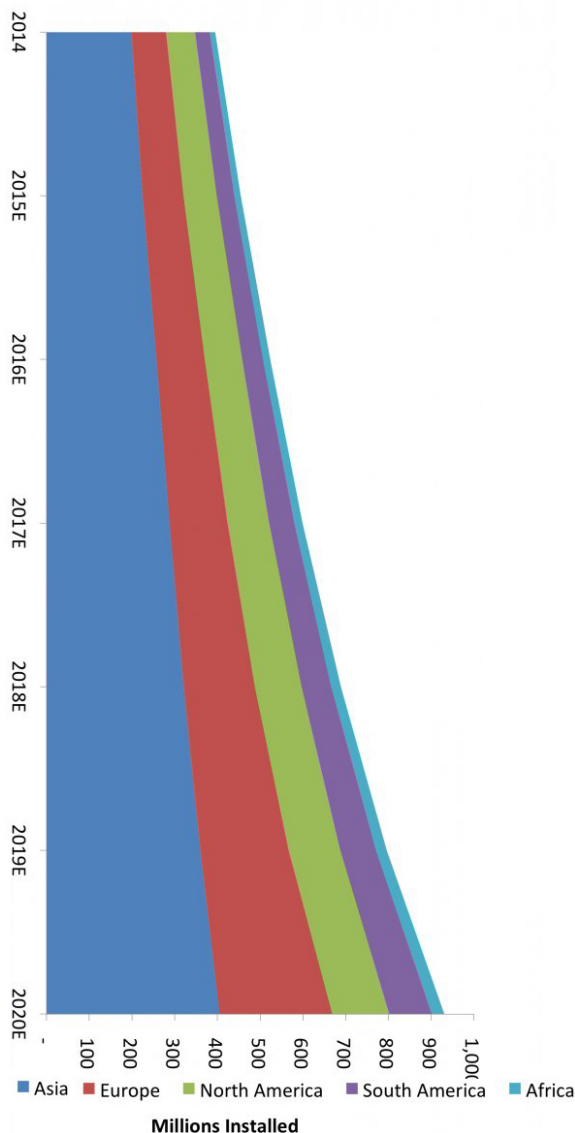
<sup>8</sup><https://github.com/eduardoandrade/brart/tree/master>

<sup>9</sup><https://httpd.apache.org/>

<sup>10</sup><https://www.mysql.com/>

<sup>11</sup><http://static3.businessinsider.com/image/55259adc6da8116d34fef10a-1190-625/energy-companies-are-using-the-internet-of-things-to-increase-efficiency-and-save-billions.jpg>

**Figura 2. Quantidade de medidores inteligentes instalados por região no mundo**



Com a implementação da tarifa branca no Brasil, o cenário torna-se mais propício para a instalação de novos medidores inteligentes. São necessárias iniciativas que fomentem a pesquisa na área, antes que o atraso torne-se ainda maior.

Foi possível observar neste trabalho que é possível desenvolver um dispositivo de baixo custo e útil, podendo ter um grande impacto nas finanças ao longo prazo. Além disso, o estímulo importante

ao uso de fontes de energias alternativas e sustentáveis, de acordo com os padrões que estão sendo debatidos e estabelecidos internacionalmente, conforme ocorreu na Rio+20<sup>12</sup>.

## 6. Trabalhos futuros

Muitas funções precisam ser incluídas no BRArt. O que temos nesta primeira versão deste trabalho, é um conteúdo básico mas que já demonstra os primeiros passos diante de um grande potencial de desenvolvimento.

Há melhorias em relação a medição com a adição de novos componentes de *hardware*. Um exemplo seria a calibração do sensor de corrente ou um sensor que possa medir correntes maiores. Porém, é preciso sempre estar atento ao preço do projeto final, de modo que seja acessível a uma boa parcela de usuários.

Sobre o *software*, o tratamento de dados de consumo de energia elétrica descrito neste trabalho encontra-se de maneira bem simples. A quantidade de funções que podem ser implementadas é bem vasta. Algoritmos de aprendizado de máquina, por exemplo, conseguem extrair informações valiosas sobre o comportamento do consumo de energia elétrica de uma determinada residência [Zufferey et al. 2012] e assim, ajudar na automatização de tarefas e até mesmo, em uma exibição mais detalhada para que os próprios moradores possam consultar.

A tendência do BRArt então, é tornar-se um sistema de medição mais completo com a adição destas funcionalidades, saindo do escopo de consistir apenas de um medidor de consumo elétrico de energia com um pequeno e básico servidor auxiliar, inserindo uma “inteligência” aprimorada.

Atento aos aspectos descritos, todos são capazes de colaborar para o futuro imi-

<sup>12</sup><http://www.rio20.gov.br/>

nente com as redes elétricas e medidores inteligentes. Desta forma, a comunidade dos desenvolvedores poderá ajudar em iniciativas como a deste trabalho e então, colaborar com o crescimento da nossa região e do nosso país.

## Referências

- Andrade, E. d. O., Sampaio, I. G. B., Viterbo, J., Silva, J. M. M. d., and Boscarioli, C. (2016). Profiling household consumption with clustering algorithms. In *Proceedings of the XII Brazilian Symposium on Information Systems*, pages 45–51. SBC.
- Bornia, T., Farias, V., Fernandes, N. C., C., D., and Muchaluat-Saade (2016). Desafios de segurança e confiabilidade na comunicação para smart grids. In *Minicursos do Simpósio Brasileiro de Segurança da Informação*, pages 142–194. SBSEG.
- Depuru, S. S. S. R., Wang, L., and Devabhaktuni, V. (2011). Smart meters for power grid: Challenges, issues, advantages and status. *Renewable and sustainable energy reviews*, 15(6):2736–2742.
- Haben, S., Singleton, C., and Grindrod, P. (2016). Analysis and clustering of residential customers energy behavioral demand using smart meter data. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 7(1):136–144.
- Klemenjak, C., Egarter, D., and Elmenreich, W. (2016). Yomo: the arduino-based smart metering board. *Computer Science-Research and Development*, 31(1-2):97–103.
- Krishnamurti, T., Schwartz, D., Davis, A., Fischhoff, B., de Bruin, W. B., Lave, L., and Wang, J. (2012). Preparing for smart grid technologies: A behavioral decision research approach to understanding consumer expectations about smart meters. *Energy Policy*, 41:790–797.
- Palensky, P. and Dietrich, D. (2011). Demand side management: Demand response, intelligent energy systems, and smart loads. *IEEE transactions on industrial informatics*, 7(3):381–388.
- Weiss, M., Helfenstein, A., Mattern, F., and Staake, T. (2012). Leveraging smart meter data to recognize home appliances. In *Pervasive Computing and Communications (PerCom), 2012 IEEE International Conference on*, pages 190–197. IEEE.
- Zufferey, D., Gisler, C., Khaled, O. A., and Hennebert, J. (2012). Machine learning approaches for electric appliance classification. In *Information Science, Signal Processing and their Applications (ISSPA), 2012 11th International Conference on*, pages 740–745. IEEE.