



## SISTEMA DE MONITORAMENTO DE CONSUMO DE ENERGIA DOS EQUIPAMENTOS MÉDICOS-HOSPITALARES: UMA REVISÃO

Henrique Andrade Barbosa\*<sup>1</sup>, João Batista Destro Filho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>FEELT – Universidade Federal de Uberlândia

**Resumo** – Este artigo faz uma revisão da literatura, buscando nos principais meios de pesquisa de trabalhos acadêmicos, entender o estado da arte do sensoriamento automático do consumo de energia e a economia gerada graças ao monitoramento, além de procurar aplicações nos estabelecimentos de saúde. O resultado encontrado foi a escassez de projetos nessas áreas e a partir disto, propor a criação de um dispositivo de monitoramento voltado para hospital, com o intuito de melhorar tanto as manutenções preventivas quanto as preditivas.

**Palavras-Chave** - sistemas de gestão de energia, manutenção preditiva, IoT, estabelecimento assistencial de saúde, economia de energia, manutenção preventiva.

### SYSTEM FOR MONITORING ENERGY CONSUMPTION OF MEDICAL-HOSPITAL EQUIPMENT: A REVIEW

**Abstract** - This article reviews the literature, searching the main means of researching academic works, understanding the state of the art of automatic sensing of energy consumption and the savings generated thanks to monitoring, in addition to looking for applications in health technicians. The result found was a scarcity of projects in these areas and based on that, proposing the creation of a monitoring device aimed at the hospital, in order to improve both preventive and predictive maintenance.

**Keywords** - energy management systems, predictive maintenance, IoT, health care establishment, energy saving, preventive maintenance.

### 1. INTRODUÇÃO

A energia que cada equipamento elétrico consome ao longo do seu uso pode ser considerado uma incógnita, não apenas para os indivíduos nas suas residências, quanto para os gestores de indústrias e hospitais, visto que as concessionárias de energia fornecem o resultado do consumo global apenas no final de cada mês. O valor total desse consumo, mesmo sendo mensal, é um indicador de pouca efetividade, pois a partir dele não é possível discernir como cada equipamento influencia no todo, ou se apresenta alguma anormalidade no consumo.

[2] construiu um dispositivo para fins residenciais, com o objetivo de medir o consumo de energia dos aparelhos

domésticos para ajudar a reduzir os custos de consumo de energia. Esse dispositivo, construído com sensores de tensão e corrente, além de um microcontrolador que é responsável pelos cálculos dos parâmetros, possui *bluetooth* para transmitir as informações em um smartphone. A partir desse dispositivo, o usuário, com ajuda dos gráficos da interface, monitora e toma as decisões. Já o trabalho de [8], também com o objetivo de acompanhar o consumo de energia, propõe um sistema com o recurso de Redes de Sensores Sem Fios (RSSF) e *smart grids*, que além de identificar o consumo, permite verificar desperdícios de energia ou anomalias no consumo de algum equipamento. Dessa forma, o usuário consegue realizar as intervenções necessárias para a correção. Ao invés de utilizar o *bluetooth*, que possui um alcance de até 10 metros, [7] utilizou uma antena para ter um alcance de até 120 metros do dispositivo. Com esse trabalho, foi possível obter uma diminuição de 13,7% no consumo de energia de uma residência analisada.

Enquanto esses trabalhos propõem um gerenciamento residencial, [6], em sua pesquisa, traçou como objetivo realizar o monitoramento do consumo de energia elétrica em ambientes industriais, mais especificamente, em uma usina termoeletrica. O sistema foi parcialmente implementado, mesmo assim, ele consegue gerar indicadores para que se possam realizar as manutenções preventivas, devido ao tempo de funcionamento dos aparelhos; bem como da preditiva, para detectar anomalias na curva de carga dos equipamentos.

Como demonstrado nos parágrafos anteriores, o monitoramento do consumo de energia mostrou-se eficaz para situações em pequena escala, como em residências, obtendo-se resultados satisfatórios em relação a economia no consumo de energia e para detecção de anomalias dos aparelhos domésticos; e também para escalas maiores, como a indústria, onde proporcionou uma ferramenta para ajudar a equipe de manutenções preventivas e preditivas, a partir das informações coletadas. Consequentemente, pode-se cogitar a aplicação desse sistema em casos mais complexos ainda, como em hospitais, os quais possuem uma grande demanda de energia, pois funcionam 24 horas, cujos vários setores apresentam características heterogêneas. Daí a necessidade de se realizar uma análise constante do consumo de energia para criar estratégias, objetivando economizar e/ou identificar anomalias de consumo de equipamentos médicos. Alguns exemplos serão apresentados a seguir.

[20] analisou o consumo de energia de um hospital, localizado em uma região que possui as estações do ano, inverno e verão, bem características. A partir das informações

\*henriqueab95@gmail.com

coletadas, eles analisaram o perfil de consumo de energia e, assim, elaboraram uma sugestão para que o hospital conseguisse economizar. Semelhante a [6], os dispositivos também foram colocados em vários setores para se ter a informação de consumo de energia. Apesar do projeto de [20] ter sido executado em uma escala maior, não foi realizado no hospital um monitoramento do consumo de cada equipamento, ou se este último apresentava alguma anomalia, como [7] fez em sua pesquisa. Os autores se concentraram no total do consumo de cada setor, e como esse setor foi influenciado pela estação do ano.

Os autores em [15] realizaram sua pesquisa em 45 hospitais tailandeses, empregando o Índice de Utilização de Energia (IUE) para comparar o consumo de energia e a constatação de eficiência. Com esse estudo foi possível, por meio de cálculos, obter uma equação de previsão de como os hospitais irão se comportar ao longo do ano, para que possa servir de referência no planejamento de conservação de energia. Embora os autores tenham analisado vários hospitais e obtido informações que possam prever o comportamento do consumo, não fornecem aos gestores informações da situação da demanda energética do hospital. Mesmo assim, através desse estudo, os gestores possuem parâmetros para nortear novos investimentos.

[14] fez um estudo para prever a carga dos equipamentos, de forma a planejar o fluxo de energia em edifícios hospitalares. A partir dos resultados, com mais de 20.000 horas de dados medidos em um hospital, foi possível identificar que existem dias inadequados para o funcionamento de setores críticos, como a unidade de terapia intensiva. Assim, esse estudo é importante para que hospitais possam realizar ações corretivas em locais críticos, que podem estar sofrendo interferências pelo alto consumo de energia dos outros setores.

[10], no ambiente hospitalar, focou na análise do comportamento de potência ativa nos equipamentos eletrocirúrgicos, graças aos sensores de tensão e corrente, para analisar a potência instantânea desenvolvida durante uma cirurgia. Dessa forma, é possível identificar se a potência está de acordo com os parâmetros do equipamento, caso contrário, poderá ser inseguro tanto para o paciente quanto para os profissionais que estão utilizando os equipamentos. Esse tipo de identificação faz com que o hospital tenha mais qualidade nos serviços prestados.

Em síntese, a análise de corrente e tensão em tempo real de equipamentos médicos viabiliza um maior controle no consumo de energia dos hospitais. A medição de corrente e tensão pode identificar equipamentos que possuem anomalias no consumo ou no seu funcionamento, ajudando a fazer a manutenção tanto preventiva quanto corretiva e, além disso, possibilitar a análise de carga.

O objetivo deste projeto é realizar a busca do estado da arte do monitoramento do consumo de energia em equipamentos médicos através de mecanismos de busca *on-line* e analisar suas semelhanças e diferenças entre as pesquisas.

## II. METODOLOGIA

Para realizar a análise do estado da arte do monitoramento do consumo de energia dos equipamentos, utilizou-se os seguintes mecanismos de busca: *Scielo*, CAPES, BTDT,

Google Acadêmico, *Google patentes*, *Science Direct*, IEE e *Annual Review*. Dentro delas foram pesquisadas revistas, artigos, jornais, teses e revisões.

Os critérios para a inclusão dos documentos são: mensurar o consumo de energia em uma instalação (preferência em ambientes hospitalares), análise do gasto energético, documentos a partir do ano 2000 e que correspondia com as palavras-chaves selecionadas. Sendo descartado pesquisas relacionadas a parte de programação ou técnicas de cálculos pois não é o foco, mas sim no dispositivo e seus resultados.

As pesquisas foram feitas desde junho deste ano até setembro pelo os dois autores, utilizando 70 palavras-chaves sendo tanto inglês quanto português juntamente com lógicas booleanas para ajudar na procura, destas palavras-chaves as que conseguiram achar mais documentos foram: *energy-management systems*, *energy consumption*, *medical equipment*, *remoto*, *monitoring*, *sensing*, *deteccção*.

Os documentos selecionados para a análise, foram classificados em dois 2 grupos:

-Sensoriamento de dispositivos: Esse grupo contém os documentos que fizeram a construção de um dispositivo que consiga realizar leituras de energia de um equipamento ou de um circuito elétrico.

-Consumo de energia: Esse grupo contém os documentos que fizeram a análise do gasto energético de dispositivos ou de circuitos para ser aplicados estratégias na economia de energia no estabelecimento.

Durante a busca dos documentos, a prioridade era encontrar aplicações na área da engenharia clínica, mas não descartando as pesquisas na área da engenharia elétrica pois pode servir de inspiração para a utilizações em estabelecimentos assistências de saúde.

Após a divisão dos artigos nos dois grupos, foi feita a análise individualmente para entender o estado da arte e posteriormente discutido como juntar os dois grupos, aproveitando as vantagens para desenvolver um projeto que seja benéfico para a comunidade.

## III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta o resumo dos resultados obtidos a partir das pesquisas realizadas ao longo desses 4 meses.

Após a realização das buscas nas diversas plataformas de procura, os mecanismos de busca geraram 4158 resultados de documentos, sendo que 47 foram lidos detalhadamente e descartados os documentos que fugia do tema principal da pesquisa, sobrando 17 artigos de interesse ao tema de monitoramento de consumo de energia. Tendo 10 documentos referente ao sensoriamento e 7 documentos relacionados ao consumo de energia.

### A. Consumo de energia

Dos documentos de consumo de energia, todos são artigos relacionados a área de engenharia clínica, tendo o foco de analisar o comportamento do gasto energético dos setores dentro dos hospitais. Dos 7 artigos encontrados, 4 são da IEE, 2 de conferências e 1 de revista.

A Tabela 2 mostra alguns itens que foram buscados nos artigos de interesse para a pesquisa.

Nessa tabela, somente [14] apresentou na metodologia com qual sensoriamento foi utilizado para que obtivesse os dados para análise, enquanto os outros não mencionaram. Na tabela apresentava mais itens de interesse como o custo de implementação, onde foi implementado, qual o processador foi utilizado para os cálculos e qual a economia que o estabelecimento assistência de saúde obteve com a utilização do aparelho.

Apesar destes itens mencionados serem importantes para um melhor entendimento de como foi realizado o projeto e a importância da implementação do mesmo, os autores não falaram em suas obras, fazendo com que fossem retiradas as colunas da tabela.

Foi quantificado o consumo dos aparelhos médicos no total gasto pelo hospital, podendo variar 8% até 34% do total, enquanto o sistema de ar condicionados é o responsável pelo alto consumo de energia, podendo chegar a 50% do consumo, como mencionado no artigo de [15].

De acordo com [19], na Arábia Saudita, o ar condicionado e os equipamentos médicos possuem o maior consumo de energia elétrica por 3 razões:

- 1- Por causa do tipo do clima que geralmente é bastante quente e seco no verão e úmido e frio no inverno.
- 2- A exigência em ter a melhor condição e conforto para o tratamento dos pacientes.
- 3- Profissionais da saúde dão baixa prioridade na eficiência energética.

Pelo fato de que está realizando a análise do consumo de energia, deve-se saber se o dispositivo utilizado é colocado nos equipamentos ou se há um risco para o usuário. Nos artigos encontrados, foram implementados no distribuidor de energia, não tendo risco para o usuário pois só é acessível para o profissional designado para mexe-lo.

Os hospitais que foram utilizados para a análise do consumo são dos Estados Unidos ou da Europa ou da Ásia. Não tendo pesquisas no Brasil e nem na América Latina.

## B. Sensoriamento de dispositivos

A Tabela 3, apresenta 10 documentos relacionados ao sensoriamento de dispositivos, sendo que 9 sobre engenharia elétrica e 1 sobre engenharia biomédica, tendo 4 TTCs, 4 artigos e 2 dissertações de mestrados. Como os objetivos dos projetos eram relacionados a realização de um dispositivo para a medição de energia, as informações do dispositivo foram de fácil acesso.

No projeto de [17], marcado de asterisco, foi implementado o dispositivo para que analisasse o consumo de energia em um hospital na Tailândia, obtendo o perfil de carga elétrica e assim identificar uso anormal de energia. Isso fez com que houvesse mais segurança, confiabilidade e eficiência energética no hospital estudado.

Enquanto os outros projetos, possuem o objetivo de analisar o consumo em residências ou indústrias para que o usuário possa ter mais consciência dos seus gastos. Muitos desses projetos, possuem riscos ao usuário pelo fato de serem

protótipos e de não terem uma carcaça para proteger de um contato do usuário com o circuito.

Para se ter as informações sobre consumo de energia a maioria dos projetos utilizaram sensor de corrente SCT-013 e o sensor de tensão é de própria autoria, tendo variações. A precisão dos sensores dependem de como foram organizados os circuitos, filtros, conversor ADC e a forma de cálculo para atingir o resultado de potência, sendo obtido o erro de até 10% na potência nos documentos observados.

Nos projetos de [2], [8] e [18] fizeram uma interface em smartphones para que os usuários pudessem consultar as informações via *wi-fi*. Isso facilita a interpretação do consumo graças aos gráficos, tabelas e figuras interativas.

O processador mais utilizado foi o Arduino Uno pelo fato de ser um dispositivo bastante conhecido, de fácil programação, que é ideal para protótipos. Apesar disso, não possui um poder de processamento comparado com ESP82 ou Arduino MEGA. Isso faz com que aumente o erro na medição de potência.

No projeto de [18], é o único que fala da economia gerada graças ao dispositivo construído, sendo que em um dos experimentos, realizou o acompanhamento do consumo de energia de um ar condicionado e consegue identificar se o filtro está ou não sujo graças a análise de corrente do mesmo, fazendo com que realizasse a limpeza após a identificação da sujeira. Portanto, caso o filtro esteja sujo, pode ocasionar em um aumento no consumo de energia de 10 a 20% além de diminuir a vida útil do compressor [11].

Esse monitoramento, sendo utilizado em hospitais, atacará a principal causa do consumo de energia e dando exemplo na análise de [20], foi identificado que a refrigeração consome 31% do total e caso hipoteticamente haja o acompanhamento do consumo dos ar condicionados e tenha uma redução de 10% como mencionado anteriormente, ocorreria a economia de 14.172kWh de consumo elétrico no hospital.

## IV. CONCLUSÃO

A partir dos resultados encontrados nas diversas pesquisas relacionadas ao sensoriamento (Tabela 3), percebe-se que as pesquisas relacionadas a essas áreas estão ainda na prototipagem, com testes em pequena escala, sendo a maioria em residências com foco em um único circuito. Apesar disto, no projeto de [6] já começou a realizar a implementação na indústrias e auxiliou no gerenciamento do consumo e nas manutenções preventivas e preditivas dos equipamentos.

Além disto, os projetos não apresentam a economia gerada com a implementação para que comprove a vantagem de se utilizar. Dos custos relacionados ao dispositivo, fica claro que a implementação em um espaço com vários equipamentos ou circuitos para analisar, fica muito caro pelo preço de custo da unidade, sendo que o mais barato sairia por quase R\$100,00.

Apesar de muitos serem protótipos, a utilização do Arduino é recomendada para uma fase de teste inicial pela limitação de processamento, fazendo que necessite um melhoramento nos projetos enquanto processamento.

Nos artigos de consumo de energia (Tabela 2), os autores não informaram qual ferramenta que utilizaram para obter as informações de energia do hospital analisado, tendo uma obscuridade na metodologia. Apesar disto, nas pesquisas pode

mostrar que equipamentos médicos e o sistema de resfriamento pode chegar a 50% do consumo de energia de um hospital.

Observando-se que existem muitos trabalhos sobre sensoriamento que não são voltados para a parte médica enquanto os trabalhos que analisam o consumo de energia possuem uma obscuridade de detalhamento sobre o gasto dos equipamentos e nos setores que surgiu o questionamento para a realização de um projeto que consiga juntar as vantagens de conseguir sensoriar o consumo de energia em áreas do hospital para que possa ter mais clareza do consumo de energia.

Para projeto futuro, pode aperfeiçoar os sensores para que se tenha um erro de potência menor, através de um layout de placa melhor, troca de componentes ou até mesmo confeccionar o sensor para que tenha mais confiabilidade. O processamento pode ser colocado o ESP32, melhor comparada com os componentes da tabela, possuindo a resolução de 12 *bits* e um *clock* de 200Mhz, fazendo com que o sinal de potência seja mais fidedigno ao real além de ter um modulo *wi-fi* embutido.

Além disto, é preciso que o preço por unidade seja mais acessível para que seja utilizado em vários setores dos hospitais e até mesmo em cada equipamento para que tenha um maior controle.

Tendo mais variáveis para ser monitoradas, vai ser preciso que tenha uma interface via smartphone ou computador para que os usuário da engenharia clinica possa estar acompanhando a eficiência energética dos equipamentos e assim traçar estratégias de manutenções preventivas e preditivas, pois tendo informações em tempo real dos aparelhos, faz com que as manutenções corretivas diminuam.

De acordo com [12], a manutenção preditiva consegue gerar uma redução de 15 a 20% dos custos de peças, material e mão-de-obra em relação a manutenção corretiva.

Com essas modificações no projeto de sensoriamento e trazendo para os hospitais, fará com que tenha um grande benefício na economia de energia além de ajudar a equipe da engenharia clinica a realizar as manutenções preventivas e preditivas.

## REFERÊNCIAS

- [1] B. ÇAKMAK, Ş. YOL, "Medical Device Energy Consumption Analysis," 2019 *Medical Technologies Congress* (TIPTEKNO), Izmir, Turkey, 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/TIPTEKNO.2019.8895048.
- [2] B. R. A. DINIZ, A. A. EVANGELISTA, A. R. ALEXANDRIA, "Projeto e desenvolvimento de um medidor digital de energia elétrica monofásico para aplicação residenciais", DOI: <https://doi.org/10.15628/holos.2017.5118>, ISSN 1807-1600, *Holos*, vol. 07, p. 55-68, Nov. 2017.
- [3] C. M. COSTA, L. E. DE OLIVEIRA, W. G. DE SOUZA, "Medição de grandezas elétricas com acesso remoto e em tempo real para estimação de consumo energético", *Jornal de engenharia, tecnologia e meio ambiente (JETMA)*, vol.1 , n.2, 2017, ISSN: 2526-060X
- [4] C. H. GOMES, C. C. M. GOMES, S.L. TAGLIARI, "Sistema supervisor para acompanhamento de consumo de energia elétrica residencial", 2016. 66 f. Dissertação (TCC), Universidade tecnológica federal do Paraná, Curitiba, 2016.
- [5] E. RUIZ, R. PACHECO-TORRES and J. CASILLAS, "Energy consumption modeling by machine learning from daily activity metering in a hospital," 2017 *22nd IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, Limassol, 2017, pp. 1-7, doi: 10.1109/ETFA.2017.8247667.
- [6] E. C. P. HARA, "Infraestrutura de aquisição de dados por redes de sensores sem fios e barramentos para monitoramento do consumo de energia elétrica", 2013. 141 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.
- [7] G. P. R. FILHO, "Um sistema de alerta para o monitoramento remoto do consumo de energia usando redes de sensores sem fio", 2014. 68 f. Dissertação (Mestrado). Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, São Carlos, 2014.
- [8] G. E. O. SENA, "medidor de consumo de energia elétrica com acesso local e remoto usando plataforma ESP8266", 2018. 113f. Dissertação (TCC), Universidade federal do Pampa, Alegrete, 2018.
- [9] I. A. D. SILVA, "sensor tensão-corrente inteligente com monitoramento e controle on-line por smartphone", 2016. 52f. Dissertação (TCC), Universidade federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.
- [10] J. F. DUMS, "Desenvolvimento de um sistema para medir potência ativa em equipamentos eletrocirúrgicos em tempo real", 2017, 91 f. Dissertação (Doutorado). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.
- [11] L. JUNG, *Impacto f Air-Filter conditio non HVAC equipment*, Martin marietta, 1ª Edição, Tennessee, 1987.
- [12] L. X. NEPOMUCENO, *Técnicas de manutenção preditiva – volume 2*, Blucher, 1ª Edição, São Paulo, 1989.
- [13] M. A. ESMAEILI, A. S. JAHROMI, J. TWOMEY, B. YILDIRIM, M. OVERCASH, F. DOMINQUEZ, N. THOMAS, A. MCADAM, "Hospital radiology department overhead energy estimation," *Proceedings of the 2011 IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology*, Chicago, IL, 2011, pp. 1-6, doi: 10.1109/ISSST.2011.5936896.
- [14] N. CHRISTIANSE, M. KALTSCHMITT, F. DZUKOWSKI, "Electrical energy consumption and utilization time analysis of hospital departments and large scale medical equipment", *ScienceDirect*, vol. 131, p. 172-183, Nov. 2016.
- [15] N. THINATE, W. WONGSAPAI, D. DAMROGSAK, "Energy performance study in Thailand Hospital Building", DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.11.102>, 4th International Conference on Power and Energy Systems Engineering, Berlim, Alemanha, vol. 141, p. 255-259, Dec. 2017.
- [16] M. J. C. FONTES, "Automação de sensores de corrente elétrica", 2013. 67 f. Dissertação (TCC). Centro Universitário de Brasília(UniCEUB), Brasília, 2013.
- [17] P. SARIKPRUECK, P. LUMYONG, C. ATTAPHONG, B. NGAMWATTHANASILPA, "Analyzing technique

for electrical energy monitoring system in Thailand hospital," 2017 *IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2017 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe)*, Milan, 2017, pp. 1-4, doi: 10.1109/EEEIC.2017.7977465.

- [18] R. L. SAWYER, J. M. ANDERSON, E. L. FOULKS, J. O. TROXLER, R. W. COX, "Creating low-cost energy-management systems for homes using non-intrusive energy monitoring devices," 2009 *IEEE Energy Conversion Congress and Exposition*, San Jose, CA, 2009, pp. 3239-3246, doi: 10.1109/ECCE.2009.5316132.
- [19] S. ALHURAYESS, M. K. DARWISH, "Analysis of energy management in hospitals," 2012 47th International Universities Power Engineering Conference (UPEC), London, 2012, pp. 1-4, doi: 10.1109/UPEC.2012.6398665.
- [20] S. SHEN, K. ZHAO, J. GE, Q. ZHOU, "Analysis of building energy consumption in a hospital in the hot summer and cold winter area", DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.883>, 10th International Conference on Applied Energy, Hong Kong, China, vol. 158, p. 3735-3740, Feb. 2019.

Tabela 1: Resumo das buscas de artigos

Tentativa	Palavras-chaves	Artigos encontrados	Aproveitados	Efetividade (Aproveitados / Artigos encontrados)	Língua	Filtro
1	14	1396	23	1,65%	Português	nenhum
2	15	406	8	1,97%	Português / Inglês	nenhum
3	9	400	0	0,00%	Inglês	Revisão
4	9	900	4	0,44%	Inglês	nenhum
5	3	300	1	0,33%	Inglês	nenhum
6	5	248	5	2,02%	inglês	revista
7	4	183	6	3,28%	Inglês	nenhum
8	11	125	0	0,00%	inglês	revisão
9	0	200	0	0,00%	inglês	revista
<b>Total</b>	70	4158	47	1,13%		

Tabela 2: Artigos de consumo de energia

Autor	Tipo de sensoriamento e detalhes	Precisão do sensor	Porcentagem do consumo de energia dos equipamentos no hospital	Local	Invasivo ao equipamento?	Risco ao usuário?
[1]	?	?	30%,?,34%	Hospital na Arábia Saudita, Estados Unidos, Malásia	não	não
[2]	?	?	38% o setor da radiologia dos 100% do consumo dos equipamentos médicos	Hospital na Turquia	?	?
[3]	Tensão, corrente, potência reativa e diferença de fase. Nome do produto: Chauvin Arnoux PEL 103	0,2% erro	?	Hospital na Alemanha	Não	Não
[7]	?	?	?	Hospital nos Estados Unidos	?	?
[14]	?	?	?	Hospital da Espanha	?	?
[18]	?	?	8%	Hospital na China	Não	Não
[20]	?	?	32,17%	Hospital na Tailândia	Não	Não

Tabela 3: Artigos de sensoriamento

Autor	Tipo de sensoriamento	Detalhe do sensor	Precisão do sensor	Erro (potência)	Economia	Processamento	Implementação	Local	Custo	Invasivo ao equipamento?	Risco ao usuário?
[4]	Sensor de corrente e tensão	Corrente: SCT-013 Tensão: ?	?	?	Não medido	Arduino uno	Extensão (tomada)	Residência	?	Não	Sim (placa exposta)
[5]	Sensor de corrente e tensão	Corrente: ACS712-30 Tensão: Autor	Corrente: 66mV/A Tensão: ?	5%	Não medido	PIC18	Quadro de distribuição	Residência	?	Não	Não
[8]	Wattímetro	?	Não medido	Não medido	Não medido	Arduino Uno	Tomada	Residência	?	Não	Não
[9]	Sensor de corrente e tensão	Corrente: SCT-013 Tensão: Autor	Corrente: 3% Tensão: ?	10%	Não medido	Arduino Uno	Poste de luz	Rua	R\$617,00 /unidade	Não	Não
[10]	Sensor de corrente e tensão	Corrente: SCT013-030 Tensão: Autor	Corrente: 0,16% Tensão: 0,19%	Não medido	Não medido	Arduino Mega	Quadro de distribuição	Residência	R\$203,10 /unidade	Não	Sim (placa exposta)
[11]	Sensor de corrente	Efeito Hall	Não medido	Não medido	Não medido	PIC	Quadro de energia	Usina termoeletrica	?	Não	Não*
[15]*	Wattímetro	?	Não medido	Não medido	?	?	Distribuidor de energia	Hospital em Bangkok	?	Não*	Não*
[16]	Sensor de corrente	Não fala	Não medido	Não medido	10-20% no ar condicionado	?	Gabinete de disjuntor	Residência	?	Não	Não
[17]	Sensor de corrente e tensão	Corrente e tensão: PZEM-004T	Corrente: 0,01A Tensão: 0,1V	Desvio padrão: 18,44	Não medido	ESP8266	Somente bancada	Somente bancada	R\$160,90 /unidade	Não	Sim (placa exposta)
[19]	Sensor de corrente e tensão	Corrente: ACS712-20 Tensão: P8	?	Não medido	Não medido	Arduino uno	Tomada	Residência	R\$96,34 /unidade	Não	Sim (placa exposta)