

**Thiago José Tavares Bartelega**

**Estudo do consumo de energia elétrica de uma residência visando viabilizar a implantação de painéis fotovoltaicos**

Guaratinguetá - SP  
2015

**Thiago José Tavares Bartelega**

**Estudo do consumo de energia elétrica de uma residência visando viabilizar a implantação de painéis fotovoltaicos**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Elétrica.

Orientador: Daniel Julien B. da Silva Sampaio

Guaratinguetá  
2015

B283e	<p>Bartelega, Thiago José Tavares Estudo do consumo de energia elétrica de uma residência visando viabilizar a implantação de painéis fotovoltaicos / Thiago José Tavares Bartelega. – Guaratinguetá, 2015. 63 f : il. Bibliografia: f. 62-63</p> <p>Trabalho de Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015. Orientador: Prof. Dr. Daniel Julien B. da Silva Sampaio</p> <p>1. Energia – Consumo 2. Geração de energia fotovoltaica 3. Energia – Fontes alternativas I. Título</p>	CDU 620.92
-------	---	------------



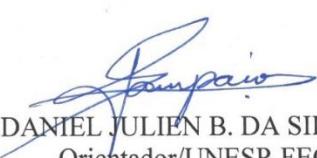
Thiago José Tavares Bartelega

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO  
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE  
“GRADUADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

  
Prof. Dr. LEONARDO MESQUITA  
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

  
Prof. Dr. DANIEL JULIEN B. DA SILVA SAMPAIO  
Orientador/UNESP-FEG

  
Prof. Dr. DURVAL LUIZ SILVA RICCIULLI  
UNESP-FEG

  
Prof. Dr. AGNELO MAROTTA CASSULA  
UNESP-FEG

Dezembro de 2015

## **DADOS CURRICULARES**

**Thiago José Tavares Bartelega**

**NASCIMENTO** 01.10.1989 – GUARATINGUETÁ / SP

**FILIAÇÃO** José Antonio Castro Bartelega  
Joyce Maria de Sylva Tavares Bartelega

**2004/2006** Curso de Nível Técnico  
Técnico em Eletrônica – Colégio Técnico Industrial de Guaratinguetá -  
FEG/UNESP

**2008/2015** Curso de Graduação  
Engenharia Elétrica - Faculdade de Engenharia do  
Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual  
Paulista

De modo especial, dedico este trabalho de graduação aos meus pais José Antonio e Joyce e à minha irmã Thais que sempre me apoiaram e incentivaram para a realização da minha graduação, aos meus amigos e colegas da faculdade pelos momentos de aprendizado e para a conclusão deste curso de engenharia.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço a Deus, pelas bênçãos a mim entregues, a minha família e meus amigos.

Agradeço ao meu orientador, *Prof. Dr. Daniel Julien Barros da Silva Sampaio* que jamais deixou de me incentivar e me orientar neste trabalho e também durante meu intercâmbio.

Agradeço aos meus pais *José Antonio e Joyce*, que sempre incentivaram meus estudos e guiaram-me a atingir meus objetivos.

Agradeço à Liebherr Aerospace LTDA., em particular na pessoa da engenheira Cláudia Bonnet, pelo incentivo e preocupação com a realização deste trabalho.

“Uma vez que você tenha experimentado voar, você  
andará pela terra com seus olhos voltados para céu, pois lá  
você esteve e para lá você desejará voltar”.

Leonardo da Vinci

**BARTELEGA, T. J. T. Estudo do consumo de energia elétrica de uma residência visando viabilizar a implantação de painéis fotovoltaicos.** 2015. 63 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

## **RESUMO**

Durante anos, o uso racional da energia elétrica não era um fator que preocupava a todos. Com as mudanças climáticas, o encarecimento dos combustíveis fósseis e a preocupação ambiental, todos somos incentivados a adotar práticas que levem ao uso mais inteligente da energia elétrica. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é o estudo de caso do consumo de energia elétrica de uma residência, localizada na cidade de Guaratinguetá, São Paulo – Brasil, formada por uma família de cinco pessoas. A metodologia utilizada baseou-se na instalação de um analisador de energia para o levantamento do comportamento do consumo energético da residência. Analisando esses gráficos foi possível levantar o perfil de consumo da família, e sugerir mudanças de hábitos visando à diminuição do consumo de energia da residência. Além das mudanças de hábitos, também foi proposto a utilização de painéis fotovoltaicos, que poderão contribuir para uma maior sustentabilidade do consumo de energia elétrica da residência, possibilitando ainda que o excedente de energia gerada seja convertido em créditos de energia elétrica para a família. Por fim, analisou-se a viabilidade de implantação dos painéis fotovoltaicos através do cálculo do tempo de retorno do investimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Consumo. Energético. Energia. Fotovoltaico. Painel.

**BARTELEGA, T. J. T. Study of the electricity consumption of a residence aiming the feasibility of implementing solar panels.** 2015. 63 f. Graduate Work (Graduate in Electrical Engineering) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

## **ABSTRACT**

For years, the rational use of electricity was not a factor that concerned everyone. With climate changes, the rising price of fossil fuels and environmental concerns, we are all encouraged to adopt practices that lead to smarter use of electricity. Thus, the aim of this study is the case study of the electricity consumption of a residence, located in Guaratinguetá, São Paulo - Brazil, formed by a family of five. The methodology used was based on the installation of an energy analyzer to survey the home's energy consumption behavior. Analyzing these charts was possible to raise the family's consumption profile, and suggest changes in habits seeking at reducing the energy consumption residence. In addition to the changes in habits, it has also been proposed the use of photovoltaic panels, which may contribute to a more sustainable electricity consumption of the residence, enabling even though the extra electricity generation is converted into electrical energy credits for the family. Finally, we analyzed the feasibility of the development of photovoltaic panels by calculating the time for the return on investment.

**KEYWORDS:** Consumption. Energy. PV. Panel.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Consumo médio de energia elétrica nacional .....	16
Figura 2 - Participação dos equipamentos mais importantes no consumo médio domiciliar ..	17
Figura 3 - Funcionamento de uma junção PN .....	19
Figura 4 - Sistema <i>On-Grid</i> .....	22
Figura 5 - Sistema Off-Grid .....	23
Figura 6 - Medidor Fluke 435 .....	26
Figura 7 – Configurações do <i>Fluke 435</i> para as medições do consumo energético da residência.....	27
Figura 8 – Diagrama de conexões.....	27
Figura 9 - Potência média medida no dia 18/07/2015 .....	30
Figura 10 - Potência média medida no dia 19/07/2015 .....	31
Figura 11 - Potência média medida no dia 20/07/2015 .....	32
Figura 12 - Potência média medida no dia 21/07/2015 .....	33
Figura 13 - Potência média medida no dia 22/07/2015 .....	34
Figura 14 - Potência média medida no dia 23/07/2015 .....	35
Figura 15 - Potência média medida no dia 24/07/2015 .....	36
Figura 16 - Consumo por equipamento referente ao dia 18/07/2015 .....	42
Figura 17 - Consumo por equipamento referente ao dia 19/07/2015 .....	43
Figura 18 - Consumo por equipamento referente ao dia 20/07/2015 .....	44
Figura 19 - Consumo por equipamento referente ao dia 21/07/2015 .....	45
Figura 20 - Consumo por equipamento referente ao dia 22/07/2015 .....	46
Figura 21 - Consumo por equipamento referente ao dia 23/07/2015 .....	47
Figura 22 - Consumo por equipamento referente ao dia 24/07/2015 .....	48
Figura 23 - Consumo por equipamento referente ao período entre os dias 18/07 a 24/07/2015 .....	49

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Lista de equipamentos da residência do estudo de caso .....	25
Tabela 2 - Tabela resumo dos horários de pico de energia .....	37
Tabela 3 - Comparativo entre lâmpadas.....	51
Tabela 4 - Irradiação Solar no município de Lorena-SP .....	54
Tabela 5 - Especificações técnicas da placa fotovoltaica.....	56
Tabela 6 - Potência gerada pelo painel fotovoltaico .....	56
Tabela 7 - Principais características do inversor de frequência .....	57
Tabela 8 - Investimento para aquisição do sistema fotovoltaico .....	58
Tabela 9 - Cálculo do Retorno do Investimento no painel fotovoltaico .....	60

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PRODIST	Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
REN	Resolução Normativa

## **LISTA DE SÍMBOLOS**

kW              Kilo Watt  
W              Watt

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>16</b>
2.1 ENERGIA FOTOVOLTAICA.....	18
2.2 Painel Fotovoltaico.....	19
2.2.1.1 Célula fotovoltaica com estrutura de silício monocristalino .....	19
2.2.1.2 Célula fotovoltaica com estrutura de silício policristalino .....	20
2.2.1.3 Célula fotovoltaica com estrutura de silício amorfo .....	20
2.2.2 Resoluções Normativas pertinentes à geração fotovoltaica .....	20
2.2.3 Formas de conexão do painel fotovoltaico.....	21
2.2.3.1 Sistema On-Grid ou Grid-Tie .....	21
2.2.3.2 Sistema Off-Grid .....	22
<b>3 DESCRIÇÃO DO CENÁRIO ENERGÉTICO RESIDENCIAL.....</b>	<b>24</b>
3.1 Definição da residência do estudo de caso .....	24
3.2 Instalação do equipamento de medição .....	25
<b>4 ANÁLISE DAS CURVAS.....</b>	<b>29</b>
4.1 Histórico do Consumo de Potência Ativa .....	29
4.2 consumo de potência ativa por equipamento.....	41
4.3 Cálculo do consumo de Energia Elétrica .....	50
<b>5 SUGESTÕES PARA MELHORIA ENERGÉTICA DA RESIDÊNCIA.....</b>	<b>51</b>
5.1 Substituição da Iluminação .....	51
5.2 Utilização dos Chuveiros.....	52
5.3 Substituição da geladeira .....	52
5.4 Utilização de painéis fotovoltaicos .....	53
5.4.1 Avaliação do recurso solar .....	54
5.4.2 Cálculo Painel Fotovoltaico.....	55
5.4.3 Escolha do Inversor de Frequência .....	57
5.4.4 Investimento .....	58
5.4.5 Tempo de Retorno de Investimento.....	59
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>62</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>62</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Antigamente não havia a preocupação com a maneira em que a energia elétrica era utilizada. Em um país como o Brasil, onde a principal fonte de energia elétrica vem de usinas hidroelétricas, por muito tempo não se preocupou com o uso racional da energia. Passados alguns anos, foi-se surgindo a necessidade de uma intervenção na maneira na qual a energia elétrica é utilizada, a fim de tornar o processo mais eficiente e minimizar os desperdícios.

Com as mudanças climáticas, o encarecimento dos combustíveis fósseis e a preocupação ambiental, todos foram incentivados a adotar práticas que levassem ao uso mais racional da energia elétrica.

Seguindo esse propósito, esse trabalho teve por objetivo o estudo de caso do consumo de energia elétrica de uma residência, localizada na cidade de Guaratinguetá, São Paulo – Brasil, formada por uma família de cinco pessoas. O estudo realizado resultou na sugestão de mudanças de hábitos para a família, visando à diminuição do consumo de energia da residência. Além disso, também foi proposta a utilização de painéis fotovoltaicos, que tiveram seus custos calculados e o retorno do investimento contabilizado.

Esse trabalho foi organizado em cinco capítulos que serão descritos a seguir.

O Capítulo 2 apresenta a pesquisa bibliográfica feita referente aos tipos de ligações dos painéis fotovoltaicos, abordando os principais componentes e as tecnologias disponíveis.

O Capítulo 3 apresenta a descrição do cenário energético residencial do estudo de caso, indicando o levantamento dos equipamentos elétricos da residência e abordando o processo de obtenção de dados do consumo da residência em estudo.

O Capítulo 4 aborda através do uso de gráficos, a análise dos dados de consumo energético da residência.

Com os dados analisados passou-se para a etapa de elaboração de sugestões de melhoria energética da residência analisada, que é apresentada no Capítulo 5.

Por fim, o Capítulo 6 apresenta a conclusão do estudo, destacando as melhorias que podem ser implementadas na residência, com o intuito de se obter queda do consumo de energia elétrica, possibilitando ainda que o excedente de energia gerada seja convertido em créditos para a família.

Concluindo o estudo, foi feito um comentário sobre o tempo de retorno do investimento mostrando em que situação os painéis fotovoltaicos se tornam viáveis.

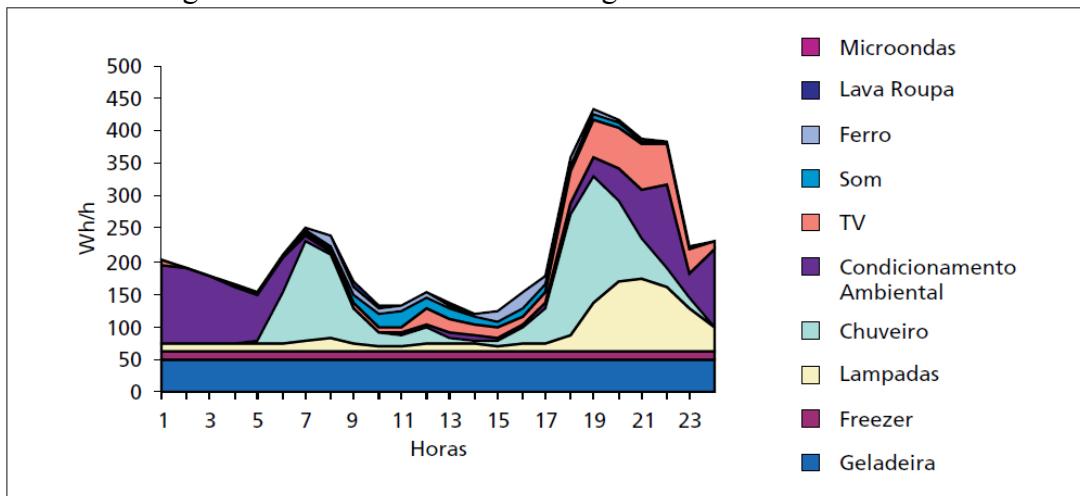
## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ultimamente muito tem se falado sobre consumo sustentável de energia elétrica, consumo consciente, eficiência energética e assim por diante. Há várias estimativas de que as fontes de energias não renováveis, provenientes de combustíveis fósseis, não durarão mais muitos anos. Foi assim então, que se partiu para a busca de energias renováveis, como por exemplo, energia eólica, biomassa, energia das marés, energia solar, dentre outras.

No Brasil, temos uma grande variedade cultural, social, econômica e climática, o que faz com que a população apresente diferentes hábitos com relação ao consumo de energia elétrica. (PROCEL, 2005)

Um estudo dirigido pelo PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, em 2005, mostra o comportamento do consumo a partir da média do consumo nacional. A Figura 1 mostra os principais equipamentos elétricos utilizados pelos brasileiros e quando ocorre o consumo dos mesmos.

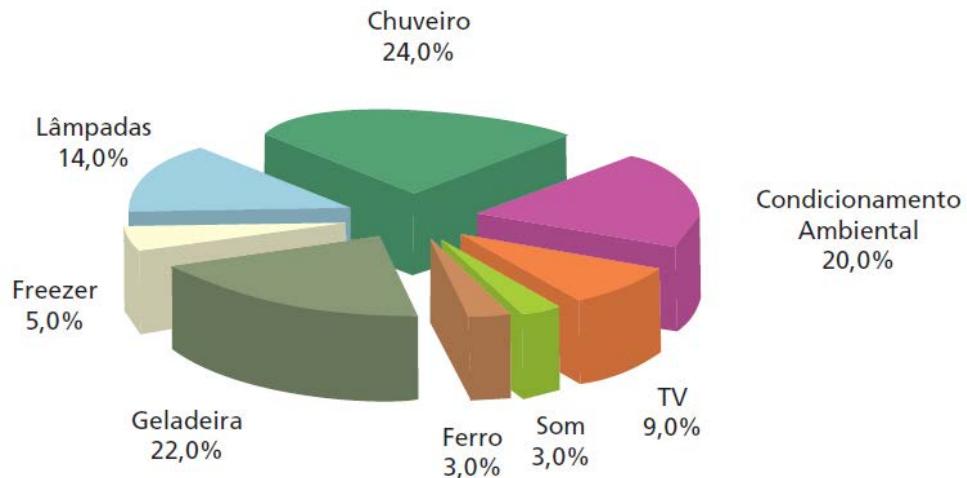
Figura 1 - Consumo médio de energia elétrica nacional



Fonte: PROCEL (2005)

Ainda em nível de Brasil, o PROCEL realizou também um estudo mostrando a participação dos eletrodomésticos mais importantes no consumo de energia elétrica. Esse estudo pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 - Participação dos equipamentos mais importantes no consumo médio domiciliar



Fonte: PROCEL (2005)

Analisando o gráfico acima é possível observar que o maior consumo de energia elétrica em uma residência vem do chuveiro elétrico, seguido da geladeira e de aparelhos para condicionamento ambiental. Por se tratar de um estudo para o Brasil, um país com uma área territorial extensa e de diferentes climas, é possível observar que o maior gasto residencial é para aquecer ou resfriar água ou ar.

Para que seja possível a realização desses serviços, ou seja, utilizar a energia elétrica, é necessário gerá-la. No Brasil temos diversas fontes de energia elétrica. A maior parte é obtida através das hidrelétricas seguida pelas termoelétricas. O conceito de geração de energia tem se alterado nos últimos anos. Além dessas duas maiores fontes, começou a ser gerada também energia elétrica através de novas tecnologias, não só a partir de combustíveis fósseis mas também a partir de fontes renováveis de energia.

O uso de energia renovável já é uma realidade no Brasil, podendo ser proveniente de grandes usinas, utilização industrial ou até mesmo residencial. Segundo a ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, em outubro de 2015, a energia eólica já corresponde a aproximadamente 5% da energia gerada e consumida no país. Outra tecnologia já empregada, porém, ainda com baixa utilização é a energia fotovoltaica, que representa apenas 0,02% da produção energética brasileira.

Diversas indústrias já começaram a utilizar energia renovável para suprir sua demanda energética. Usinas de celulose e papel, usinas de álcool, utilizam seus restos para a geração de energia elétrica, seja pela utilização de biomassa ou por realizar a queima deste material gerando calor e assim, utilizando uma fonte termoelétrica.

Já para o uso residencial destacam-se a energia proveniente dos ventos e a solar, sendo esta última dividida em dois tipos: aquecedor solar de água e fotovoltaica. O primeiro tipo consiste em utilizar a energia da radiação solar e convertê-la em energia térmica, o que ocasionará no aquecimento de água. Já o segundo tipo, consiste em utilizar a mesma energia da radiação solar, porém convertida em energia elétrica, expandindo-se então a sua utilização.

Dentre as diversas maneiras de se conseguir energia elétrica através de fontes de energias renováveis, para esse trabalho escolhemos a tecnologia fotovoltaica que será apresentada a seguir.

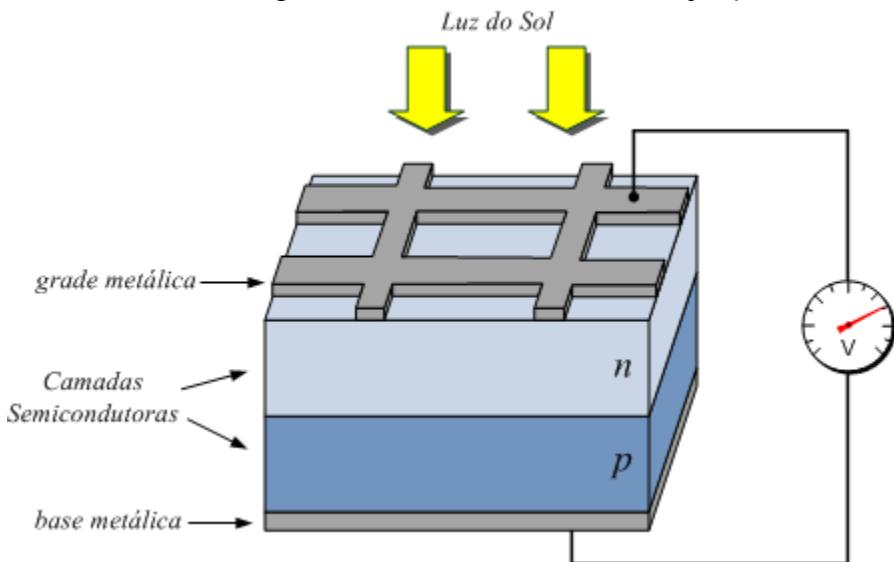
## 2.1 ENERGIA FOTOVOLTAICA

A energia fotovoltaica consiste na conversão direta da energia solar em energia elétrica, a partir do efeito fotovoltaico. Esse efeito ocorre em materiais semicondutores que quando expostos ao fóton de luz, liberam um elétron livre de sua estrutura, gerando assim uma corrente elétrica.

O silício é utilizado na maioria dos materiais semicondutores, pois seus átomos possuem quatro elétrons e formam uma rede cristalina. Ao acrescentarmos fósforo, cujo átomo possui cinco elétrons na camada de valência, a esse silício, um elétron ficará fracamente ligado ao núcleo. O silício acrescentado de fósforo poderá ser chamado de matéria do tipo N, ou seja, doador de elétrons. Ao acrescentarmos boro no silício, elemento que possui apenas três elétrons na camada de valência, faltará um elétron para satisfazer a rede cristalina do silício, assim esse material será caracterizado como material P, pois está com falta de elétrons. Ao juntarmos esses materiais, teremos então à junção PN. Ao expormos essa junção PN à fôtons de luz, haverá o deslocamento de elétrons do material do tipo N para o material do tipo P, gerando assim uma corrente elétrica. (BRAGA, 2008)

A Figura 3 ilustra o funcionamento da junção PN exposta aos fôtons provenientes da radiação solar.

Figura 3 - Funcionamento de uma junção PN



Fonte: Núcleo de Tecnologia em Energia Solar (NT-Solar) - PUCRS (2015)

## 2.2 PAINEL FOTOVOLTAICO

Para acondicionarmos esse material semicondutor formado de junções PN foram então criados os painéis fotovoltaicos. Existe no mercado uma grande variedade de fabricantes, modelos, tipos de material semicondutor e formatos de painéis fotovoltaicos.

Dentre os semicondutores mais utilizados na confecção das células o silício é o mais empregado. Essas células de silício são classificadas de acordo com a característica de sua estrutura molecular: monocristalinos, policristalinos e amorfo.

### 2.2.1.1 Célula fotovoltaica com estrutura de silício monocristalino

Para fabricar as células com estrutura de silício monocristalino, o silício é levado a fornos para que seja aproveitado o dióxido de silício. O processo *Czochralski* é feito para garantir a pureza do silício. O silício fundido é então moldado em um cilindro e posteriormente cortado a espessuras de 300 µm. Em uma câmara com temperatura variando entre 800°C e 1000°C, essas finas placas são expostas ao vapor de fósforo e então estão prontas. Em geral, o silício monocristalino é a tecnologia que possui a maior eficiência em conversão da radiação solar em energia elétrica, chegando esta a 15%, porém devido à sua complexidade de fabricação apresenta elevado custo. (BRAGA, 2008)

### 2.2.1.2 Célula fotovoltaica com estrutura de silício policristalino

Se comparada com as células de silício monocristalino, essas células de silício policristalino apresentam um processo de fabricação semelhante, porém menos rigoroso, barateando assim o preço das células. A produção pode ser feita a partir de lingotes, deposição de filme em um substrato ou ainda em fitas. É possível encontrar células comerciais com valores de eficiência por volta de 15% a 18%. (BRAGA, 2008)

### 2.2.1.3 Célula fotovoltaica com estrutura de silício amorfo

A célula de silício amorfo possui alto grau de desordem em sua estrutura cristalina não se assemelhando às células anteriores. O processo de fabricação é feito a partir da deposição de diversos substratos. A grande vantagem para a utilização de células de silício amorfo está relacionada com a facilidade e baixo custo de produção. Mesmo apresentando eficiência menor que as anteriores, a célula de silício amorfo tem se tornado uma escolha para sistemas de baixo custo. Vale ainda ressaltar que essas células são afetadas pelo processo de degradação logo após seus primeiros meses de operação, reduzindo assim sua vida útil. (BRAGA, 2008)

Após a decisão pela instalação de painéis fotovoltaicos, é interessante que o consumidor tome conhecimento sobre as Resoluções Normativas aplicáveis à geração fotovoltaica, o que será esclarecido a seguir.

## 2.2.2 Resoluções Normativas pertinentes à geração fotovoltaica

Em 17 de abril de 2012 a ANEEL publicou a Resolução Normativa (REN) número 482. Esta REN tem o papel de estabelecer as condições gerais para micro e minigeração de energia elétrica a partir de unidades consumidoras. É estabelecido que a unidade consumidora que possuir capacidade instalada de até 100 kW recebe o nome de microgeradora e unidades com valores acima de 100 kW e abaixo de 1MW são classificadas como minigeradoras.

A ANEEL publicou ainda em dezembro de 2012 a REN 517 que faz algumas alterações na REN 482 do mesmo ano. O sistema de compensação é explicado a seguir.

Sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração distribuída ou minigeração distribuída é

cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma unidade consumidora ou de outra unidade consumidora de mesma titularidade da unidade consumidora onde os créditos foram gerados, desde que possua o mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto ao Ministério da Fazenda. (ANEEL REN517, 2012, p1)

Para se fazer jus ao direito da compensação, concessionária e unidade injetora/consumidora deverão se adequar ao Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST. A potência de geração não deverá ultrapassar a carga instalada no local da micro ou minigeração, para unidades pertencentes ao grupo B<sup>1</sup>.

Segundo o artigo Seis, parágrafo 1 da REN482, caso a unidade injetora não consuma todos os créditos gerados no mês, esta terá 36 meses para a sua utilização. O cálculo da conta de energia elétrica fica calculado conforme a REN517:

O consumo de energia elétrica ativa a ser faturado é a diferença entre a energia consumida e a injetada, por posto tarifário, quando for o caso, devendo a distribuidora utilizar o excedente que não tenha sido compensado no ciclo de faturamento corrente para abater o consumo medido em meses subsequentes.  
(ANEEL REN517, 2012, p2)

Após atendidas as exigências estipuladas pelo PRODIST e feita toda a adequação na rede de energia o consumidor então poderá ser capaz de injetar energia no sistema nacional e assim gozar dos benefícios dos créditos gerados, caso opte por fazer conexão com o sistema nacional de energia elétrica. Esse tipo de configuração é conhecido como *On-Grid* ou *Grid-Tie*. Os sistemas que não apresentam ligação com a rede de energia elétrica são denominados *Off-Grid*. As diferenças são mostradas a seguir.

### **2.2.3 Formas de conexão do painel fotovoltaico**

#### **2.2.3.1 Sistema *On-Grid* ou *Grid-Tie***

São sistemas fotovoltaicos onde há a ligação com a rede de energia elétrica. A Figura 4 ilustra o tipo de ligação *On-Grid*.

---

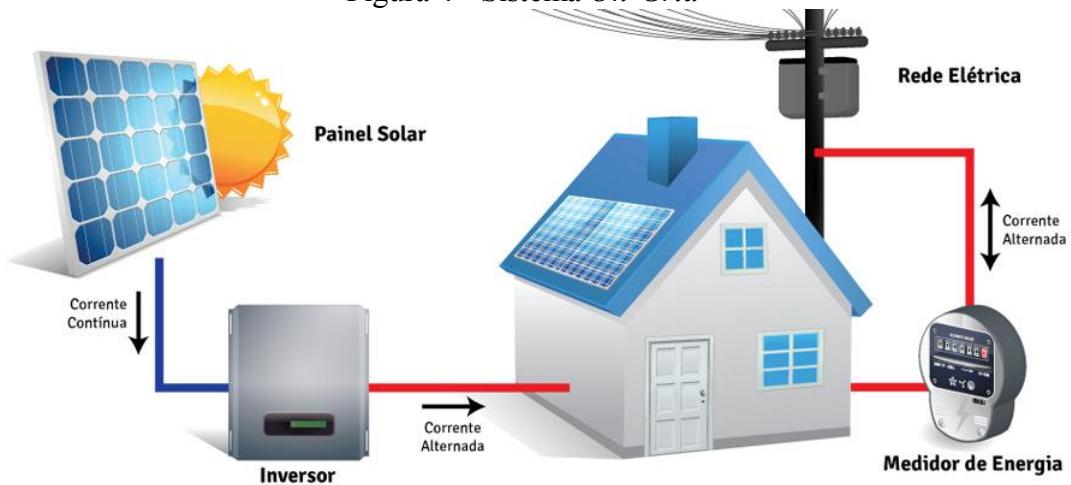
<sup>1</sup> São concessionários ou unidades consumidoras que operam com tensão inferior a 2,3 kV (ANEEL REN 414, 2010)

Nesta configuração temos os painéis fotovoltaicos gerando energia elétrica no formato de corrente contínua. Essa energia gerada é então encaminhada para um inversor de frequência que irá transformar a tensão contínua geralmente tensão entre 12 Volts a 30 Volts, para tensão alternada em 127 Volts ou 220 Volts. Na saída do inversor temos a conexão com o quadro de distribuição da residência. O quadro de distribuição também está ligado a um medidor de energia inteligente, *smart meter*, que será capaz de diferenciar o fluxo de energia sendo gerado ou consumido pela residência.

O sistema *On-Grid* não dispõe do armazenamento de energia através de baterias, ou seja, é extremamente necessária a ligação com a rede de energia elétrica para que haja o fornecimento de energia no período da noite, quando os painéis fotovoltaicos não estarão iluminados pela energia solar.

Caso a geração seja maior que o consumo, o medidor mostrará que o consumidor gerou energia para a rede elétrica e terá então os créditos de direito podendo utilizar em até 36 meses. Caso o consumo seja maior que a geração, cabe então ao consumidor arcar com as despesas do consumo excedente.

Figura 4 - Sistema *On-Grid*



Fonte: Real-Watt (2015)

#### 2.2.3.2 Sistema Off-Grid

São sistemas fotovoltaicos em que não há a ligação com a rede de energia elétrica. A Figura 5 ilustra o esquema de funcionamento do sistema.

Por não haver ligação com a rede de energia elétrica, o sistema possui bancos de baterias que são capazes de armazenar energia e liberar no período da noite, quando não há radiação solar.

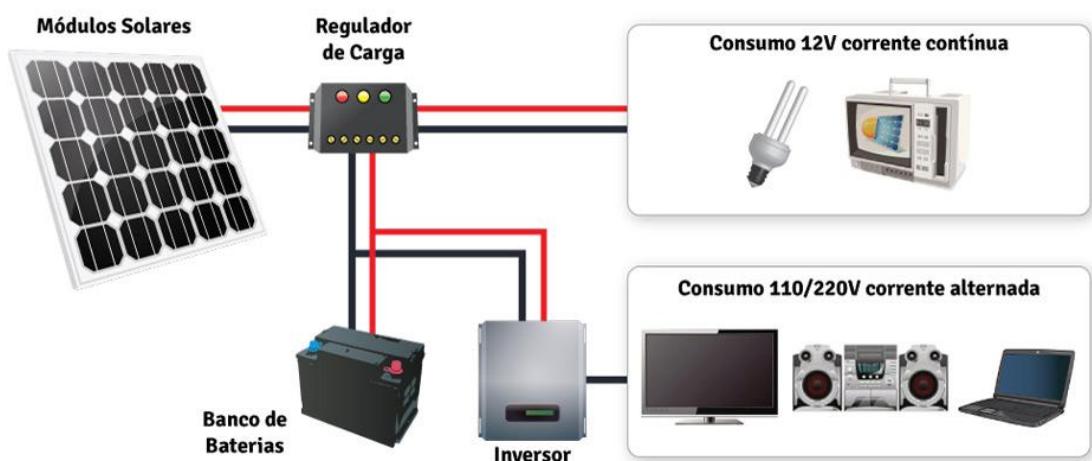
Os painéis fotovoltaicos geram energia elétrica na forma de corrente contínua e após a geração, um regulador de carga fará com que parte da carga seja destinada a carregar as baterias do sistema e outra parte dessa carga será consumida.

No período do dia, quando há a incidência de radiação solar, o regulador de carga faz com que a bateria seja carregada e o inversor transforma a energia elétrica em corrente contínua para energia elétrica na forma de corrente alternada, suprindo assim a necessidade de todos os aparelhos eletroeletrônicos da residência. Já no período da noite, sem a incidência de radiação, o regulador de carga irá isolar os painéis fotovoltaicos do circuito, evitando a passagem de corrente no painel a fim de garantir o funcionamento correto e fará com que as baterias forneçam energia para os equipamentos da residência. Desta forma elas vão descarregando toda a energia que foi acumulada durante o dia.

Como o sistema não tem conexão com a rede elétrica, o consumidor fica isento de despesas com a concessionária de energia elétrica.

Por utilizar baterias para garantir seu funcionamento, o uso desse sistema normalmente é mais caro do que o sistema anterior.

Figura 5 - Sistema Off-Grid



Fonte: Real-Watt (2015)

### 3 DESCRIÇÃO DO CENÁRIO ENERGÉTICO RESIDENCIAL

Nos últimos anos, a demanda por energia elétrica tem aumentado muito devido ao crescimento econômico, industrial e social do país; e um fator fortemente atrelado a esse crescimento é a capacidade do país em produzir energia elétrica.

Atualmente estamos cercados de dispositivos elétricos e eletrônicos que fazem parte do nosso dia-a-dia e que não conseguimos mais nos imaginar não os utilizando, tais como, computador, celular, chuveiro elétrico, geladeira, etc.

Segundo a ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica (2015), em outubro de 2015 no Brasil, as 4.301 instalações geradoras de energia elétrica possuíam uma potência instalada de 138.800 GW.

Com o custo da energia aumentando devido a fatores climáticos e ao aumento de impostos, somos levados a pensar em medidas que minimizem o consumo, tornando-o mais eficiente. Por esse motivo, o estudo do consumo residencial pode ser muito interessante para levantar o perfil de consumo energético das residências.

Sendo assim, esse capítulo mostra o estudo realizado para o levantamento do consumo energético de uma residência, definida a seguir.

#### 3.1 DEFINIÇÃO DA RESIDÊNCIA DO ESTUDO DE CASO

A residência do estudo de caso é localizada em um bairro de classe média na cidade de Guaratinguetá, São Paulo – Brasil. É habitada por uma família de cinco pessoas de diferentes idades, e possui alimentação de entrada bifásica 127/220 Volts com neutro.

Nessa residência existem diversos equipamentos que são utilizados no dia-a-dia, porém para esse estudo de caso foi considerado apenas os equipamentos com potência superior a 250W (Tabela 1), visto que em termos de consumo de energia são os equipamentos mais significativos.

Tabela 1 - Lista de equipamentos da residência do estudo de caso

Equipamento	Potência (W)
Chuveiro Elétrico 1	7500
Chuveiro Elétrico 2	4400
Micro-ondas	800
Máquina de Lavar Roupas	900
Máquina de Café - Dolce Gusto	1460
Máquina de Café - Nespresso	1260
Ferro de Passar Roupas	1200
Secador de Cabelo	1200
Sanduicheira	750
Torradeira	800
Bomba da Piscina	250
Geladeira <sup>2</sup>	155

Fonte: Autor

### 3.2 INSTALAÇÃO DO EQUIPAMENTO DE MEDAÇÃO

Para a realização das medições do consumo de energia da residência foi utilizado o equipamento *Fluke 435 – Power Quality Analyzer*.

Com esse equipamento é possível de se realizar medições de sistemas trifásicos com neutro e terra. Dotado de cinco pontas de prova do tipo clipe-jacaré para a medição de tensão (três para as fases, uma para o neutro e uma para o terra) e de quatro pinças amperimétricas (três para as fases e uma para o neutro), ele é capaz de realizar medições e armazenamento das principais grandezas elétricas, tais como, tensão, corrente, potência, fator de potência, etc....

---

<sup>2</sup> Foi feito referência à geladeira, pois mesmo apresentando um consumo de 155 W, por este equipamento permanecer ligado 24 horas por dia, torna-se necessário também seu estudo

A Figura 6 ilustra o equipamento Fluke 435 utilizado.

Figura 6 - Medidor Fluke 435



Fonte: Fluke (2015)

O medidor Fluke 435 foi instalado na residência durante o período de 18 a 25 de julho de 2015.

Durante o período de coleta de dados, a temperatura na cidade de Guaratinguetá teve sua máxima de 26°C e a mínima de 12°C com 4mm de precipitações, informações obtidas a partir do web site AccuWheater.com

Por se tratar de um medidor trifásico e a instalação onde o mesmo foi instalado ser bifásica, foram necessárias algumas alterações na configuração do aparelho.

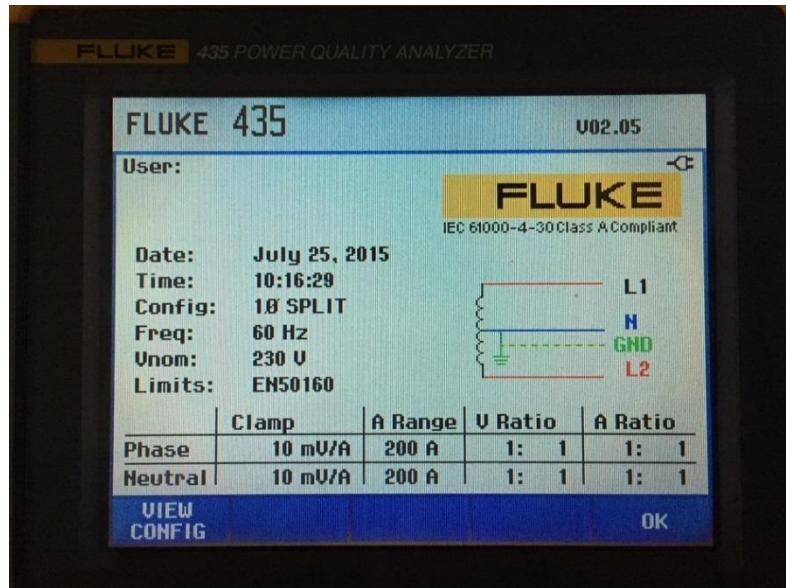
No *menu* de configurações, optou-se por selecionar o padrão de medição bifásico, com neutro e terra ligados em comum na saída do transformador.

Para as pontas de prova de tensão, selecionou-se a tensão nominal de 230 V.

Para as pinças ampermétricas foi selecionada a corrente de 200 A.

Tais configurações podem ser observadas na Figura 7.

Figura 7 – Configurações do *Fluke 435* para as medições do consumo energético da residência

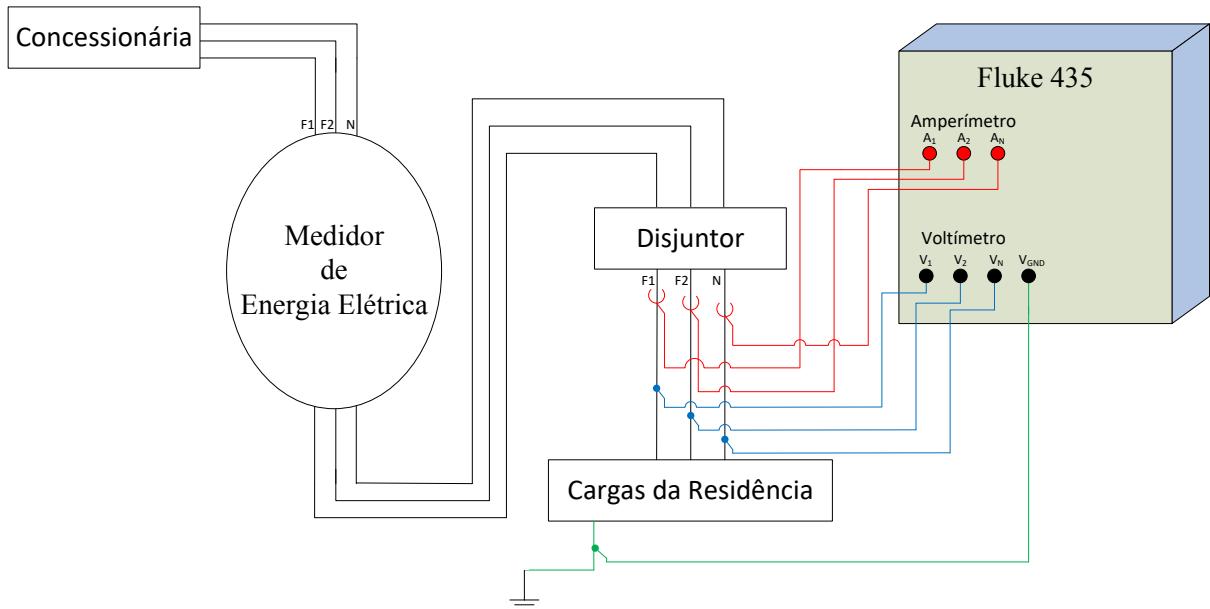


Fonte: Autor

Para a realização das amostras, foi escolhido uma frequência de amostragem de 2 Hz. A escolha dessa frequência baseou-se no fato de que nenhum dos equipamentos elétricos utilizados na residência é utilizado por menos de trinta segundos.

Com o equipamento devidamente configurado, o mesmo foi instalado no padrão de entrada da residência, conforme mostrado na Figura 8.

Figura 8 – Diagrama de conexões



Fonte: Autor

Uma vez o equipamento instalado, o início da coleta de dados se deu quando o botão *start* foi pressionado, isto aconteceu no dia 18 de julho de 2015 às 10h25min.

Decorrido o período de aquisição de dados, o aparelho foi desconectado do padrão de entrada no dia 24 de julho de 2015 às 16h29min.

Para realizar a transferência dos dados medidos pelo *Fluke 435*, foi utilizado o software da própria empresa *Fluke* chamado *Power Log* (versão 4.3.1). Com esse mesmo programa, os dados foram exportados para o formato “.txt” para análise posterior.

## 4 ANÁLISE DAS CURVAS

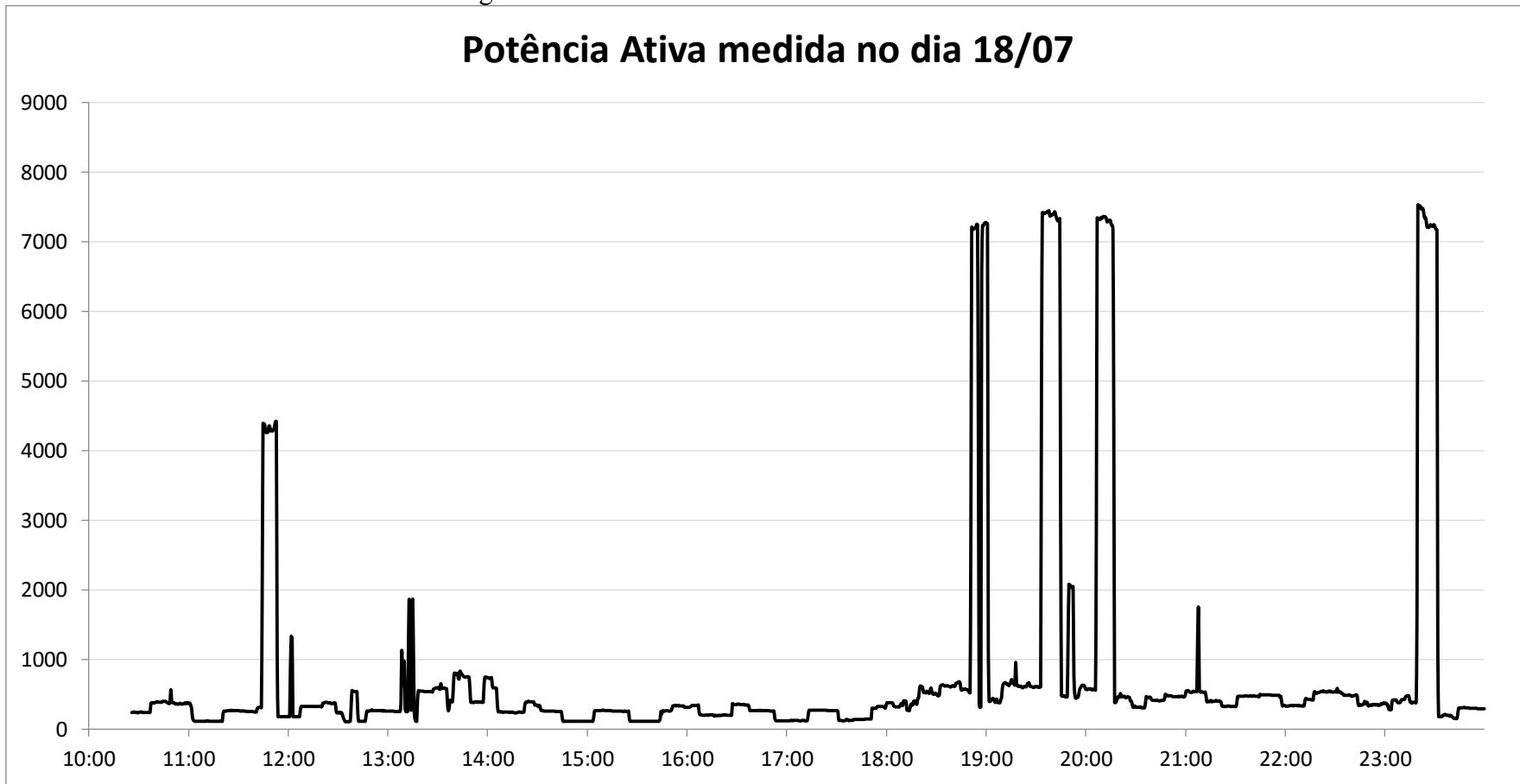
Os dados no formato “.txt” foram então importados para o software *Microsoft Excel* para que o estudo do comportamento do consumo da residência pudesse ser feito.

Para melhor compreensão dos dados de consumo de energia da residência levantados com o uso do equipamento *Fluke 435 – Power Quality Analyzer*, disponíveis na Tabela Resumo dos Horários de Pico de Energia.

### 4.1 HISTÓRICO DO CONSUMO DE POTÊNCIA ATIVA

Os gráficos referentes ao histórico do consumo de potência ativa da residência são mostrados abaixo nas Figura 9 a Figura 15. Nas figuras é possível observar o horário e a potência em que foi registrado o consumo de energia elétrica.

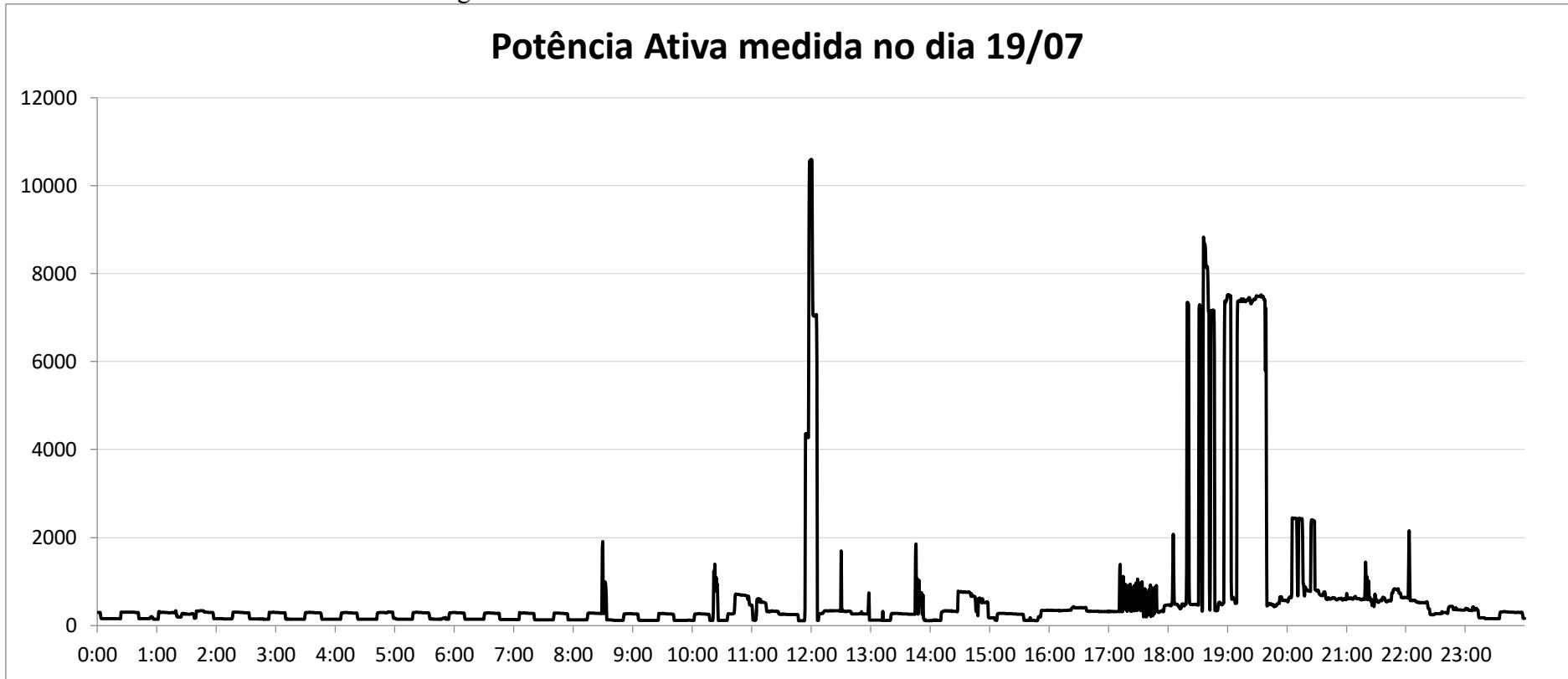
Figura 9 - Potência média medida no dia 18/07/2015



Fonte: Autor

No dia 18 de julho podemos observar o horário de utilização do chuveiro 2 por volta do meio dia e o consumo do chuveiro 1 por voltas das 19h até a meia noite.

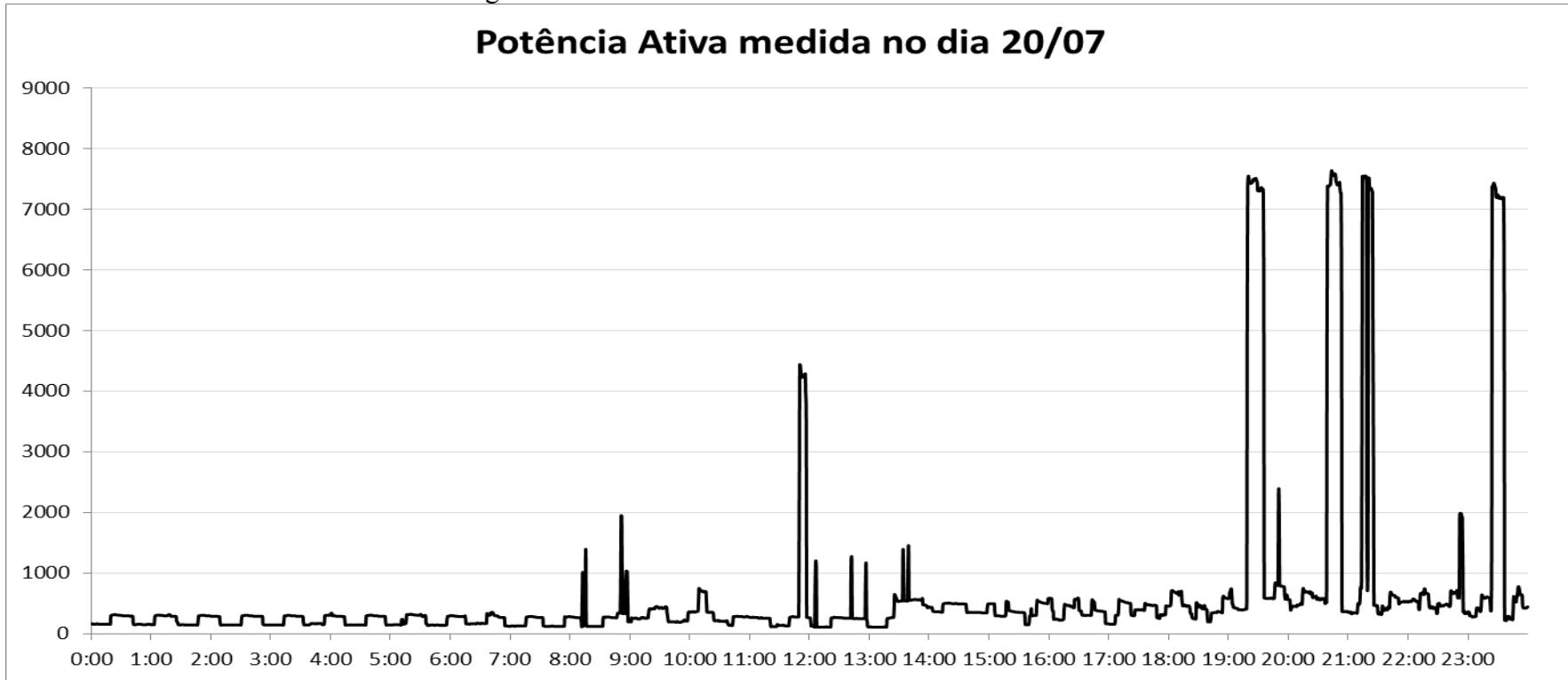
Figura 10 - Potência média medida no dia 19/07/2015



Fonte: Autor

No dia 19 de julho observamos que o chuveiro 1 foi utilizado juntamente com o chuveiro 2 próximo ao meio dia. Também pôde ser observado o consumo referente ao chuveiro 1 entre as 18h e 20h.

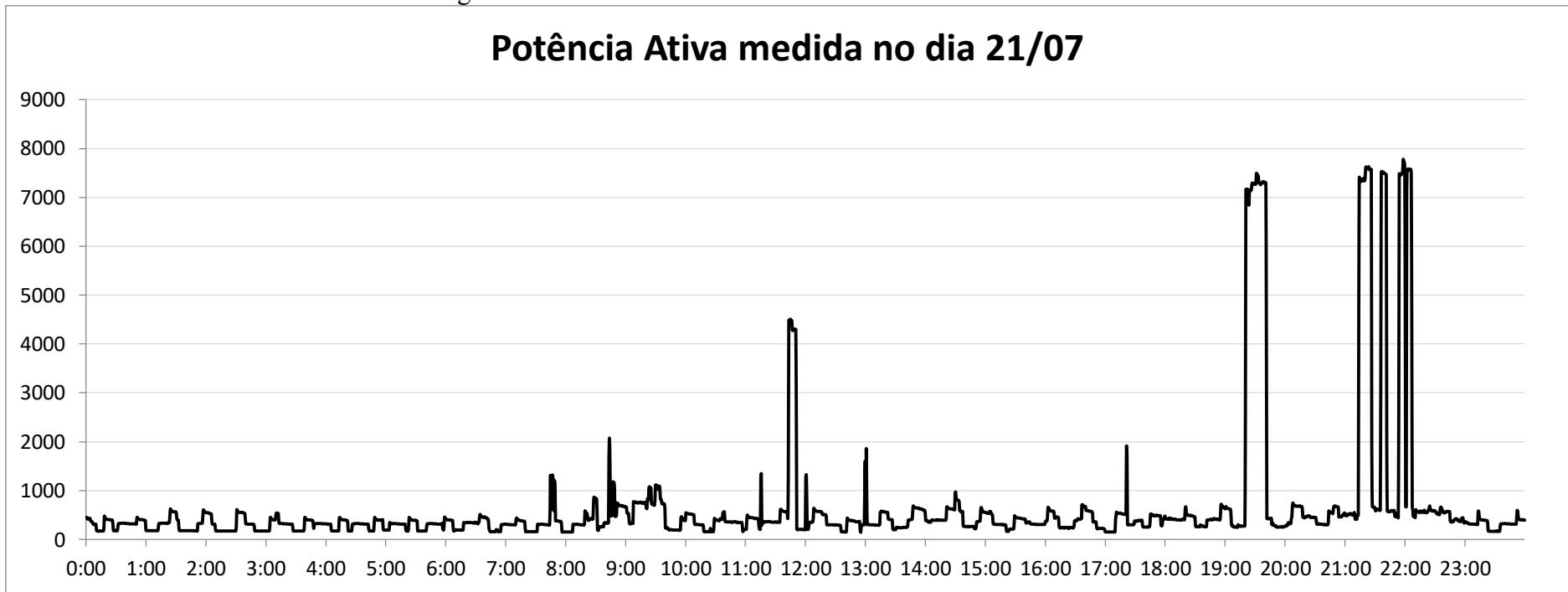
Figura 11 - Potência média medida no dia 20/07/2015



Fonte: Autor

No dia 20 de julho, registram-se as mesmas características que nos dias anteriores referente à utilização dos chuveiros. No intervalo entre as 8h e 9h da manhã, é observado a utilização de micro-ondas e da sanduicheira no café da manhã. Próximo das 14h, o consumo registrado é referente à máquina de lavar roupas.

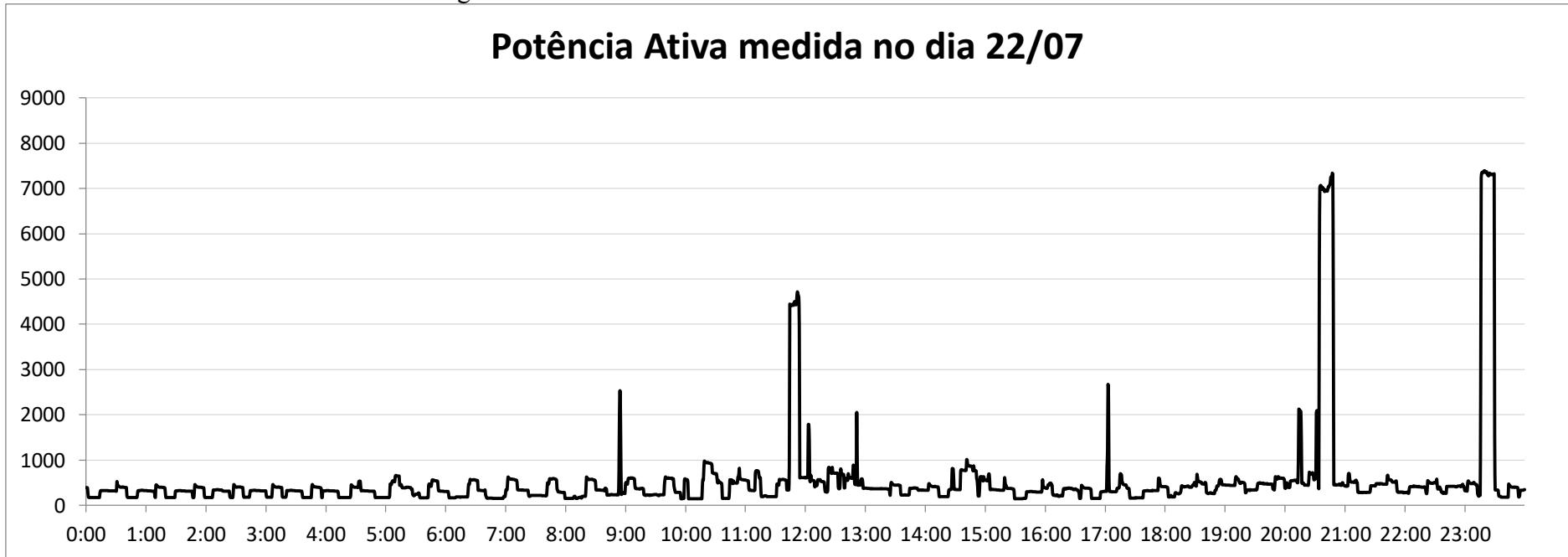
Figura 12 - Potência média medida no dia 21/07/2015



Fonte: Autor

No dia 21 de julho, temos praticamente a mesma rotina dos outros dias, como a utilização do micro-ondas e sanduicheira durante o café da manhã, o banho utilizando o chuveiro 2 próximo ao meio dia e os demais banhos utilizando o chuveiro 1 a partir das 19h.

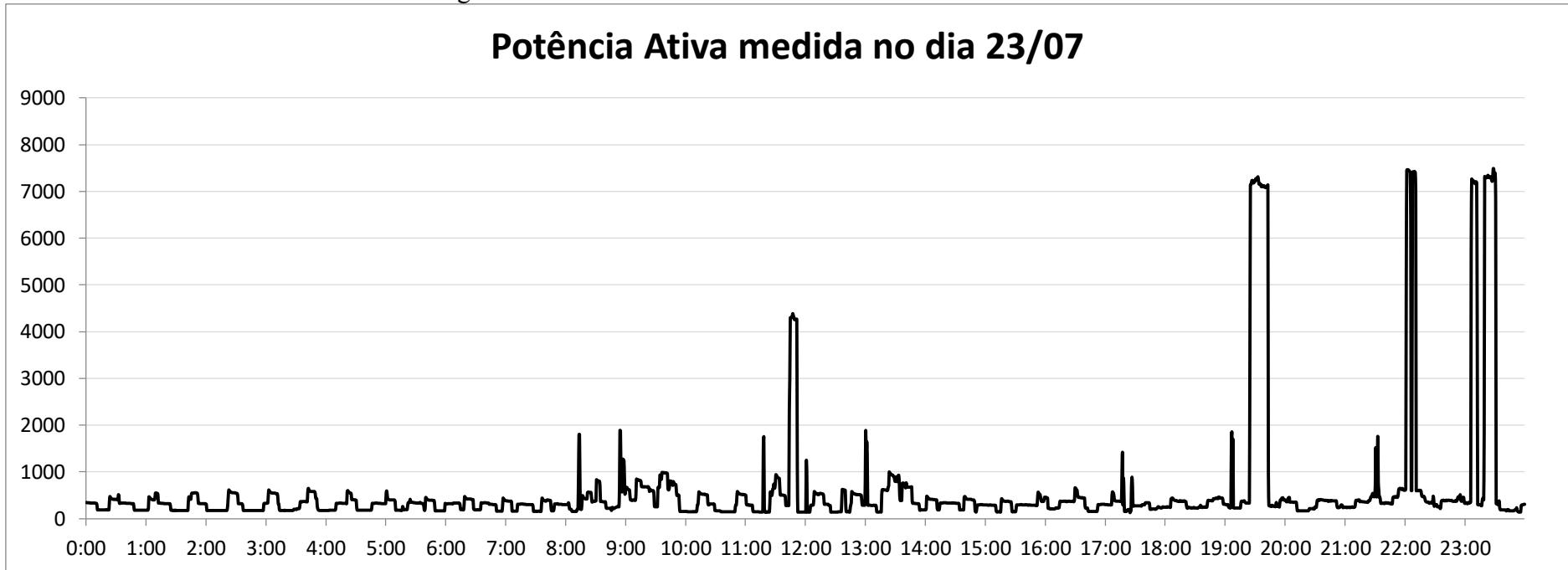
Figura 13 - Potência média medida no dia 22/07/2015



Fonte: Autor

No dia 22 de julho, temos um comportamento um pouco atípico, pois doi moradores se ausentaram da residência e consequentemente não foram registrados os quatro banhos utilizando o chuveiro 1. Os demais consumos dos equipamentos permaneceram aproximados aos dias anteriores, acompanhando a rotina da residência.

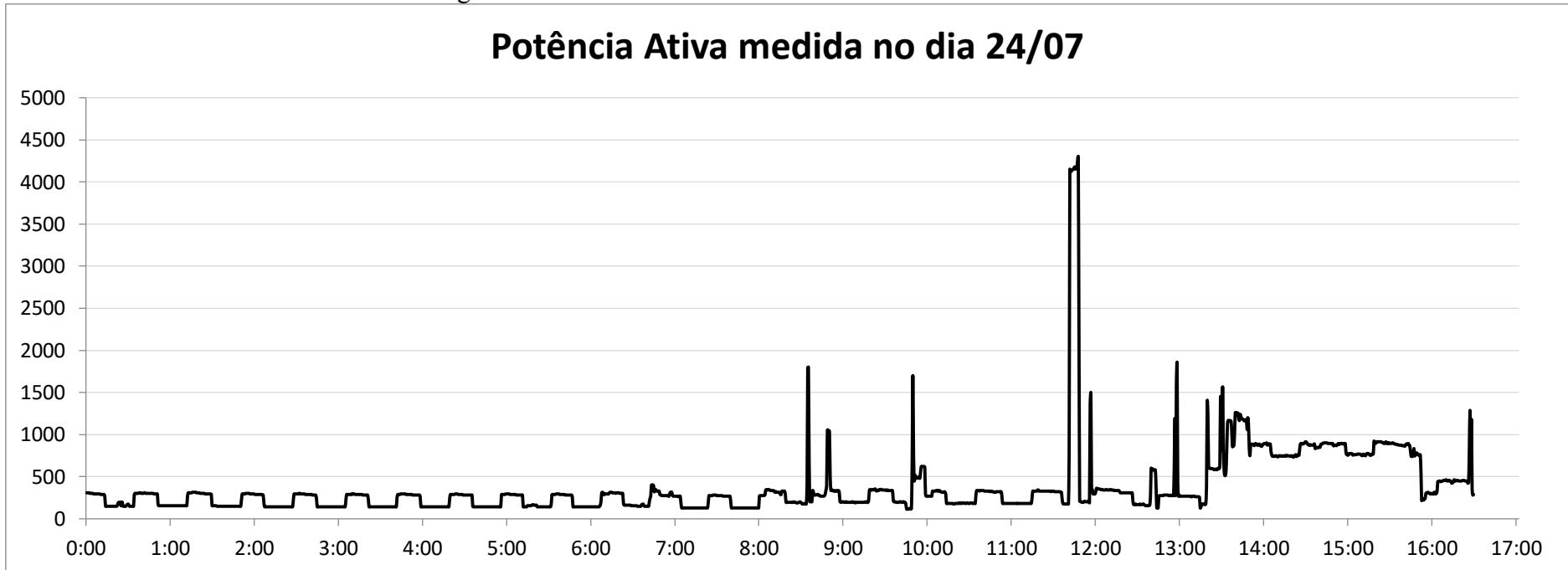
Figura 14 - Potência média medida no dia 23/07/2015



Fonte: Autor

No dia 23 de julho, temos a mesma rotina da residência sendo cumprida, com 4 banhos com o chuveiro 1 entre as 19h e meia noite. O chuveiro 2 sendo utilizado por volta do meio dia e o consumo por parte do Micro-ondas e sanduicheira no período da manhã.

Figura 15 - Potência média medida no dia 24/07/2015



Fonte: Autor

No dia 24 de julho, como a medição foi encerrada as 16h30, temos registrado somente o consumo do chuveiro 2 por volta do meio dia. É possível verificar que nesse dia entre as 13h30 e próximo das 16h temos uma elevação no consumo devido ao motor da bomba da piscina. No mais, a rotina da residência é mantida.

Com o intuito de facilitar o entendimento de quais equipamentos são relevantes para o consumo de energia elétrica da residência preparamos a Tabela 2 que indica os horários onde foram registrados potência ativa acima de 1000 W no consumo.

Tabela 2 - Tabela resumo dos horários de pico de energia

<b>Dia</b>	<b>Horário de Pico</b>		<b>Referência</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Potência Anterior</b>	<b>Duração</b>	<b>Potência Estável</b>	<b>Potencia do Inicio (Coluna B)</b>	<b>Potencia do Fim (Coluna C)</b>	<b>Diferença</b>
	<b>Início</b>	<b>Término</b>								
18/7	11:44:22	11:53:22	Gráfico 1	Chuveiro 2	313,333	00:09:00	5953,327	1211573,332	1134899,999	70720,006
18/7	12:01:52	12:02:22	Gráfico 1	Micro-ondas	180	00:00:30	360	1131299,999	1128659,999	2280
18/7	13:08:22	13:12:22	Gráfico 1	Micro-ondas	253,333	00:04:00	2279,997	1092413,324	1087766,657	2366,67
18/7	13:12:52	13:15:22	Gráfico 1	Máquina Nespresso	253,333	00:02:30	1519,998	1087766,657	1081546,657	4700,002
18/7	18:50:52	19:01:22	Gráfico 1	Chuveiro 1	526,667	00:10:30	11586,67	869773,323	745639,992	112546,66
18/7	19:33:22	19:44:52	Gráfico 1	Chuveiro 1	613,333	00:11:30	14719,99	709193,326	538499,994	155973,34
18/7	19:49:22	19:52:22	Gráfico 1	Micro-ondas	460	00:03:00	3220	534726,661	521106,661	10400
18/7	20:06:22	20:16:52	Gráfico 1	Chuveiro 1	580	00:10:30	12760	505766,661	352093,328	140913,33
18/7	21:07:22	21:07:52	Gráfico 1	Micro-ondas	540	00:00:30	1080	307986,662	304906,662	2000
18/7	23:19:22	23:31:52	Gráfico 1	Chuveiro 1	380	00:12:30	9880	192759,998	14073,331	168806,67
19/7	08:29:22	08:29:52	Gráfico 2	Micro-ondas	266,667	00:00:30	533,334	1666779,943	1663186,609	3060
19/7	10:21:52	10:24:22	Gráfico 2	Máquina Dolce Gusto	113,333	00:02:30	679,998	1620106,633	1613653,3	5773,335
19/7	11:54:22	12:05:52	Gráfico 2	Chuveiro 1 + Chuveiro 2	0	00:11:30	0	1550826,628	1377753,291	173073,34
19/7	13:45:22	13:48:52	Gráfico 2	Máquina Nespresso	253,333	00:03:30	2026,664	1326506,639	1318653,306	5826,669
19/7	17:11:22	17:14:52	Gráfico 2	Ferro de Passar Roupas	320	00:03:30	2560	1184799,993	1178386,661	3853,332
19/7	17:29:22	17:31:52	Gráfico 2	Ferro de Passar Roupas	340	00:02:30	2040	1160979,995	1156499,996	2439,999
19/7	18:04:52	18:05:52	Gráfico 2	Micro-ondas	493,333	00:01:00	1479,999	1125653,328	1121146,662	3026,667
19/7	18:18:52	18:32:52	Gráfico 2	Chuveiro 1	486,667	00:14:00	14113,34	1109719,995	1040053,327	55553,325
19/7	18:33:22	18:40:22	Gráfico 2	Chuveiro 1 + Secador de Cabelos	7266,667	00:07:00	109000	1040053,327	940033,324	-8980,002
19/7	18:40:52	18:46:52	Gráfico 2	Chuveiro 1	8153,333	00:06:00	105993,3	940033,324	866379,992	-32340

<b>Dia</b>	<b>Horário de Pico</b>			<b>Referência</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Potência Anterior</b>	<b>Duração</b>	<b>Potência Estável</b>	<b>Potencia do Inicio (Coluna B)</b>	<b>Potencia do Fim (Coluna C)</b>	<b>Diferença</b>
	<b>Início</b>	<b>Término</b>									
19/7	18:56:52	19:03:22	Gráfico 2	Chuveiro 1	513,333	00:06:30	7186,662	858033,325	755326,657	95520,006	
19/7	19:09:52	19:39:22	Gráfico 2	Chuveiro 1	506,667	00:29:30	30400,02	748113,323	309759,988	407953,32	
19/7	20:05:22	20:15:52	Gráfico 2	Secador de Cabelos	626,667	00:10:30	13786,67	282453,318	233793,317	34873,327	
19/7	20:24:22	20:27:52	Gráfico 2	Micro-ondas	773,333	00:03:30	6186,664	220899,982	201926,649	12786,669	
19/7	21:19:22	21:19:52	Gráfico 2	Micro-ondas	593,333	00:00:30	1186,666	136759,98	134279,98	1293,334	
19/7	22:02:52	22:03:52	Gráfico 2	Micro-ondas	633,333	00:01:00	1899,999	79773,316	74953,317	2920	
20/7	08:14:22	08:15:52	Gráfico 3	Máquina Dolce Gusto	120	00:01:30	480	1564640,006	1560766,672	3393,334	
20/7	08:51:22	08:51:52	Gráfico 3	Micro-ondas	340	00:00:30	680	1546106,675	1542226,675	3200	
20/7	08:56:22	08:57:22	Gráfico 3	Sanduicheira	326,667	00:01:00	980,001	1538466,675	1535380,008	2106,666	
20/7	11:49:52	11:56:52	Gráfico 3	Chuveiro 2	0	00:07:00	0	1439113,365	1377893,364	61220,001	
20/7	12:06:22	12:06:52	Gráfico 3	Micro-ondas	106,667	00:00:30	213,334	1373813,361	1371500,028	2099,999	
20/7	12:41:52	12:42:22	Gráfico 3	Máquina de Lavar	253,333	00:00:30	506,666	1358026,689	1355546,689	1973,334	
20/7	12:56:52	12:57:22	Gráfico 3	Máquina de Lavar	246,667	00:00:30	493,334	1347993,349	1346600,015	900	
20/7	13:33:52	13:34:22	Gráfico 3	Micro-ondas	540	00:00:30	1080	1328713,34	1326200,007	1433,333	
20/7	13:38:52	13:39:22	Gráfico 3	Micro-ondas	540	00:00:30	1080	1321886,674	1319386,674	1420	
20/7	19:18:52	19:35:22	Gráfico 3	Chuveiro 1	420	00:16:30	14280	1040760,007	792266,672	234213,34	
20/7	19:50:22	19:50:22	Gráfico 3	não sei	793,333	00:00:00	793,333	773466,671	771100,004	1573,334	
20/7	20:38:52	20:53:22	Gráfico 3	Chuveiro 1	513,333	00:14:30	15399,99	713140,003	493346,67	204393,34	
20/7	21:13:52	21:25:22	Gráfico 3	Chuveiro 1	760	00:11:30	18240	477240	327786,666	131213,33	
20/7	22:51:52	22:54:52	Gráfico 3	Secador de Cabelos	586,667	00:03:00	4106,669	238213,33	226133,33	7973,331	
20/7	23:23:52	23:36:22	Gráfico 3	Chuveiro 1	373,333	00:12:30	9706,658	202099,999	20693,333	171700,01	
21/7	07:44:52	07:47:22	Gráfico 4	Máquina Dolce Gusto	293,333	00:02:30	1759,998	1613899,979	1607293,312	4846,669	
21/7	07:48:22	07:49:22	Gráfico 4	Torradeira	593,333	00:01:00	1779,999	1606699,979	1603166,646	1753,334	
21/7	08:43:22	08:44:22	Gráfico 4	Micro-ondas	340	00:01:00	1020	1566839,988	1561546,655	4273,333	
21/7	08:47:22	08:48:52	Gráfico 4	Sanduicheira	486,667	00:01:30	1946,668	1558739,988	1554153,321	2639,999	
21/7	09:23:22	09:25:22	Gráfico 4	Máquina de Lavar	813,333	00:02:00	4066,665	1509899,988	1504586,655	1246,668	
21/7	09:29:52	09:34:22	Gráfico 4	Máquina de Lavar	700	00:04:30	7000	1498746,655	1487966,656	3779,999	

Dia	Horário de Pico		Referência	Equipamento	Potência Anterior	Duração	Potência Estável	Potencia do Inicio (Coluna B)	Potencia do Fim (Coluna C)	Diferença
	Início	Término								
21/7	11:15:22	11:16:52	Gráfico 4	Secador de Cabelos	206,667	00:01:30	826,668	1416879,986	1413619,986	2433,332
21/7	11:42:52	11:50:52	Gráfico 4	Chuveiro 2	540	00:08:00	9180	1391986,656	1322286,655	60520,001
21/7	12:00:22	12:00:52	Gráfico 4	Micro-ondas	200	00:00:30	400	1318613,318	1316019,984	2193,334
21/7	12:59:22	13:00:52	Gráfico 4	Micro-ondas	300	00:01:30	1200	1273726,657	1268586,656	3940,001
21/7	17:21:22	17:21:52	Gráfico 4	Micro-ondas	513,333	00:00:30	1026,666	1061379,986	1057806,653	2546,667
21/7	19:20:22	19:41:22	Gráfico 4	Chuveiro 1	273,333	00:21:00	11753,32	963966,663	659379,997	292833,35
21/7	21:13:52	21:26:52	Gráfico 4	Chuveiro 1	500	00:13:00	13500	576593,33	382979,995	180113,34
21/7	21:35:52	21:41:52	Gráfico 4	Chuveiro 1	600	00:06:00	7800	372346,664	284753,33	79793,334
21/7	21:53:52	22:06:52	Gráfico 4	Chuveiro 1	453,333	00:13:00	12239,99	272199,997	93453,333	166506,67
22/7	08:53:52	08:54:52	Gráfico 5	Micro-ondas + Sanduicheira	233,333	00:01:00	699,999	1236393,345	1229733,345	5960,001
22/7	11:44:22	11:53:52	Gráfico 5	Chuveiro 2	340	00:09:30	6800	1089873,346	1000553,347	82519,999
22/7	12:02:52	12:03:52	Gráfico 5	Micro-ondas	613,333	00:01:00	1839,999	990073,35	985066,683	3166,668
22/7	12:51:22	12:52:22	Gráfico 5	Micro-ondas	460	00:01:00	1380	930193,349	926753,349	2060
22/7	14:41:22	14:42:22	Gráfico 5	Máquina de Lavar	766,667	00:01:00	2300,001	843113,345	840206,679	606,665
22/7	17:02:22	17:03:22	Gráfico 5	Micro-ondas	306,667	00:01:00	920,001	739493,352	733240,019	5333,332
22/7	20:13:52	20:16:22	Gráfico 5	Micro-ondas	500	00:02:30	3000	580493,336	568513,336	8980
22/7	20:31:22	20:32:52	Gráfico 5	Micro-ondas	593,333	00:01:30	2373,332	552200	544020,001	5806,667
22/7	20:34:22	20:48:22	Gráfico 5	Chuveiro 1	553,333	00:14:00	16046,66	543100,001	342706,666	184346,68
22/7	23:15:52	23:29:52	Gráfico 5	Chuveiro 1	253,333	00:14:00	7346,657	220119,998	18173,332	194600,01
23/7	08:13:22	08:13:52	Gráfico 6	Micro-ondas	206,667	00:00:30	413,334	1384120,025	1380520,025	3186,666
23/7	08:54:22	08:54:52	Gráfico 6	Micro-ondas	0	00:00:30	0	1348966,692	1345200,025	3766,667
23/7	08:56:52	08:58:22	Gráfico 6	Sanduicheira	586,667	00:01:30	2346,668	1343073,358	1338300,025	2426,665
23/7	11:17:52	11:18:22	Gráfico 6	Máquina de Lavar	140	00:00:30	280	1221333,351	1218046,685	3006,666
23/7	11:43:52	11:51:52	Gráfico 6	Chuveiro 2	280	00:08:00	4760	1194146,685	1127626,686	61759,999
23/7	12:00:52	12:01:22	Gráfico 6	Micro-ondas	140	00:00:30	280	1125246,686	1123006,686	1960
23/7	13:00:22	13:01:52	Gráfico 6	Micro-ondas	286,667	00:01:30	1146,668	1081860,01	1075666,676	5046,666
23/7	17:16:52	17:17:22	Gráfico 6	Micro-ondas	366,667	00:00:30	733,334	891933,348	889500,015	1699,999

Dia	Horário de Pico		Referência	Equipamento	Potência Anterior	Duração	Potência Estável	Potencia do Inicio (Coluna B)	Potencia do Fim (Coluna C)	Diferença
	Início	Término								
23/7	19:06:22	19:07:52	Gráfico 6	Máquina Dolce Gusto	226,667	00:01:30	906,668	823780,011	818273,344	4599,999
23/7	19:24:52	19:42:52	Gráfico 6	Chuveiro 1	333,333	00:18:00	12333,32	808553,344	547020,013	249200,01
23/7	21:30:52	21:32:52	Gráfico 6	Máquina Dolce Gusto	506,667	00:02:00	2533,335	478306,674	473093,34	2679,999
23/7	22:01:22	22:10:52	Gráfico 6	Chuveiro 1	606,667	00:09:30	12133,34	447473,336	318813,335	116526,66
23/7	23:06:22	23:12:22	Gráfico 6	Chuveiro 1	353,333	00:06:00	4593,329	275686,674	186313,34	84780,005
23/7	23:19:22	23:30:52	Gráfico 6	Chuveiro 1	420	00:11:30	10080	182053,341	12200,008	159773,33
24/7	08:34:52	08:35:22	Gráfico 7	Micro-ondas	173,333	00:00:30	346,666	515586,667	511993,334	3246,667
24/7	08:48:52	08:50:22	Gráfico 7	Sanduicheira	340	00:01:30	1360	504419,999	500233,333	2826,666
24/7	09:49:52	09:50:52	Gráfico 7	Micro-ondas	120	00:01:00	360	470333,348	467433,348	2540
24/7	11:41:52	11:56:52	Gráfico 7	Chuveiro 2	173,333	00:15:00	5373,323	406193,339	343866,671	56953,345
24/7	12:56:52	12:58:22	Gráfico 7	Micro-ondas	273,333	00:01:30	1093,332	308606,67	303740,004	3773,334
24/7	13:19:52	13:20:22	Gráfico 7	Micro-ondas	173,333	00:00:30	346,666	293286,666	290659,999	2280,001
24/7	13:29:22	13:31:52	Gráfico 7	Máquina Nespresso	593,333	00:02:30	3559,998	280573,333	274193,333	2820,002
24/7	13:34:22	13:49:22	Gráfico 7	Bomba Piscina + Máquina de Lavar	580	00:15:00	17980	271720	236293,333	17446,667
24/7	16:27:22	16:28:52	Gráfico 7	Máquina Dolce Gusto	426,667	00:01:30	1706,668	4080,001	566,667	1806,666

Em todos os gráficos podemos observar que próximo ao meio dia, temos sempre um consumo de um pouco mais de 4400 W devido à um hábito de um dos moradores de tomar banho neste horário, estando esse consumo relacionado ao chuveiro elétrico 2 com um tempo médio de banho de 10 minutos.

O chuveiro elétrico 1 é compartilhado pelas demais quatro pessoas da família, resultando assim em um tempo médio de banho de 13 minutos. Este equipamento é referente aos picos de potência aproximada de 7500 W.

O Micro-ondas tem sua utilização no período da manhã, no horário do almoço e próximo ao jantar. Como é somente utilizado para aquecer os alimentos e não para preparos com tempo de duração maiores, tem seu tempo médio de utilização de 1 minuto.

As máquinas de café geralmente são utilizadas durante a manhã e após o almoço. A máquina de café Nespresso tem seu tempo médio de utilização de aproximadamente 3 minutos, enquanto que a máquina de café Dolce Gusto tem seu tempo médio de utilização de 2 minutos.

Um equipamento utilizado somente pelas mulheres da residência, o secador de cabelos; tem seu tempo médio de utilização de aproximadamente 6 minutos e é utilizado logo após o banho.

Utilizadas somente no período da manhã durante o café da manhã, a sanduicheira e a torradeira possuem tempo médio de utilização de aproximadamente 5 minutos e 2 minutos, respectivamente.

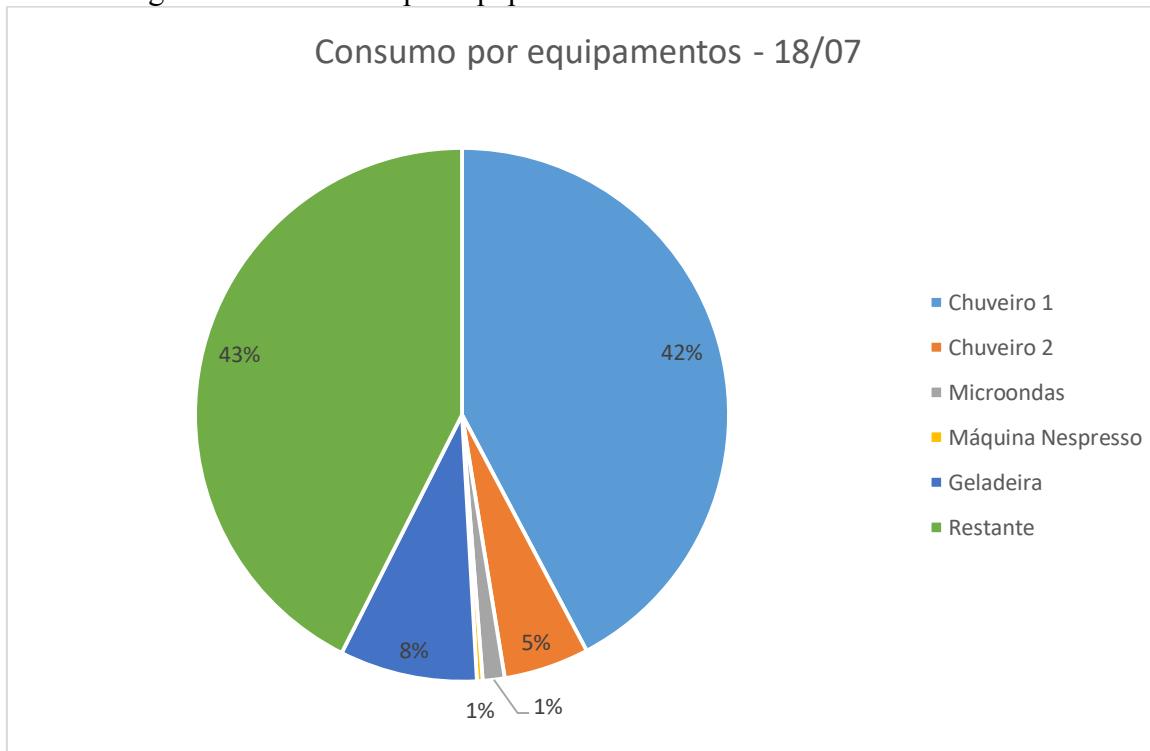
Podemos observar também que no período da madrugada, onde os equipamentos em estudo estão desligados, temos a alteração no consumo devido à geladeira que possui um funcionamento contínuo, provocando assim alteração na curva de consumo.

No período em que a geladeira não está em funcionamento, podemos verificar que a potência de consumo da casa com os demais equipamentos não listados, tais como lâmpadas, aparelhos eletrônicos que permanecem ligados (telefone, roteador, modem, etc...), aparelhos eletrônicos em *stand-by*, dentre outros, é de aproximadamente de 150 W.

#### 4.2 CONSUMO DE POTÊNCIA ATIVA POR EQUIPAMENTO

Após visualizarmos a curva de consumo por dia da residência, foi feito, então uma análise de quais equipamentos seriam os maiores gastadores de energia elétrica. Os gráficos apresentados nas Figura 16 a Figura 22 ilustram o consumo de cada equipamento, individualmente.

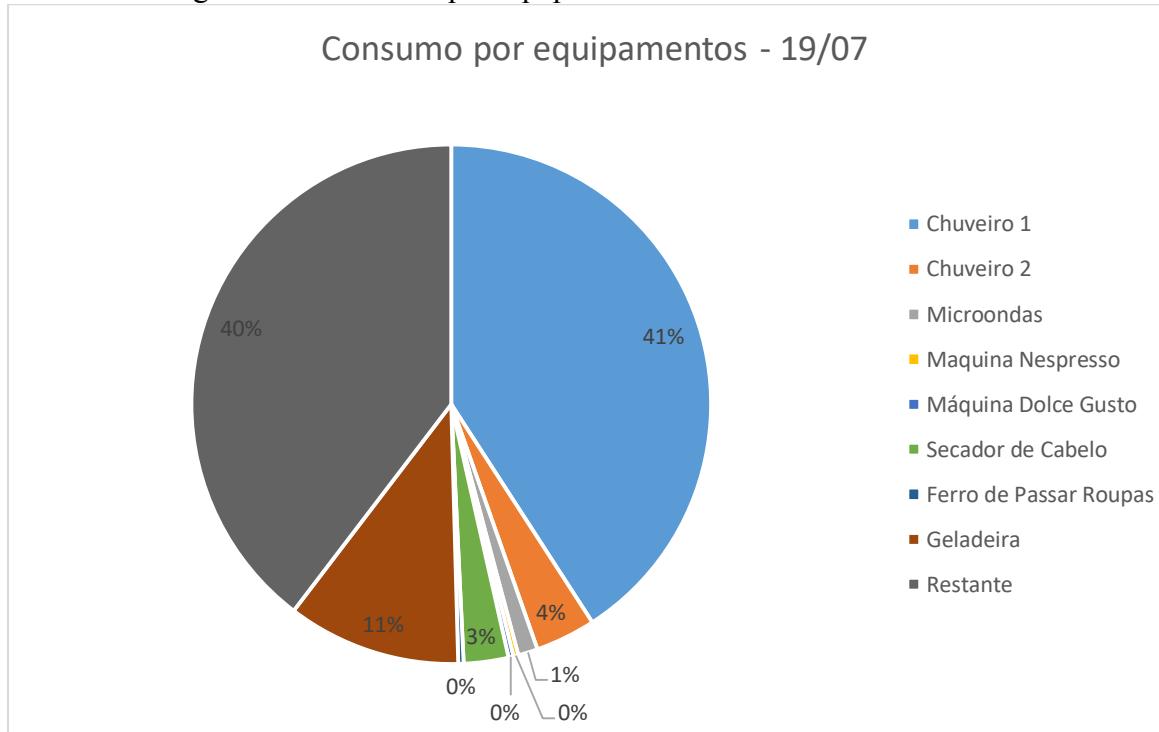
Figura 16 - Consumo por equipamento referente ao dia 18/07/2015



Fonte: Autor

É possível observar que no dia 18 de julho, aproximadamente metade do consumo da residência é devido ao uso do chuveiro elétrico para banhos. Aproximadamente 8% do consumo é referente à geladeira, equipamento esse que funciona 24h por dia.

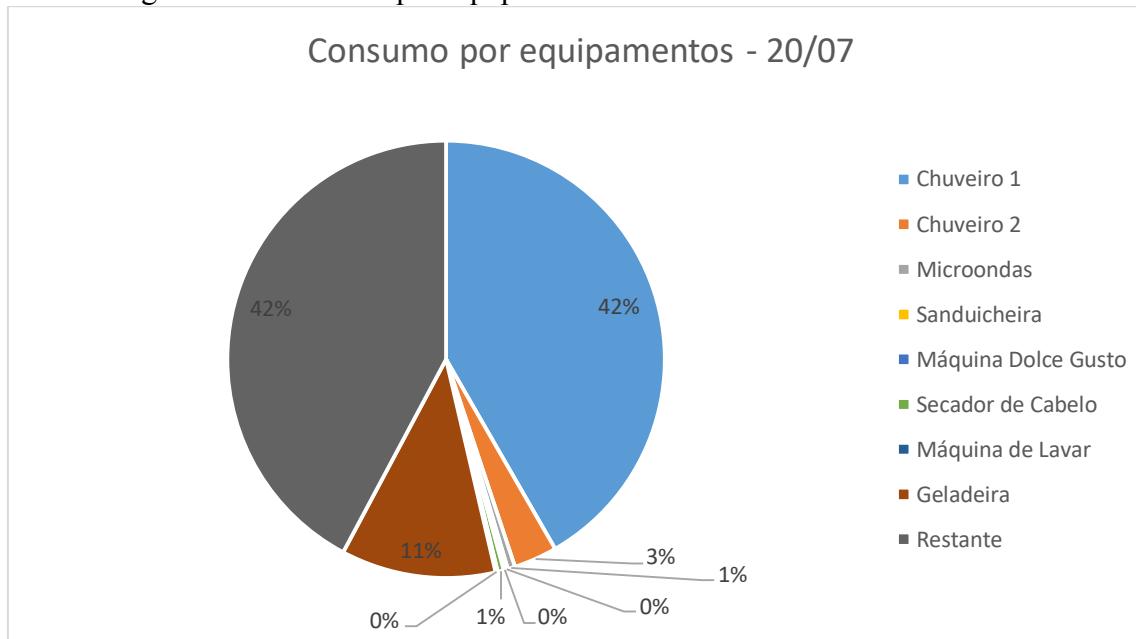
Figura 17 - Consumo por equipamento referente ao dia 19/07/2015



Fonte: Autor

No dia 19 de julho, aproximadamente metade do consumo é referente ao chuveiro elétrico. A geladeira apareceu em segundo lugar com 11% do consumo de energia elétrica.

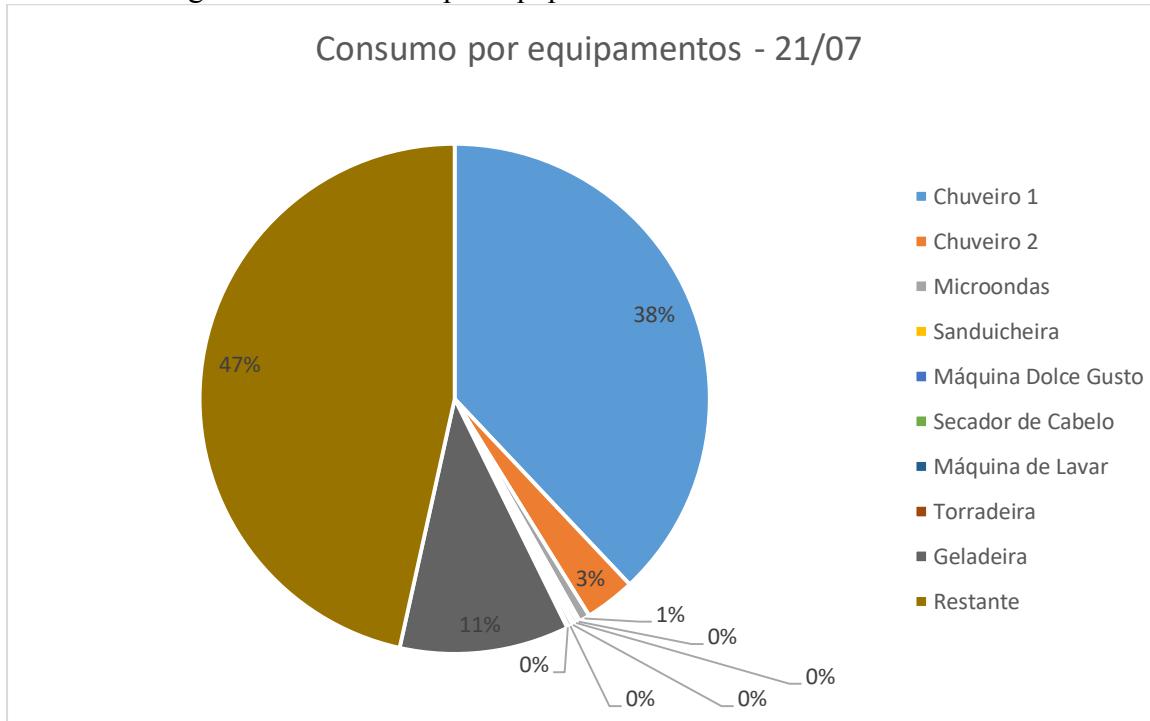
Figura 18 - Consumo por equipamento referente ao dia 20/07/2015



Fonte: Autor

No dia 20 de julho, a geladeira manteve seus 11% de consumo de energia elétrica e o chuveiro continuou em primeiro lugar no consumo.

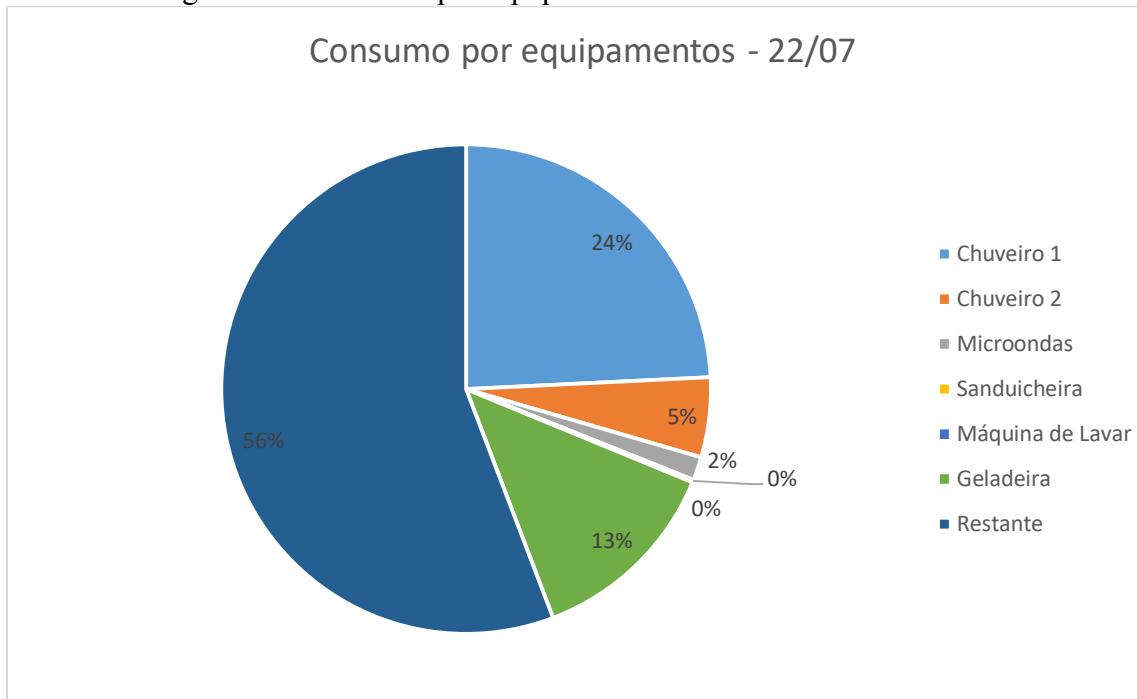
Figura 19 - Consumo por equipamento referente ao dia 21/07/2015



Fonte: Autor

No dia 21 de julho, aproximadamente 40% do consumo da residência é devido ao uso do chuveiro elétrico. Aproximadamente 11% do consumo é referente à geladeira.

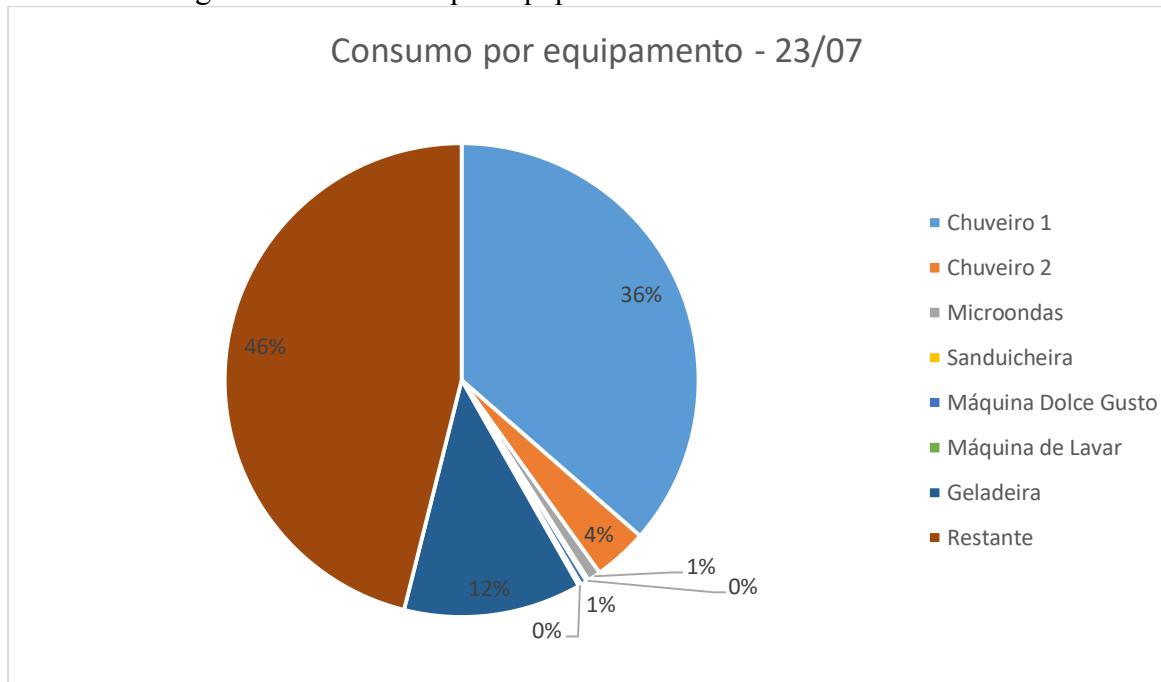
Figura 20 - Consumo por equipamento referente ao dia 22/07/2015



Fonte: Autor

É possível observar que no dia 22 de julho, a residência apresentou apenas 29% do consumo gasto com o chuveiro elétrico. Isso ocorreu pois nesse dia a quantidade de banhos utilizando o chuveiro de maior potência foi de apenas dois banhos, onde dois moradores da residência não se encontravam na mesma. A geladeira então assume 13% do consumo diário.

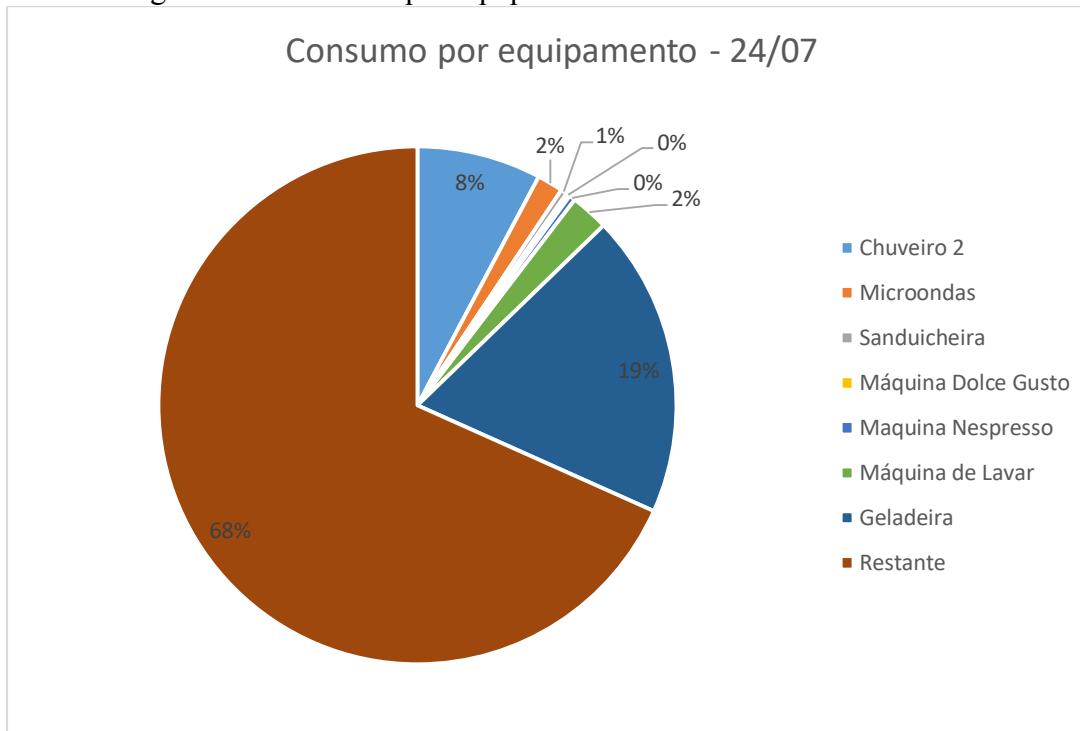
Figura 21 - Consumo por equipamento referente ao dia 23/07/2015



Fonte: Autor

No dia 23 de julho, aproximadamente 40% do consumo é devido ao uso do chuveiro elétrico. Em segundo lugar temos a geladeira com 12% do total consumido nesse dia.

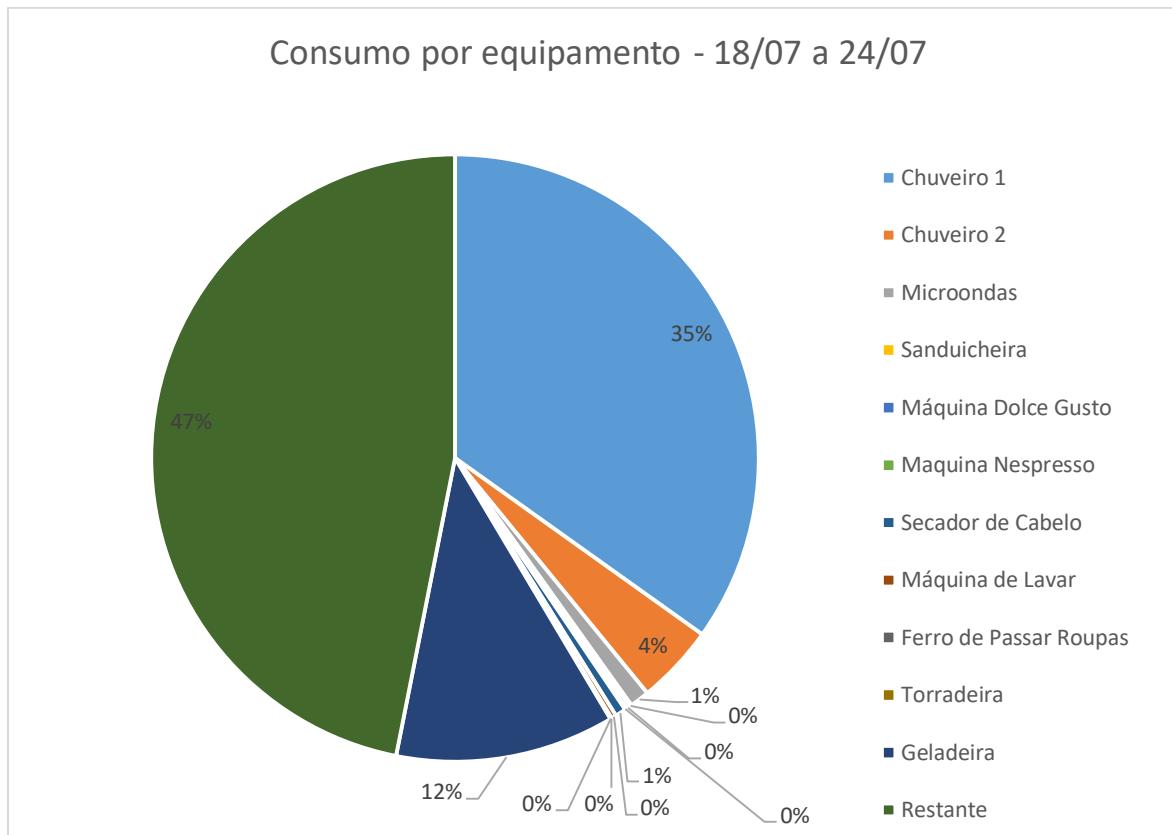
Figura 22 - Consumo por equipamento referente ao dia 24/07/2015



Fonte: Autor

No dia 24 de julho, como não tivemos registros do chuveiro de maior potência pois a amostragem foi encerrada antes do horário rotineiro para a utilização do mesmo, o consumo do outro chuveiro foi de apenas 8% em relação ao total consumido naquele dia. Com esses fatos, a geladeira então aparece em primeiro lugar no consumo com 19% do consumo de energia elétrica.

Figura 23 - Consumo por equipamento referente ao período entre os dias 18/07 a 24/07/2015



Fonte: Autor

Conforme podemos verificar na Figura 23, que mostra o panorama geral do consumo da residência por equipamento durante o período da análise, observamos que o chuveiro elétrico é o equipamento que mais consome energia elétrica na residência, resultando em um consumo de 39% do total consumido. Em segundo lugar, encontramos a geladeira, equipamento que permanece ligado 24h por dia e é o responsável por 12% do total de energia consumida. Os demais equipamentos listados anteriormente apresentam consumo de aproximadamente 7%. Os 47% restante são referentes à equipamentos em standy-by, e também devido aos equipamentos cuja potência é inferior a 250 W, lâmpadas, televisores, etc....

#### 4.3 CÁLCULO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Após verificarmos quais equipamentos são os maiores consumidores de energia elétrica, podemos então calcular o consumo de energia para o período em estudo. Como esse período foi de apenas 7 dias, aqui faremos uma previsão do consumo ao fim de um mês (30 dias), caso os padrões de consumo se mantenham.

Para calcular o consumo de energia, podemos utilizar a equação (1) abaixo. No estudo feito, o medidor registrou a potência a cada intervalo de 30 segundos. Vamos partir da análise que entre os intervalos de medição a potência não variou. Assim, podemos calcular que:

$$\text{Consumo (kWh)} = \text{Potência Ativa (kW)} \times \text{Nº de horas de operação} \quad (1)$$

Cada intervalo de medição é de 30 segundos, e cada hora possui 3600 segundos, então cada intervalo de tempo corresponde a 0,00833 de hora.

Ao multiplicarmos a potência obtida a cada medição pelo valor acima de hora mencionado, teremos ao final dos 7 dias de análise um total de 89,86 kWh. Se dividirmos esse valor por 7, teremos o consumo aproximado por dia, sendo de 12,84 kWh. Se extrapolarmos esse valor para um mês, ou seja, multiplicarmos o consumo diário por 30 (número de dias em um mês) teremos o consumo mensal de 385,13 kWh/mês.

## 5 SUGESTÕES PARA MELHORIA ENERGÉTICA DA RESIDÊNCIA

Através do levantamento dos hábitos e rotinas da residência em estudo, verificamos que o consumo de energia é alto. Então com o intuito de reduzir o consumo e também deixá-lo mais eficiente, abordaremos nas próximas sessões algumas mudanças necessárias para essa residência.

### 5.1 SUBSTITUIÇÃO DA ILUMINAÇÃO

A iluminação de uma residência pode ser uma grande vilã da conta de energia elétrica. Atualmente, existem diferentes tecnologias para a iluminação dos ambientes. As lâmpadas incandescentes, geralmente reconhecidas pela sua cor amarelada, é uma grande consumidora de energia elétrica e não possui grande eficiência energética. Desde junho de 2014 as lâmpadas incandescentes com potência superior a 75 Watts já deixaram de ser produzidas e vendidas.

Novas tecnologias já utilizadas atualmente, como as lâmpadas fluorescentes e lâmpadas de LED<sup>3</sup> tem uma eficiência energética para a produção de luz muito superior as antigas lâmpadas incandescentes.

A Tabela 3 faz um comparativo entre as tecnologias presentes atualmente no mercado

Tabela 3 - Comparativo entre lâmpadas

<b>Tecnologia</b>	<b>Lâmpada</b>	<b>Lâmpada</b>	<b>Lâmpada</b>
	<b>Incandescente</b>	<b>Fluorescente</b>	<b>LED</b>
Potência (W)	60	15	10
Fluxo Luminoso (lm)	864	800	800
Vida Útil Média (horas)	1.200	8.000	30.000
Lâmpadas utilizadas para atingir 30.000 horas de operação	25	4	1
Consumo de 30.000 horas de operação (kWh)	1800	450	300

Fonte: Autor

---

<sup>3</sup> LED, *Light Emitting Diode*, é a abreviação, em inglês, para Diodo Emissor de Luz.

É possível observar que a lâmpada de LED é a que possui maior eficiência perante as demais. Seu consumo é seis vezes menor em comparação a uma lâmpada incandescente e 1,5 vezes se comparada à lâmpada fluorescente.

Como sugestão de melhoria para a residência é recomendado a troca de lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes ou lâmpadas LED. Se alguma iluminação possuir um tempo maior de utilização, por exemplo, iluminação externa, é recomendada a utilização de lâmpadas LED.

Realizando a troca da iluminação poderemos assim reduzir o consumo da residência em alguns kWh por mês, mas que se for levando em conta ao longo do ano, a economia será relevante.

## 5.2 UTILIZAÇÃO DOS CHUVEIROS

Os chuveiros dessa residência representam aproximadamente 40 % do consumo de energia elétrica da residência. Algumas trocas de hábito podem ser feitas para reduzir o consumo, sendo elas:

- Alteração da duração do tempo de banho: Foi constatado que nessa residência o tempo médio de banho foi de 15 minutos. Alguns especialistas em dermatologia indicam que o tempo de banho deva ser de 5 a 7 minutos. Nessa residência, o chuveiro 1 apresenta, por banho, um consumo de 1,875 kWh. Se for adotada a sugestão de se reduzir o tempo de banho para 7 minutos, teremos um consumo de 0,875 kWh por banho, ou seja, uma redução de 46% no consumo de energia elétrica.
- Abertura do registro: Após entrevista com os membros da residência, apenas um morador relatou que fecha o chuveiro no momento que faz o uso de sabonete e xampu. É recomendado que se faça o desligamento do chuveiro nos momentos de utilização do sabonete e xampu, pois durante a utilização dos mesmos, não há a necessidade de utilizar água. Sendo assim, essa quantidade de água é aquecida e não utilizada pelo morador, causando desperdício de energia elétrica e também de água potável.

## 5.3 SUBSTITUIÇÃO DA GELADEIRA

A geladeira é um eletrodoméstico que fica sempre conectada à rede de energia elétrica. A geladeira da residência é de um modelo que apresenta um consumo de 155 W.

Por se tratar de um modelo um pouco antigo, do ano de 2002, a geladeira já não conta com as últimas tecnologias em sistemas de refrigeração e já não apresenta suas melhores características de vedação e isolamento de temperatura.

Ao analisar os gráficos de consumo de potência ativa, podemos tomar por base que a geladeira funciona por 20 minutos e não funciona por outros 20 minutos, temos assim que seu funcionamento diário é de no mínimo de 12 horas (período estimado quando não há abertura das portas da geladeira). Assim, podemos calcular o consumo de energia elétrica, por mês, através da equação (2) apresentada abaixo.

$$\text{Consumo (kWh/mês)} = \text{Potência Ativa (kW)} \times \text{Nº de horas de operação} \times 30 \text{ dias} \quad (2)$$

Para este caso, teremos:

$$\text{Consumo (kWh/mês)} = 0,155 \text{ (kW)} \times 12 \times 30 \text{ dias}$$

$$\text{Consumo} = 55,8 \text{ kWh/mês}$$

Pesquisando nos modelos atuais, foi encontrado que uma nova geladeira, do mesmo fabricante e com a mesma capacidade de armazenagem, hoje em dia consome 46,4 kWh/mês. Isso significa uma redução de 9,4 kWh/mês ou 16,85% no consumo de energia elétrica.

A sugestão da troca de geladeira poderia gerar uma economia de no mínimo 112,8 kWh em um ano.

#### 5.4 UTILIZAÇÃO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Uma tecnologia que vem sendo utilizada cada vez mais é a utilização de painéis fotovoltaicos como alternativa para se reduzir o consumo de energia elétrica da rede. Ao gerar a própria energia, o consumidor deixará de consumir energia da rede elétrica e assim, tornar o abastecimento de energia mais eficiente.

Por se tratar de uma residência em uma área urbana com acesso a rede de energia elétrica pensou-se em utilizar um sistema fotovoltaico do tipo *Grid-Tie*, por ser um sistema mais barato e com maior eficiência por não depender de baterias para seu funcionamento.

Conforme resolução da ANEEL, REN 456/2000 o consumidor fica encarregado de pagar um valor mínimo de conta de energia, sendo esta utilizada ou não. Como na residência em estudo a alimentação é bifásica, a cobrança regulamentada será de 50 kWh.

Tendo em vista que esse será o valor mínimo a ser consumido, para atingirmos o máximo de economia na hora da compra do painel fotovoltaico, o estudo a seguir levará em conta a utilização desse valor. As etapas do projeto e o tempo de retorno dos investimentos serão apresentadas a seguir.

#### **5.4.1 Avaliação do recurso solar**

Quantificar a radiação solar é a primeira fase do projeto. É necessário verificar qual a incidência da radiação solar no município onde a residência se encontra a fim de estabelecer a quantidade de painéis solares para a instalação.

Utilizando o programa *Google Maps*, sistema cartográfico oferecido na internet gratuitamente pela empresa *Google*, foi possível encontrar as coordenadas da residência. A mesma se encontra em 22°48'40.1" Sul de latitude e 45°11'18.8" Oeste de longitude.

Utilizando o programa SunData, fornecido pelo CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito, um centro filiado à CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, podemos então verificar a incidência solar nas proximidades da residência..

Ao entrarmos com os dados no programa, obtivemos a Tabela 4 com os valores de irradiação solar. No programa não consta dados sobre a cidade de Guaratinguetá, porém o próprio programa sugere a utilização de dados de algumas cidades próximas. Nesse caso em específico, fizemos o uso dos dados da cidade de Lorena, município localizado a 11 quilômetros de distância.

Tabela 4 - Irradiação Solar no município de Lorena-SP

<b>Irradiação solar diária média [kWh/m<sup>2</sup>.dia]</b>	
Janeiro	5,35
Fevereiro	5,23
Março	4,65
Abril	4,07
Maio	3,49
Junho	3,02
Julho	3,49
Agosto	3,95
Setembro	3,95
Outubro	4,65
Novembro	5,35
Dezembro	5,12
Média	4,36

Fonte: CRESESB (2015)

De acordo com a Tabela 4, podemos observar que nos meses de janeiro e novembro são meses que apresentam a maior incidência solar, chegando a 5,35 kWh por metro quadrado por dia. Já o mês de junho é o mês que apresenta a menor incidência com apenas 3,02 kWh por metro quadrado por dia.

Para que o sistema seja funcione durante todo o ano, levaremos em conta a incidência solar no mês de junho para os cálculos a serem desenvolvidos.

#### 5.4.2 Cálculo Painel Fotovoltaico

Para calcular o painel fotovoltaico, é preciso um processo iterativo, pois com a escolha do inversor de frequência é possível determinar o rendimento do mesmo e só assim chegarmos a um valor mais preciso. Nesse estudo utilizaremos um rendimento de 95% para o inversor de frequência, pois é um valor típico para produtos dessa linha de aplicação.

O cálculo do painel fotovoltaico parte do valor de incidência solar, podemos calcular qual será a área necessária de painéis solares para gerarmos a demanda da residência.

$$\text{Área (m}^2\text{)} = \frac{\text{consumo diário (kWh)}}{\text{irradiação solar (\frac{kWh}{m}^2\text{)}}}$$

(3) mostra como o cálculo é feito.

$$\text{Área (m}^2\text{)} = \frac{\text{consumo diário (kWh)}}{\text{irradiação solar (\frac{kWh}{m}^2\text{)}}} \quad (3)$$

Adotando um consumo médio de 390 kWh mensal, devemos descontar os 50 kWh a serem pagos conforme legislação vigente e teremos então um consumo de 340 kWh por mês, a ser gerado pelo painel fotovoltaico. Dividindo este valor por 30 obtemos o valor diário de 11,34 kWh a serem gerados.

Substituindo-se os valores de consumo diário e a irradiação solar por 3,02 kWh por metro quadrado por dia na equação (3), teremos um valor de área de 3,76 metros quadrados.

Para o estudo de caso, foi feita a escolha da placa fotovoltaica da empresa *CanadianSolar* com potência máxima de 255 Wp (modelo CSI CS6P-255P). A Tabela 5 apresenta algumas características da placa fotovoltaica.

Tabela 5 - Especificações técnicas da placa fotovoltaica

<b>Especificações Técnicas do Modelo CSI CS6P-255P</b>	
Máxima Potência (Pm):	255 Watts
Tolerância:	0 / +5 Watts
Voltagem de Máxima Potência (Vm):	30,2 Volts
Corrente de Máxima Potência (Im):	8,43 Amps
Voltagem de Circuito Aberto (Voc):	37,4 Volts
Corrente de Curto-Círculo (Isc):	9,0 Amps
Eficiência do Painel:	15,85%
Coeficiente de Temperatura da Potência (Pm):	-0,43 %/°C
Temperatura Nominal de Operação de Célula (TNOC/NOCT):	45±2°C
Dimensões (mm)	1638 x 982 x 40
Peso (kg)	18

Fonte: CanadiaSolar (2015)

O valor da área acima só seria considerado caso as placas fotovoltaicas apresentassem 100 % de rendimento. A placa fotovoltaica em estudo apresenta uma eficiência de 15,85%. Logo, para calcular o valor da área a ser considerada para atingir os 11,33 kWh diários deve-se dividir a área por 15,85% e também levar em consideração o rendimento do inversor de frequência que é de 95%. O valor de área do painel solar, já considerando a eficiência da placa e do inversor, deverá ser de aproximadamente 25,02 metros quadrados.

Cada placa possui uma área de 1,61 metros quadrados. Para atingirmos então a área necessária seriam utilizadas 15,55 placas, adotando-se então 16 placas para a composição do painel fotovoltaico.

O painel, com as 16 placas fotovoltaicas, será capaz de gerar no total uma potência de 4.080 Wp. O conjunto de placas será capaz de fornecer, a potência média mensal, conforme a Tabela 6, mostrada abaixo.

Tabela 6 - Potência gerada pelo painel fotovoltaico

<b>Potência Média [kWh]</b>	
Janeiro	654,84
Fevereiro	640,15
Março	569,16
Abril	498,17
Maio	427,18
Junho	369,65
Julho	427,18

<b>Potência Média [kWh]</b>	
Agosto	483,48
Setembro	483,48
Outubro	569,16
Novembro	654,84
Dezembro	626,69
Média Anual	533,66

Fonte: Autor

#### 5.4.3 Escolha do Inversor de Frequência

Com as características elétricas do painel fotovoltaico, o próximo passo será a escolha do inversor de frequência. A potência do inversor de frequência deve ser maior ou igual a potência do sistema de painéis fotovoltaicos. Recomenda-se a escolha de inversores que possuem alta eficiência em todas as suas faixas de operação, pois desta maneira evitara perdas no sistema, mesmo quando esse apresentar baixo consumo de potência ou baixa irradiação solar.

Para o estudo de caso, optou-se pelo inversor de frequência da marca austríaca *Fronius*, com o modelo Primo 4.0-1. Esse é um inversor de frequência especialmente projetado para operações com painéis fotovoltaicos.

As principais características do inversor são mostradas na Tabela 7.

Tabela 7 - Principais características do inversor de frequência

<b>Fronius Primo 4.0-1</b>	
<b>INPUT DATA</b>	
Max. input current	12.0 A
Max. array short circuit	18.0 A
Min. input voltage	80 V
Nominal input voltage ( $V_{dc}$ )	710 V
<b>OUTPUT DATA</b>	
AC nominal output ( $P_{ac,r}$ )	4,000 W
Max. output current ( $I_{ac\ max}$ )	17.4 A
Frequency (frequency range)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)
Total harmonic distortion	< 5 %

Power factor ( $\cos \varphi_{ac,r}$ )	0.85 - 1 ind. / cap.
<b>Fronius Primo 4.0-1</b>	
<b>GENERAL DATA</b>	
Dimensions (height x width x depth)	645 x 431 x 204 mm
Weight	21.5 kg
Night time consumption	< 1 W
Inverter design	Transformerless
Cooling	Regulated air cooling
Certificates and compliance with standards	DIN V VDE 0126-1-1/A1, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 4777-2, AS 4777- 3, G83/2, G59/3, CEI 0-21
<b>EFFICIENCY</b>	
Max. efficiency	98.0 %
European efficiency ( $\eta_{EU}$ )	97.0 %

Fonte: Fronius (2015)

#### 5.4.4 Investimento

O valor total a ser investido no sistema de painel fotovoltaico é mostrado na Tabela 8. Os valores são aproximados, pois os principais equipamentos do sistema são importados e estão sujeitos a variação cambial. Utilizou-se o site de venda de painéis solares [www.neosolar.com.br](http://www.neosolar.com.br) para a realização do orçamento.

Tabela 8 - Investimento para aquisição do sistema fotovoltaico

Descrição	Preço Unitário	Quantidade	Preço Final
Placas fotovoltaicas Canadian CSI CS6P-255P	R\$ 1.016,64	16	R\$ 16.266,24
Inversor FRONIUS modelo Primo 4.0-1	R\$ 10.550,40	1	R\$ 10.550,40

<b>Descrição</b>	<b>Preço Unitário</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço Final</b>
Kit de montagem Thesan para telhados 4 painéis	R\$ 1.141,44	4	R\$ 4.565,76
Jogo de união para perfis Thesan	R\$ 51,74	3	R\$ 155,22
Quadro elétrico de proteção	R\$ 1.247,04	1	R\$ 1.247,04
Corrente Contínua			
80m de Cabo Solar Prysmian preto 4 mm	R\$ 6,71	80	R\$ 536,80
Par de conectores MC4	R\$ 95,04	4	R\$ 380,16
Instalação + Frete <sup>4</sup>	R\$ 9.000,00	1	R\$ 9.000,00
<b>TOTAL</b>			<b>R\$ 42.701,62</b>

Fonte: Neosolar (2015)

#### 5.4.5 Tempo de Retorno de Investimento

O tempo de retorno de investimento é o tempo em que o capital investido começará a gerar lucro para seu investidor. Aqui nesse caso, será calculado o tempo para que o investimento no painel fotovoltaico seja amortizado e passe a gerar créditos junto à companhia de energia.

Como premissas para a análise do retorno de investimento, temos o seguinte:

- Após a instalação do painel, a fatura de energia a ser paga será de apenas 50 kWh, pois é o valor referente ao consumo mínimo, conforme legislação.
- O consumo mensal de energia elétrica da residência em estudo foi considerado como 390 kWh, conforme medições realizadas. Não foi previsto alteração no consumo.
- Consideramos uma previsão de inflação de 6% ao ano. Valor esse que será acrescentado a tarifa de energia elétrica paga mensalmente.
- Para o cálculo do valor da energia elétrica, considerou-se como taxa para os impostos PIS / PASEP e CONFINS a média do ano de 2014 que é de 4,97%.

---

<sup>4</sup> Os preços de instalação e frete foram estimados, pois não foi possível obter os valores diretamente através do site do fornecedor.

Tomando-se como base que uma fatura de energia elétrica atual cujo consumo mínimo de 50 kWh custa R\$ 45,43 e uma de 390 kWh custa R\$ 314,60, apresentamos na Tabela 9 a projeção referente ao retorno de investimento do painel fotovoltaico para os próximos 20 anos (tempo médio de vida útil do painel fotovoltaico).

Tabela 9 - Cálculo do Retorno do Investimento no painel fotovoltaico

Ano	Investimento Inicial			R\$ 42.701,62
	Custo da Energia Elétrica Mensal para 50 kWh (R\$)	Custo da Energia Elétrica Mensal para 390 kWh (R\$)	Custo da Energia Elétrica Anual referência para cálculo do retorno de investimento <sup>5</sup> (R\$)	
1	45,43	314,60	3229,94	39471,68
2	48,16	333,47	3423,74	36047,94
3	51,05	353,48	3629,16	32418,78
4	54,11	374,69	3846,91	28571,86
5	57,36	397,17	4077,73	24494,13
6	60,80	421,00	4322,39	20171,74
7	64,45	446,26	4581,74	15590,01
8	68,32	473,04	4856,64	10733,37
9	72,42	501,42	5148,04	5585,33
10	76,76	531,50	5456,92	128,41
11	81,37	563,39	5784,33	-5655,92
12	86,25	597,20	6131,40	-11787,32
13	91,42	633,03	6499,28	-18286,60
14	96,91	671,01	6889,24	-25175,83
15	102,72	711,27	7302,59	-32478,42
16	108,89	753,95	7740,75	-40219,17
17	115,42	799,18	8205,19	-48424,36
18	122,34	847,14	8697,50	-57121,86
19	129,68	897,96	9219,35	-66341,21
20	137,47	951,84	9772,51	-76113,72

Fonte: Autor

Observando a Tabela 9 vemos que a partir do décimo primeiro ano o painel fotovoltaico já tem seu investimento abatido.

<sup>5</sup> Valor calculado subtraindo-se o valor da coluna “Custo da Energia Elétrica Mensal para 390 kWh” da coluna “Custo da Energia Elétrica Mensal para 50 kWh” e multiplicado por 12 para representar o valor anual.



## 6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento desse estudo mostrou que há diferentes tecnologias para a construção de painéis fotovoltaicos; no entanto as tecnologias de silício policristalino, monocristalino e amorfo foram as escolhidas devido a sua maior utilização nos painéis fotovoltaicos comerciais.

Atualmente essas tecnologias são utilizadas no Brasil, porém em pequena escala. Por ser uma energia renovável e inesgotável, investimentos nessa área trarão muitos benefícios para o planeta com a redução da emissão de gás carbônico proveniente da geração de energia elétrica de usinas térmicas que queima combustíveis fósseis.

A metodologia utilizada para a obtenção dos dados medidos na residência pode ser aplicada a qualquer outra residência ou imóveis comerciais e industriais, visto que ela mostrou ser muito simples, de rápida configuração e confiável, devido ao tipo de medidor utilizado.

Analizando os gráficos provenientes das medidas realizadas foi possível obter o perfil de gasto energético da residência que mostrou o uso inadequado dos chuveiros devido aos longos banhos dos residentes. Outro ponto importante observado foi quanto ao consumo da geladeira. Por ser um equipamento que já possui alguns anos, ele possui um gasto de energia elevado quando comparado aos equipamentos contemporâneos.

Com o estudo realizado, fica claro que é possível reduzir o consumo energético da residência com a mudança de simples hábitos, como a redução do tempo dos banhos, a troca da tecnologia da iluminação e a troca da geladeira mencionada anteriormente. Com um investimento mais elaborado é possível ainda zerar os custos com o consumo de energia elétrica através da instalação de um painel fotovoltaico após onze anos de instalado.

Como esse estudo restringiu-se somente a análise referente a instalação de sistemas fotovoltaicos, ainda existe a possibilidade de continuar o estudo abrangendo outras tecnologias de energias renováveis, como por exemplo a utilização de energia eólica que dependeria da região a ser implantada.

## REFERÊNCIAS

ACCUWEATHER (Comp.). **Diagrama de Clima de Guaratinguetá.** Disponível em: <<http://www.accuweather.com/pt/br/guaratingueta/36341/july-weather/36341?monyr=7/1/2015&view=table>>. Acesso em: 09 out. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Normativa Nº 482.** Brasília. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Normativa Nº 517.** Brasília. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012517.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2015.

ANEEL (Org.). **BIG - Banco de Informações de Geração.** Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 07 out. 2015.

BRAGA, Renata Pereira. **Energia Solar Fotovoltaica:** fundamentos e aplicações. 2008. 80 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10001103.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2015.

FLUKE (Ed.). **Manual de Utilização:** fluke 435 series ii power quality and energy analyzer. Disponível em: <<http://en-us.fluke.com/products/power-quality-analyzers/fluke-435-ii-power-quality.html>>. Acesso em: 09 out. 2015.

LABSOLAR. **Condicionamento da Energia Solar Fotovoltaica para Sistemas Interligados à Rede Elétrica.** Juiz de Fora, 2015. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/labsolar>>. Acesso em: 26 out. 2015.

MCDANIELS, David K.. **The sun:** our future energy source. New York: John Wiley & Sons, 1979.

NÚCLEO DE TECNOLOGIA EM ENERGIA SOLAR. **Energia solar fotovoltaica.** Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2015. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/cbsolar/energia.php>>. Acesso em: 09 nov. 2015.

PROCEL. **Avaliação do mercado de eficiência energética do Brasil.** Disponível em:  
<<http://www.procelinfo.com.br/services/DocumentManagement/FileDownload.EZTSvc.asp?DocumentID={2FC65B57-33B1-47F7-AB3A-E44B1A18DF5D}&ServiceInstUID;={5E202C83-F05D-4280-9004-3D59B20BEA4F}>>. Acesso em: 26 out. 2015.

REAL-WATT (Org.). **Energia Fotovoltaica.** Disponível em: <<http://real-watt.com.br>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

SANTOS, Ísis Portolan dos. **Integração de painéis solares fotovoltaicos em edificações residenciais e sua contribuição em um alimentador de energia de zona urbana mista.** 2009. 126 f. Monografia (Especialização em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. Disponível em: <[http://fotovoltaica.ufsc.br/Dissertacoes/Dissertação\\_final-Isis.pdf](http://fotovoltaica.ufsc.br/Dissertacoes/Dissertação_final-Isis.pdf)>. Acesso em: 26 out. 2015.

SENRA, Renato. **Energia Elétrica:** medição, qualidade e eficiência. São Paulo: Editora Baraúna, 2013.

LABORATÓRIO DE ENERGIA SOLAR - LABSOL. **Energia Solar.** Porto Alegre, 2015 Disponível em: <<http://www.solar.ufrgs.br>>. Acesso em: 26 out. 2015.