

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ  
ESCOLA POLITÉCNICA  
CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO**

**JOÃO CARLOS CAZELLA FOGAÇA  
ORLEY S. DOS SANTOS**

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO INTEGRADOR  
GESTÃO E MONITORAMENTO DE ENERGIA PARA CONDOMÍNIOS**

**CURITIBA  
2014**

**JOÃO CARLOS CAZELLA FOGAÇA**  
**ORLEY S. DOS SANTOS**

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO INTEGRADOR**  
**GESTÃO E MONITORAMENTO DE ENERGIA PARA CONDOMÍNIOS**

Relatório de Projeto apresentado ao Curso de Engenharia de Computação da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito parcial para a disciplina de Resolução de Problemas em Engenharia II.

Orientador: Prof. MSc Afonso Ferreira Miguel

**CURITIBA**  
**2014**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente aos professores e colegas que de alguma forma, nos auxiliaram durante o desenvolvimento deste projeto.

Agradecemos especiais ao professor e orientador MSc Afonso Ferreira Miguel, que durante todo o semestre se mostrou sempre disposto a nos ajudar e a dar sugestões para o bom desenvolvimento do projeto.

Agradecemos também a Pontifícia Universidade Católica do Paraná e seus administradores, por ceder o espaço e os equipamentos necessários ao projeto e também por todas as contribuições que nos foram dadas.

## RESUMO

A geração de energia elétrica sustentável é um grande desafio a ser enfrentado nos próximos séculos, pensando desta maneira o projeto foi criado baseando-se na produção de energia residencial utilizando painéis fotovoltaicos. Desta maneira criou-se um sistema de produção, armazenamento e gestão de energia solar, a qual pode ser utilizada para suprir a demanda de uma residência durante certos horários. Pensando em um futuro próximo, onde a energia sofrerá um aumento em seu preço durante certas horas do dia, o usuário poderá gerar energia sem custos, utilizando um sistema solar, e armazenar essa energia em uma bateria para posteriormente utiliza-la em horários específicos, possuindo assim uma grande diminuição no preço total de sua fatura mensal de energia. Os resultados da utilização de um sistema deste tipo, podem ser claramente visualizados em simulações e projeções realizadas no decorrer do projeto, os benefícios gerados são apresentados de forma a não deixar dúvidas quanto as vantagens que são obtidas.

**Palavras-chave:** Produção de Energia. Painéis Fotovoltaicos. Sistema Solar.

## **ABSTRACT**

The generation of sustainable energy is a big challenge to be faced in the next centuries, thinking this way, this project was created based on the production of residential energy using photovoltaic panels. Using a system of production, storage and management of solar energy, which can be used to meet the demand of a residence during certain hours. Thinking about a near future, where the price of the energy will be increased during certain hours of the day, the user can generate energy without costs, by using a solar system, and store this energy in a battery for later use at specific times, thus having a large decrease in the total price of monthly energy bill. The results of using such a system can be clearly visualized in simulations and projections made during the project, the benefits generated are presented in order to leave no doubt about the advantages that are obtained.

**Key-words:** Energy Production. Photovoltaic Panels. Solar System.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Sistema Solar Residencial .....	11
Figura 2. Bairro Solar – Schlierberg, Alemanha .....	12
Figura 3. Evolução da Energia Eólica .....	13
Figura 4. Evolução da Energia Solar .....	13
Figura 5. Painéis Fotovoltáicos .....	17
Figura 6. Bateria de LI-ION .....	17
Figura 7. Módulo de Controle .....	18
Figura 8 Diagrama de Controle .....	19
Figura 9. Horário de Interesse .....	19
Figura 10. Representação do Ponto crítico para diferentes dias.....	20
Figura 11. Criação de um novo ponto crítico.....	21
Figura 12. Relação da Carga Mínima Necessária.....	21
Figura 13. Demonstração do carregamento da bateria quando conectado às placas solares e posteriormente à bateria. ....	22
Figura 14. Relação Custos Horário Convencional X Horário de Pico.....	23
Figura 15. Gastos referentes à um dia da semana. ....	23
Figura 16. Relação de tempo de carga. ....	24

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Gastos Diários em uma semana. ....	15
Tabela 2. Rede Elétrica Convencional X Sistema Fotovoltáico.....	24
Tabela 3. Geração Placas Fotovoltáicas.....	24
Tabela 4. Tempo de Carga da Bagteria .....	25
Tabela 6. Componentes elétricos adquiridos .....	26
Tabela 7. Componentes mecânicos adquiridos.....	27

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
PUCPR	Pontifícia Universidade Católica do Paraná
IDEAL	Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas para a América Latina
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
PIS	Programa de Integração Social
COFINS	Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CEEE	Companhia Estadual de Energia Elétrica



## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1</b>	<b>HISTÓRICO DO PROJETO .....</b>	<b>9</b>
<b>1.2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>9</b>
<b>1.2.1</b>	<b>Objetivo Geral .....</b>	<b>9</b>
<b>1.2.2</b>	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>10</b>
<b>2.</b>	<b>ESTADO DA ARTE .....</b>	<b>10</b>
<b>3.</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
<b>1.3</b>	<b>VANTAGENS DA ENERGIA SOLAR .....</b>	<b>14</b>
<b>1.3.1</b>	<b>Título da seção terciária.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>1.3.1.1</b>	<b>Título da seção quaternária .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>4.</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>14</b>
<b>5.</b>	<b>O PROJETO .....</b>	<b>15</b>
<b>5.1</b>	<b>SIMULAÇÃO PARA UMA APLICAÇÃO REAL.....</b>	<b>15</b>
<b>5.2</b>	<b>MONTAGEM DO PROTÓTIPO .....</b>	<b>16</b>
<b>5.2.1.1</b>	<b>Módulo de Produção e Armazenamento de Energia .....</b>	<b>16</b>
<b>5.2.1.2</b>	<b>Módulo de Controle .....</b>	<b>17</b>
<b>5.2.2</b>	<b>– Software de Controle.....</b>	<b>18</b>
<b>5.2.3</b>	<b>OPERAÇÃO DO SISTEMA.....</b>	<b>19</b>
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>22</b>
<b>6.1</b>	<b>SIMULAÇÕES APLICAÇÃO REAL.....</b>	<b>22</b>
<b>6.2</b>	<b>TESTES SISTEMA DE GERAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ENERGIA.....</b>	<b>24</b>
<b>6.3</b>	<b>TESTE DO SOFTWARE .....</b>	<b>25</b>
<b>7.</b>	<b>IMPACTO AMBIENTAL.....</b>	<b>26</b>
<b>8.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>28</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>29</b>
	<b>ANEXO A – CÓDIGO CONTROLE .....</b>	<b>30</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

A utilização de fontes de energias renováveis vem se popularizando a cada dia, muitos especialistas afirmam que tais energias podem trazer impactos significativos no futuro. A geração de energia residencial pode trazer grandes benefícios não apenas para os moradores de uma região mas também para o planeta.

Energia solar e mais recentemente a energia eólica, são os principais métodos utilizados na produção de energia em residências. Apesar de os custos ainda serem elevados, um grande avanço já foi alcançado em relação ao custo/benefício para uso de tais tecnologias, o que vem atraindo um grande número de clientes em potencial.

Além de contribuir significativamente para a preservação dos recursos naturais, a produção de energia nas residências também trazem compensações financeiras, na redução dos gastos com energias e ainda, em alguns casos, sendo possível vender o excesso de energia produzido. Sistema inteligentes também efetuam um papel importante na redução dos gastos energéticos, podendo ser utilizada inteligência artificial para que o programa faça um estudo e acompanhe a rotina e os hábitos dos usuários.

### **1.1 HISTÓRICO DO PROJETO**

Ao assistir um documentário sobre energia solar, o qual descrevia o potencial de como essa energia pode ser aproveitada. E também baseando-se implementação de uma idéia utilizada em um condomínio fechado em Cascavel-PR, onde pequenas placas fotovoltaicas são utilizadas por postes de energia no entorno da estrada de acesso, as quais recolhem e armazenam pequenas quantidades de energia durante o período do dia e no período da noite a energia é utilizada em forma de iluminação.

### **1.2 OBJETIVOS**

#### **1.2.1 Objetivo Geral**

Desenvolver um sistema de geração e controle de energia solar residencial, integrado com o uso da energia proveniente da rede elétrica convencional.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Implementar um sistema de microgeração de energia solar utilizando painéis fotovoltaicos;
- Desenvolver um sistema de armazenamento de energia (Carregador conectado à bateria);
- Construir um sistema para controle da distribuição de energia proveniente de 2 fontes de geração diferentes;
- Desenvolvimento de um software para controle e monitoramento das ações, e também, geração de dados para futuras implementações de otimização de desempenho;

## **2. ESTADO DA ARTE**

Comparado à países mais desenvolvidos, o Brasil ainda está engatinhando quando o assunto é geração residencial de energia([www.solarenergy.com.br/solar](http://www.solarenergy.com.br/solar)). Porém, a microgeração de energia vem aderindo cada vez mais adeptos, algumas empresas já disponibilizam pacotes completos para os interessados em produzir energia solar e eólica residencial.

Uma representação típica de um sistema solar fotovoltaico pode ser observada na Figura 1.

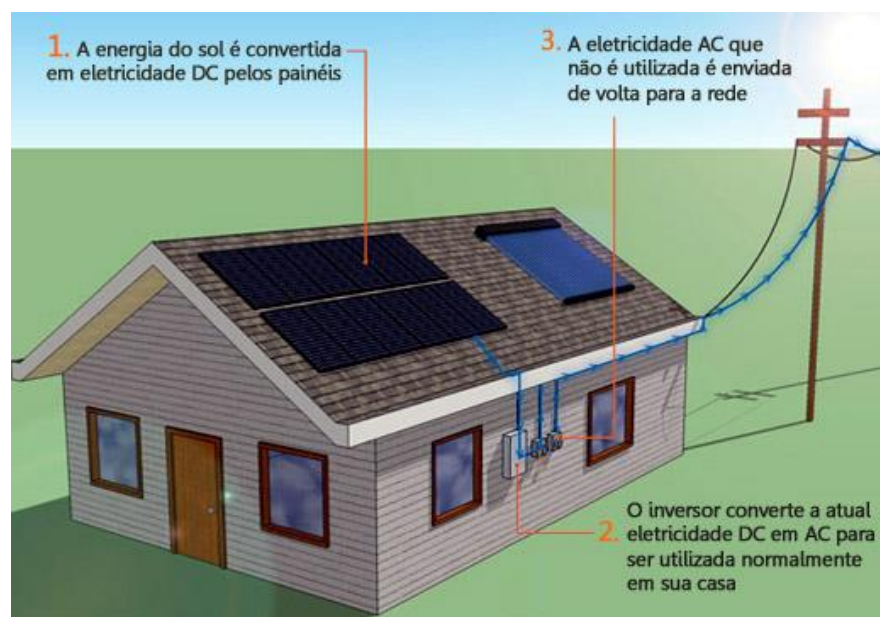


Figura 1. Sistema Solar Residencial(disponível em: <httpswww.energiapura.comcontentsistema-solar-fotovoltaico-grid-tie-7-kw>)

De acordo com o website do instituto NeoSolar Energia, o funcionamento de um sistema de produção solar residencial funciona da seguinte forma(<http://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>):

- O consumidor realiza a compra dos equipamentos necessários;
- A concessionária local disponibiliza um medidor digital;
- Após a instalação do medidor, a energia gerada passa a ser absorvida pela rede elétrica em um sistema de compensação;
- Quando receber a conta da concessionária, a mesma irá indicar o quanto da energia solar foi utilizada pela residência e o quanto foi proveniente da fonte de energia convencional(disponibilizada pela concessionária).

No ano de 2012(colocada em prática em março de 2014) a Agência Nacional de Energia Elétrica(Aneel,[www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)) autorizou a geração de energia doméstica e implementou o Sistema de Compensação de Energia, que permite que os consumidores a trocar energia com as concessionárias locais. Apesar dos esforços e do apoio do governo, uma pesquisa realizada pela própria Aneel, mostrou que atualmente existem apenas 38 usuários em nove estados brasileiros que estão gerando e vendendo sua própria energia. Números insignificantes se comparados com países como Alemanha e Japão, os quais possuem milhares de adeptos.

A Alemanha é a líder de mercado no quesito geração de energia doméstica, contando com mais de 1,5 milhão de usuários, e em períodos de pico estes usuários fornecem mais de 50% da energia consumida em todo país, segundo notícia publicada no site do Economia IG. Além disso, o país também conta com outras iniciativas exemplares de produção de energia, como o Bairro Solar (Figura 2. Bairro Solar), localizado na cidade de Schlierberg. As casas contam com painéis fotovoltaicos, sistema de aquecimento solar e luminosidade natural, com isso a energia produzida é quatro vezes maior que a consumida por seus moradores.



Figura 2. Bairro Solar – Schlierberg, Alemanha (disponível em: <http://peco4planet.com/blog/2013/11/bairro-solar-na-alemanha-produz-quatro-vezes-mais-energia-que-consome>)

A microgeração de energia por residência e condomínios ainda divide a opinião de muitos especialistas, porém a grande maioria começa a aceitar que essa idéia é uma das soluções para um futuro sustentável.

Gráficos disponibilizados pelo Grupo New Energy mostram a evolução da produção de energia eólica (1996-2011) e solar (1996-2010), e podem ser observados nas figuras: 3. Evolução da Energia Eólica e 4. Evolução da Energia Solar.

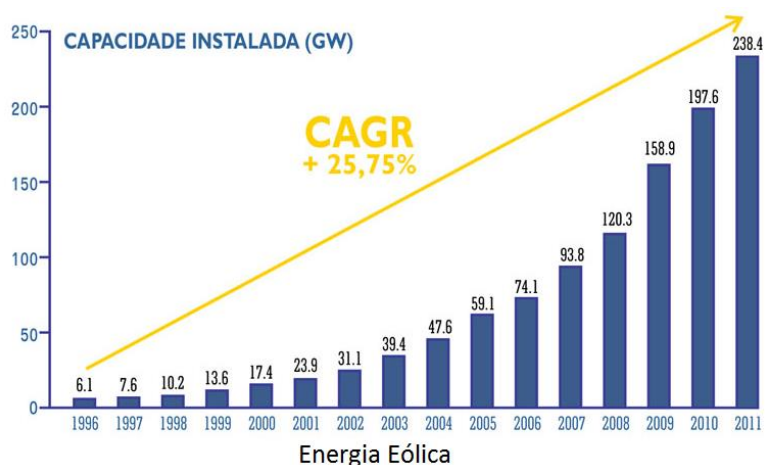
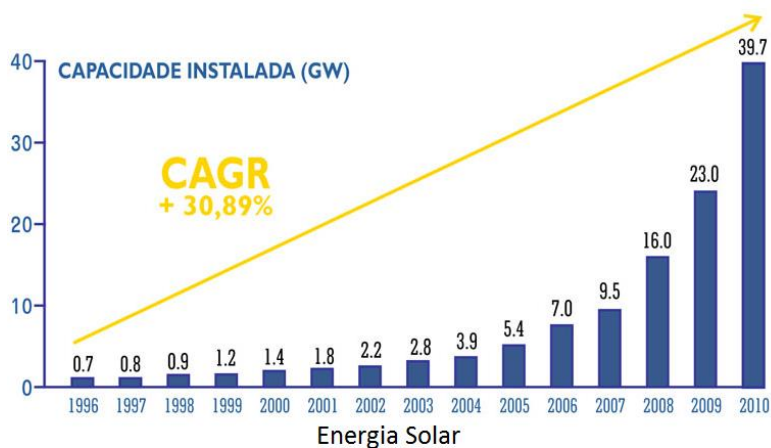


Figura 3. Evolução da Energia Eólica



CAGR - Média de Crescimento anual

Figura 4. Evolução da Energia Solar

Energia solar e eólica são as mais comumente utilizadas, porém além delas já existem outros tipos de geração renováveis sendo testadas e que muito provável, em um futuro próximo, estaremos utilizando em nossas residências.

Várias empresas oferecem sistemas solares para geração de energia residencial, os valores dos equipamentos variam de acordo com a necessidade de cada um.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

De acordo com o site Mundo Educação([www.mundoeducacao.com](http://www.mundoeducacao.com)) “ As energias renováveis que não causam poluição, são chamadas energias limpas, e dentre elas está a energia solar”.

#### **1.3 VANTAGENS DA ENERGIA SOLAR**

De acordo Rocha (2013,), “Recebemos do sol uma quantidade 10 vez maior que a necessária para suprir toda a população mundial.” Se essa energia fosse aproveitada da maneira correta, a geração de energia seria suprida e os impactos ambientais seriam mínimos.

##### **1.3.1 Equipamentos para o Sistema de Geração de Energia Solar**

Os sistemas solares abordados neste trabalho tiveram por base os modelos fornecidos pelas empresas ELCO([www.elco.com.br](http://www.elco.com.br)) e Solar Energy Brasil([www.solarenergy.com.br](http://www.solarenergy.com.br)), as quais disponibilizaram maiores informações e se prontificaram a encaminhar orçamentos por base em dados gerados nas simulações. Maiores detalhes sobre seus equipamentos podem ser encontradas nos sites das respectivas empresas.

### **4. METODOLOGIA**

Para a realização do projeto foi desenvolvido um protótipo o qual conta com pequenas placas fotovoltaicas para a geração de energia solar, lâmpadas e equipamentos eletrônicos de baixo consumo serão utilizados para representação do consumo elétrico de uma residência. Também foi necessário a utilização de um medidor eletrônico(simulado em software) para monitorar a quantidade de energia produzida pelo sistema solar e compará-la a quantidade que seria necessária para suprir uma residência. Um software de controle também foi necessário para o acompanhamento dos testes.

Simulações mostram os benefícios que gerados em uma aplicação real à um condomínio. Gráficos e tabelas relacionando os investimentos necessários e os benefícios que o projeto traria, mostram a relação custo/benefício da implementação do mesmo.

Para a instalação de sistemas devem ser observadas as seguintes normas técnicas:

- ABNT NBR 10899:2013, Energia Solar Fotovoltáica – Terminologia;
- Normas necessárias para a aplicação da ABNT NBR 10899:2013:
- ABNT NBR 5456:2010;
  - IEC 60904-3 Ed. 2.0.b;

## 5. O PROJETO

O projeto foi desenvolvido inicialmente baseando-se em uma aplicação real, para isso utilizou-se o simulador solar desenvolvido pelo IDEAL(Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas para a América Latina). Em seguida foram desenvolvidos os módulos de Armazenamento, Controle e Gerção de energia. Ao final foram testados todos os módulos em conjunto.

### 5.1 SIMULAÇÃO PARA UMA APLICAÇÃO REAL

Para se estimar o consumo médio próximo do real em uma residência, foi utilizado um simulador do grupo CEEE-RS, o qual pode ser encontrado online no site do grupo, por base nas informações geradas foi montada a Tabela 1. Gastos diários em uma semana.

*Obs: Preço com impostos ICMS e PIS/COFINS(Resolução ANEEL Nº 1.763, de 22 de julho de 2014)*

Tabela 1. Gastos Diários em uma semana.

Dia da semana	Domingo	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado
Consumo Hora Normal	30.91	8.25	6.73	7.1	6.8	9.03	9.4
Custo Hora Normal	R\$ 14.87	R\$ 3.97	R\$ 3.24	R\$ 3.42	R\$ 3.27	R\$ 4.35	R\$ 4.52
Consumo Horário de Pico	*/*	3.78	4.7	3.11	2.89	5.3	4.5
Custo Horário de Pico	*/*	R\$ 6.37	R\$ 7.92	R\$ 5.23	R\$ 4.87	R\$ 8.93	R\$ 7.58
Consumo Total	30.91	12.03	11.43	10.21	9.69	14.33	13.90
Custo Total	R\$ 14.87	R\$ 10.34	R\$ 11.16	R\$ 8.65	R\$ 8.14	R\$ 13.28	R\$ 12.10



Em seguida os dados foram utilizados para simular o sistema necessário para suprir a demanda mensal do usuário, para isto foi utilizado o simulador do grupo IDEAL.

O simulador do grupo IDEAL baseia-se na localização do usuário, desta maneira pode-se ter uma ideia da incidência de luz solar e estimar o potencial de produção de energia, assim como determinar a quantidade necessária de energia para suprir o consumo atual, para o sistema em estudo foram utilizadas as seguintes informações:

- Endereço do proprietário do sistema: Rua Comendador Fontana 29, Centro Cívico – Curitiba – PR;
- Rede de Distribuição: Copel Distribuição SA;
- Consumo Médio 299.00kWh;

### **Sistema Fotovoltáico Necessário**

Capacidade (Potência) 2,1kWP;

Área ocupada pelo sistema 14 à 18 metros quadrados;

Inclinação aproximada dos módulos 26° ;

Radiação sobre os módulos 29,650 kWh;

Emissões de CO2 evitadas 737 kg/a;

Após gerados os resultados da simulação foram enviados a duas empresas da região, ELCO e Solarbras, as quais estimaram que o sistema em questão custaria em torno de R\$21.599,04 e R\$16.800,00 respectivamente.

*Obs: Os sistemas oferecidos por cada empresa possuem diferenças de tamanhos e capacidade de geração, além dos materiais utilizados por cada uma.*

## **5.2 MONTAGEM DO PROTÓTIPO**

### **5.2.1.1 Módulo de Produção e Armazenamento de Energia**

Para a geração de energia foram utilizadas duas placas solares ligadas em série, 5V, 140mAh Figura 5.

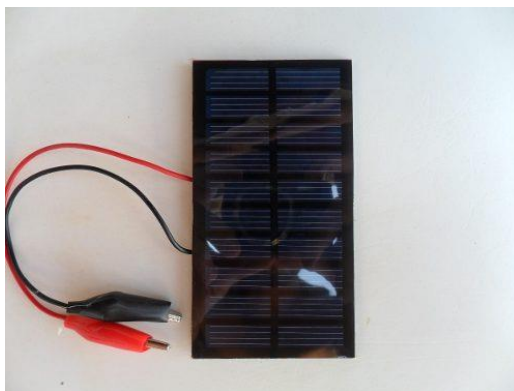


Figura 5. Painéis Fotovoltáicos

O módulo de armazenamento foi formado por uma bateria de LI-ION de 3.6V-800mAh Figura 6. e um carregador fazendo a conexão entre os painéis solares e a bateria, o carregador foi desenvolvido para aplicações de baixa produção e baseou-se no Circuito Itegrado LM3622.



Figura 6. Bateria de LI-ION

#### 5.2.1.2 Módulo de Controle

O sistema para controle foi desenvolvido para gerenciar a abertura e fechamento das chaves que direcionam a energia proveniente da rede elétrica convencional e a energia que está armazenada na bateria. A figura 6 mostra a representação do módulo em questão.

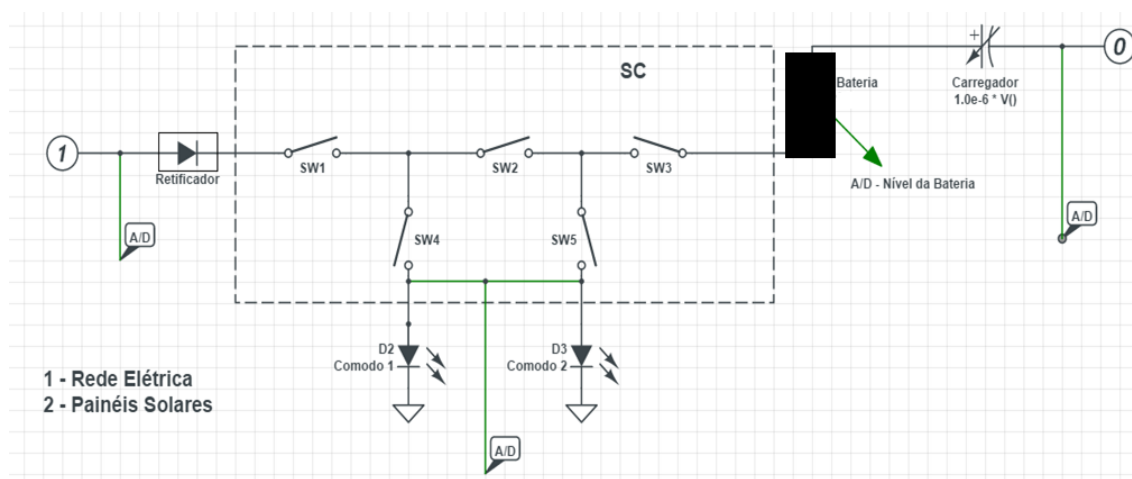


Figura 7. Módulo de Controle

### 5.2.3 Funcionamento

Chave SW1 – Controla a alimentação da rede elétrica convencional.

Chave SW3 – Controla a alimentação da energia proveniente da bateria.

Chaves SW4 e SW5 – Controlam o acionamento da energia nos cômodos 1 e 2 respectivamente.

Chave SW2 – Controla se os cômodos recebem energia somente da rede elétrica convencional, somente da energia da bateria ou se parcialmente de cada uma das fontes.

### 5.2.2 – Software de Controle

O software de controle para o sistema pode ser encontrado no Anexo I, seu diagrama de funcionamento pode ser visto na Figura 8.

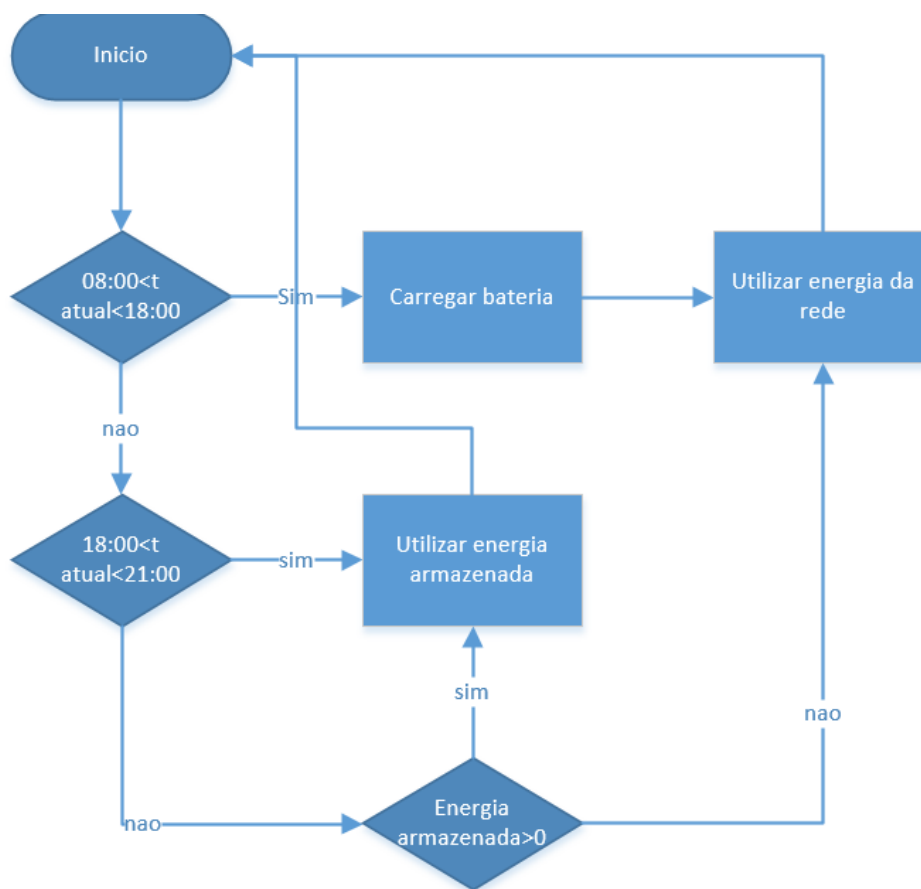


Figura 8 Diagrama de Controle

### 5.2.3 OPERAÇÃO DO SISTEMA

A operação do sistema varia de acordo com o horário em questão, a figura 7 mostra os horários de interesse.

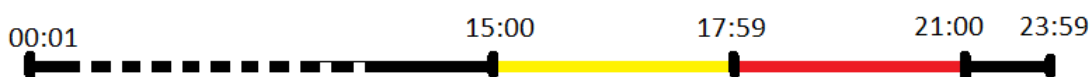


Figura 9. Horário de Interesse

O período das 15:00 às 17:59 horas é considerado como horário crítico, o período entre as 18:00 e as 21:00 horas é chamado horário de pico, os demais horários são convencionais e não representam grande impacto ao sistema.

O sistema fará medições a cada 20 minutos durante os horários convencionais.  
21:00 – 15:00

- Caso a bateria esteja com carga de 100%, o excedente produzido será destinado à rede elétrica convencional, caso contrário permanecerá sendo enviado a bateria.

O horário entre 15:00 e 21:00 é considerado crítico, sendo as 3 primeiras horas responsáveis por suprir a carga necessária para que a bateria atinga os níveis necessários para abastecimento da casa durante o horário de pico(18:00 – 21:00).

Durante o período das 15:00 as 17:59, o sistema realizará medidas na bateria a cada 5 minutos, estes resultados serão comparados com o mínimo de carga aceitável para o dia e horário, caso seja menor, o sistema será automaticamente ligado à bateria.

*Obs: não é necessário que o sistema atinga 100% de carga real todos os dias, a quantidade de carga necessária possui variação a cada dia, portanto será considerado 100% da carga estimada para o consumo do dia.*

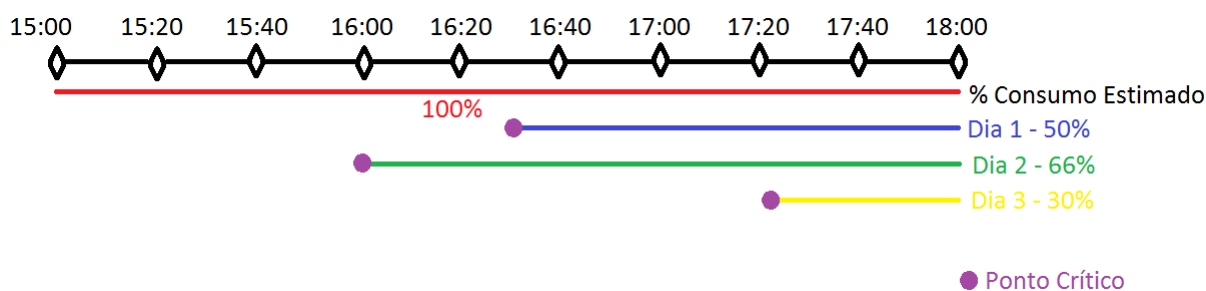


Figura 10. Representação do Ponto crítico para diferentes dias

A principal leitura ocorre no ponto crítico de cada dia, o resultado será comparado com o valor estimado necessário para o dia, caso seja inferior o sistema será ligado à rede elétrica até que o valor mínimo seja atingido.

Para cada dia um adicional de 5% da carga total é acrescentado ao ponto crítico.

Sempre que a medição acontecer em um ponto crítico, um novo ponto crítico para uma nova leitura será criado, como no exemplo abaixo, onde para o Dia 1 a carga necessária estimada é de 50% para o horário de pico, no momento da leitura no ponto 1 a bateria já estava com 20% da carga total(40% da carga estimada) portanto o novo ponto crítico foi criado.

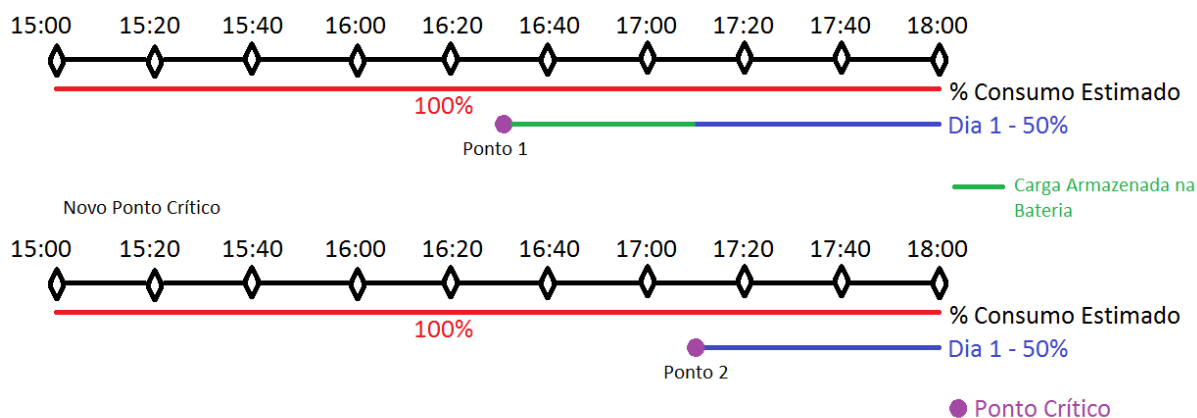


Figura 11. Criação de um novo ponto crítico

O sistema realizará as medições nos pontos críticos, caso a bateria não tenha atingido o valor necessário e não haja mais produção de energia solar, então o sistema será automaticamente ligado à rede elétrica. Porém se ainda existir produção de energia solar o sistema criará um novo ponto crítico (Figura 9), este processo será repetido até que a carga da bateria esteja completa ou até o término do horário convencional.

As figuras 10 e 11 mostram respectivamente um comparativo entre dias em que a bateria é totalmente carregada pela energia solar, e dias em que se faz necessário o uso da energia convencional para completar a carga mínima necessária.

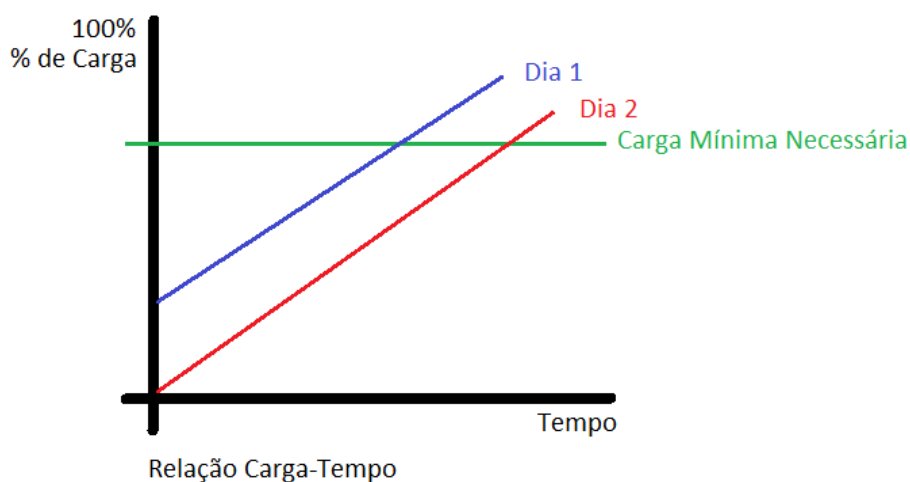


Figura 12. Relação da Carga Mínima Necessária

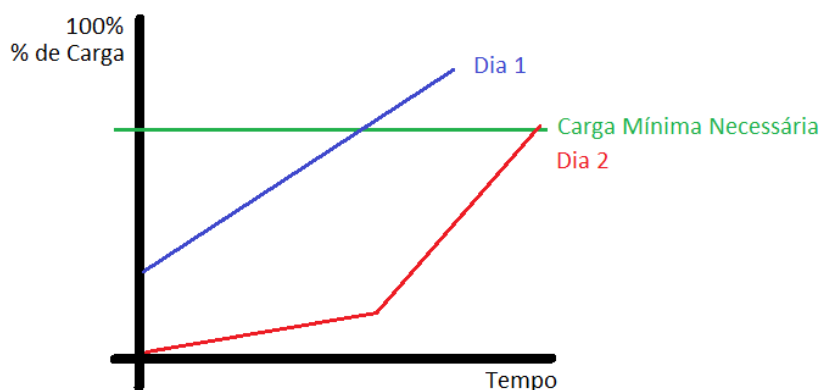


Figura 13. Demonstração do carregamento da bateria quando conectado às placas solares e posteriormente à bateria.

Menor Produção de Energia solar, sistema conectado à rede elétrica para garantir que a carga mínima seja atingida.

## 6. RESULTADOS

Cada módulo foi testado separadamente para verificar seu funcionamento em condições ideais, os resultados das simulações para uma aplicação real dão a dimensão dos benefícios que seriam alcançados quando utilizamos um sistema de geração de energia solar residencial.

### 6.1 SIMULAÇÕES APLICAÇÃO REAL

A simulação para uma aplicação real mostra a relação do gasto durante o horário convencional e os gastos durante o horário de pico, como pode ser observado na figura 12.

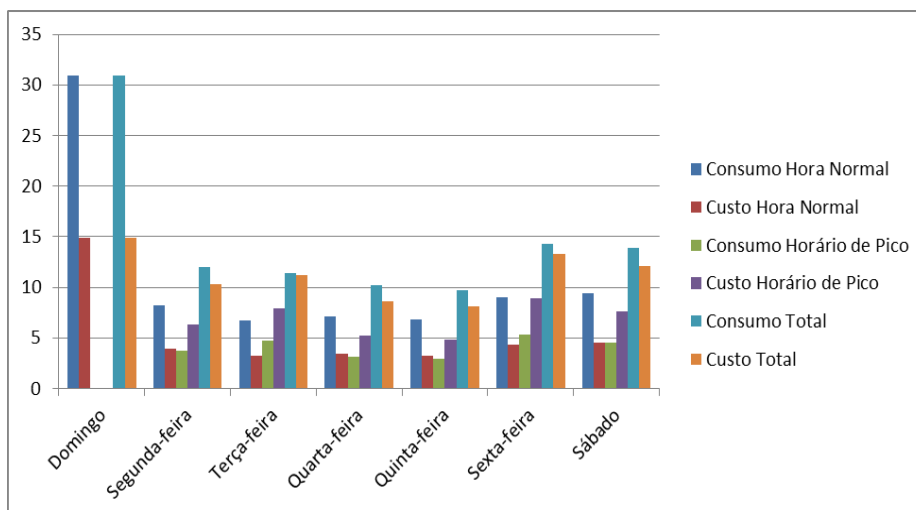


Figura 14. Relação Custos Horário Convencional X Horário de Pico

Para uma avaliação mais detalhada podem ser observadas as figuras abaixo que representam o consumo para apenas um dia da semana.

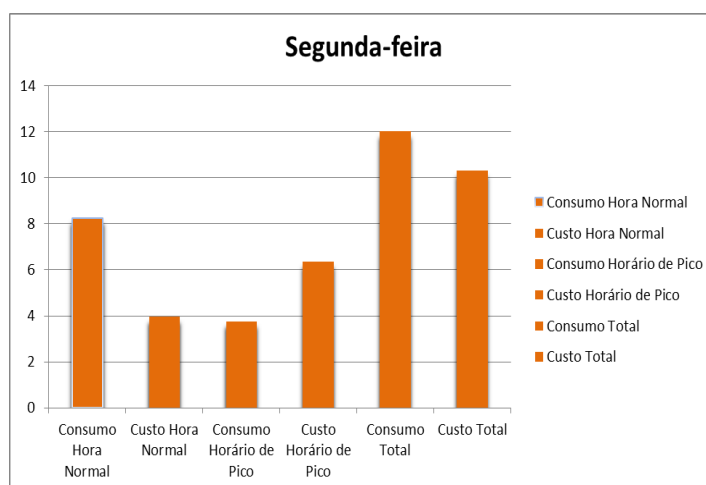


Figura 15. Gastos referentes à um dia da semana.

A carga da bateria é carregada de forma mais rápida quando conectada à rede elétrica do que quando conectada ao sistema fotovoltaico. A tabela 2 e a figura 14 demonstram a relação de tempo necessária para se alcançar 100% em ambos os casos.



Tabela 2. Rede Elétrica Convencional X Sistema Fotovoltáico

%Carga	Sistema Solar		Rede Elétrica	
	Horas	Minutos	Horas	Minutos
10%	01:10h	70	00:18h	18
20%	02:20h	140	00:36h	36
30%	03:30h	210	00:54h	54
40%	04:40h	280	01:12h	72
50%	05:50h	350	01:30h	90
60%	07:00h	420	01:48h	108
70%	08:10h	490	02:06h	126
80%	09:20h	560	02:24h	144
90%	10:30h	630	02:42h	162
100%	11:40h	700	3h	180

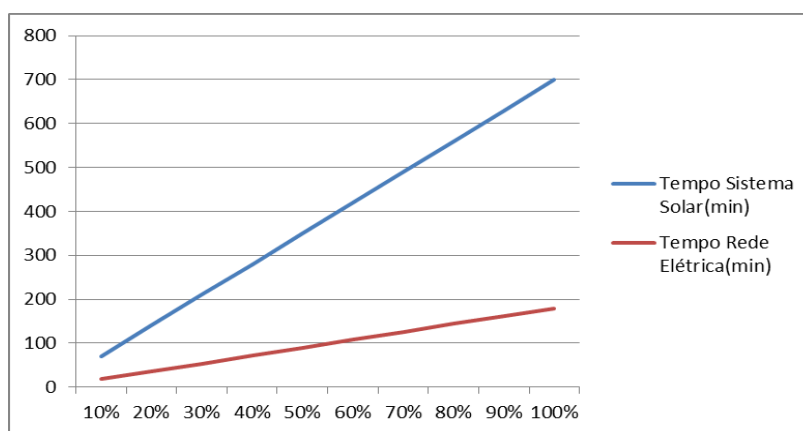


Figura 16. Relação de tempo de carga.

## 6.2 TESTES SISTEMA DE GERAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ENERGIA.

A capacidade de geração de energia pelo painéis solares foi medida utilizando um multímetro, foram realizados testes durante diferentes horários do dia para demonstrar como o resultado é afetado pela incidência solar.

### Painéis Fotovoltaicos

Descrição: 5 V , 140mAH, até 0.7W

Quantidade: 2

Medições realizadas: 4

Medições realizadas na data de 31/10/14.

Tabela 3. Geração Placas Fotovoltaicas

Horário	Geração
8:00	2,3V

11:00	4,1V
12:45	4,2V
16:00	3,2V

*Obs: As condições climáticas tem um impacto decisivo na geração de energia dos painéis.*

### **Bateria**

Bateria de Ion Litio, 3,6V – 800mAh

Para o carregamento da bateria foi utilizada a seguinte fórmula:

Tempo de carga(em Horas) = (Capacidade da Bateria(mAH) / Saída do Carregador(mA)) \* 1,2

Para os valores abaixo utilizamos Bateria com capacidade de 800mAH

*Obs: Valores da saída do carregador estimados em diferentes condições climáticas.*

Tabela 4. Tempo de Carga da Bateria

<b>Saída do Carregador</b>	<b>Tempo de Carga(Horas)</b>
64,4mAH	14,9
114,8mAH	8,36
117,5mAH	8,17
89,6mAH	10,714

Devido ao fato de estarmos trabalhando com quantidades minúculas de energia para este tipo de aplicação, o protótipo do carregador da bateria não pode ser montado com sucesso, desta maneira os resultados apresentados são baseados em simulações e estimativas de acordo com as características dos equipamentos.

### **6.3 TESTE DO SOFTWARE**

O teste do software foi realizado utilizando entradas pré-definidas e verificando-se a saída apresentada para cada entrada, o sistema foi pensado para que o software lidasse com situações próximas ao que ele encontraria em um ambiente de uma aplicação real.

## 7. IMPACTO AMBIENTAL

Instalações de fotovoltaica não produzem ruídos, perturbações ou impacto ambiental. Ao utilizar-se sistemas fotovoltaicos evita-se o consumo de energia elétrica de outros meios geradores que emitem gases nocivos ao meio ambiente e gases do efeito estufa.

A grande maioria dos materiais possui utilizados por um sistema solar fotovoltaico possui uma longa vida útil, podendo superar os 40 anos.

- Células fotovoltaicas de silício(99,99%), materia prima de alta pureza, podendo ser vendidas e recicladas facilmente.

- Materiais elétricos de grande durabilidade e fácil reciclagem.

As baterias são ainda o maior problema em qualquer sistema solar onde existe a necessidade de armazenamento de energia, além do risco de contaminação do solo, grande partes das baterias também possui materiais nocivos à saúde humana. A manutenção dos equipamentos tem grande influência na minimização dos riscos relacionados à acidentes. Outro fator que vem auxiliando na redução desse problema é a utilização de materiais e técnicas mais modernas na construção de baterias, aumentando assim sua vida útil e reduzindo o número de substâncias tóxicas utilizadas em sua construção.

O descarte apropriado é um fator de grande importância, empresas especializadas nesses serviços podem ser encontradas em todos os grandes centros, desta forma, garante-se que os produtos tenham a correta destinação.

### 7.1 PLANO DE AQUISIÇÕES

As simulações geradas durante o projeto utilizaram softwares livres, dispensando a necessidade de aquisição de licenças. Também, não foi necessária a contratação de serviços terceirizados ou qualquer gasto adicional. Os componentes adquiridos podem ser encontrados nas tabelas 3 e 4.

Tabela 5. Componentes elétricos adquiridos

<b>Sistema Elétrico</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço Unitário(R\$)</b>	<b>Preço Total (R\$)</b>
Painéis Solares Fotovoltáicos 5V	2	12,50	25,00

140mAh			
Carregador de bateria baseado no LM3622	1	9,90	9,90
Lâmpadas 1W	2	1,50	3,00
Cabos e conectores elétricos	X	X	10,00
Bateria de Ion Lítio 3.6V	1	6,90	6,90
Circuito Retificador baseado em Diodo	1	X	3,00
Módulo de chaveamento composto por relés	1	X	8,00
Módulo de Controle(Arduíno)	1	25,00	25,00
Módulos de proteção e controle	1	X	20,00

Tabela 6. Componentes mecânicos adquiridos

<b>Sistema Mecânico</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço Unitário(R\$)</b>	<b>Preço Total (R\$)</b>
Suporte para inclinação dos painéis solares	2	X	2,00
Estrutura de Suporte	X	X	X
Suporte de Isopor para base da maquete	1	0,50	0,50
Materiais para confecção dos elementos da maquete	X	X	10,00

*Obs: Para uma implementação real é necessário avaliar a capacidade de suporte do telhado, a fim de que o mesmo suporte o peso da usina fotovoltaica.*

## **8. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Sistemas de geração de energia solar possuem grandes benefícios tanto na área ambiental, como na redução de gastos na produção de energia, além disso é uma forma limpa e praticamente de fonte ilimitada. Os resultados apresentados são incontestáveis quando aplicados à simulações para uma aplicação real. O teste do protótipo passou por dificuldades, devido ao fato de a geração de energia pelas placas fotovoltaicas serem extremamente baixas e estarem sujeitas ao clima instável da região. A falta de equipamentos especializados também dificulta o estudo desse tipo de projeto com essas quantidades de energia.

Apesar das dificuldades encontradas, todos os módulos apresentaram desempenho satisfatório quando estudados separadamente. Implementações futuras podem ser feitas visando aprimorar o sistema de controle para um melhor desempenho e também, evitar perdas quando os módulos estejam funcionando em conjunto.

## REFERÊNCIAS

NEO SOLAR ENERGIA, **Sistemas de Energia Solar Fotovoltáica e Seus Componentes**, Neo Solar Energia, 2014, disponível em: [www.neosolar.com.br](http://www.neosolar.com.br), acessado em 19/11/2014.

SOLAR ENEGY, **Energia Solar no Brasil e no Mundo**, Solar Energy Brasil, 2014, disponível em: <http://solarenergy.com.br/noticias/>, acessado em 28/10/2014.

ANEEL, **Perguntas e Respostas sobre a aplicação da Resolução Normativa nº 482/2012**, Agência Nacional de Energia Elétrica, disponível em: [http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/FAQ\\_482\\_18-12-2012.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/FAQ_482_18-12-2012.pdf), acessado em: 28/10/2014

SALGADO, Aline – IG Econômico, 2014, **Brasil tem 38 Consumidores que geram sua própria energia elétrica**, disponível em: <http://economia.ig.com.br/2014-01-03/brasil-tem-38-consumidores-que-geram-sua-propria-energia-eletrica.html>, acessado em 28/10/2014.

ROCHA, Jenifer, **ENERGIA LIMPA, 2013**, Química Ambiental, São Paulo, 2013.

## ANEXO A – CÓDIGO CONTROLE

```
const int bat_uso=10, rede_to_casa=13, rede_to_bat=12, sol_to_bat=11,
b1=2, b2=3, b3=4, b4=5;
int time=1;
int seg=0,
min=0,
hor=0;

void setup() {
  pinMode(b1, INPUT);
  pinMode(b2, INPUT);
  pinMode(b3, INPUT);
  pinMode(b4, INPUT);
  pinMode(rede_to_bat, OUTPUT);
  pinMode(bat_uso, OUTPUT);
  pinMode(rede_to_casa, OUTPUT);
  pinMode(sol_to_bat, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {

  //começa relógio
  static unsigned long lst_time = 0;
  int tempo = millis();
  if(tempo - lst_time >= 1000) {
    lst_time = tempo;
    seg++;
  }
  if(seg >= 60) {
    seg = 0;
```

```
min++;
}
if(min>=60) {
min = 0;
hor++;
}
if(hor>=24) {
hor=0;
min=0;
}

// começa verificação
if(hor>=0&&hor<18)
time=1;
if(hor>=18&&hor<21)
time=2;
if(hor>=21&&hor<0)
time=3;
if(digitalRead(b4))
time=4;

//direciona as energias
switch(time){
case 1:
digitalWrite(sol_to_bat, HIGH);
digitalWrite(rede_to_casa, HIGH);
digitalWrite(bat_uso, LOW);
digitalWrite(rede_to_bat, LOW);

break;
case 2:
digitalWrite(sol_to_bat, LOW);
digitalWrite(rede_to_casa, LOW);
```



```
digitalWrite(bat_uso, HIGH);  
digitalWrite(rede_to_bat, LOW);  
  
break;  
case 3:  
digitalWrite(sol_to_bat, LOW);  
digitalWrite(rede_to_casa, HIGH);  
digitalWrite(bat_uso, LOW);  
digitalWrite(rede_to_bat, LOW);  
  
break;  
case 4:  
digitalWrite(sol_to_bat, LOW);  
digitalWrite(rede_to_casa, HIGH);  
digitalWrite(bat_uso, LOW);  
digitalWrite(rede_to_bat, HIGH);  
  
break;  
}  
delay(1000);  
}
```