

Universidade Brasil
Campus de Fernandópolis

ALEXSANDER SAVES DOS SANTOS

ENERGIA FOTOVOLTAICA: A PERCEPÇÃO DE ESTUDANTES E A
CONFECÇÃO DE UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO SUSTENTÁVEL E
DE UMA CARTILHA COMO PROPOSTAS DE EDUCAÇÃO
AMBIENTAL

PHOTOVOLTAIC ENERGY: THE PERCEPTION OF STUDENTS AND THE
PREPARATION OF A SUSTAINABLE LIGHTING SYSTEM AND A BOOKLET AS
PROPOSALS FOR ENVIRONMENTAL EDUCATION

Fernandópolis, SP
2018

Alexsander Saves dos Santos

ENERGIA FOTOVOLTAICA: A PERCEPÇÃO DE ESTUDANTES E A CONFECÇÃO
DE UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO SUSTENTÁVEL E DE UMA CARTILHA COMO
PROPOSTAS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Orientadora: Profa. Dra. Gisele Herbst Vazquez

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil, como complementação dos créditos necessários para obtenção do Título de Mestre em Ciências Ambientais.

Fernandópolis, SP

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

S233e Santos, Alexsander Saves dos
Energia Fotovoltaica: A percepção de estudantes e a confecção de um sistema de iluminação sustentável e de uma cartilha como propostas de educação ambiental / Alexsander Saves dos Santos. São Paulo - SP: [s.n.], 2018.
149 p.: il.; 29,5cm.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador(a): Prof^a. Dra. Gisele Herbst Vazquez.

1. Fontes renováveis. 2. Sustentabilidade. 3. Viabilidade energética. I. Título.

CDD 621.47

Termo de Autorização

Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respetivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses da CAPES

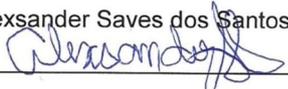
Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site <http://www.universidadebrasil.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

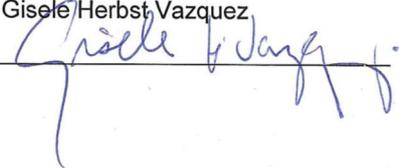
Título do Trabalho: "ENERGIA FOTOVOLTAICA: A PERCEPÇÃO DE ESTUDANTES E A CONFEÇÃO DE UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO SUSTENTÁVEL E DE UMA CARTILHA COMO PROPOSTAS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL"

Autor(es):

Discente: Alexander Saves dos Santos

Assinatura: 

Orientadora: Gisele Herbst Vazquez

Assinatura: 

Data: 17/dezembro/2018

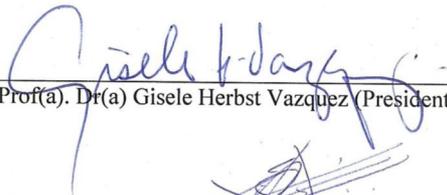


TERMO DE APROVAÇÃO

ALEXSANDER SAVES DOS SANTOS

**“ENERGIA FOTOVOLTAICA: A PERCEPÇÃO DE ESTUDANTES E A
CONFECÇÃO DE UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO SUSTENTÁVEL E DE
UMA CARTILHA COMO PROPOSTAS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL”**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil, pela seguinte banca examinadora:


Prof(a). Dr(a) Gisele Herbst Vazquez (Presidente)


Prof(a). Dr(a). Evandro Roberto Tagliaferro (Universidade Brasil)


Prof(a). Dr(a). Rodrigo Cleber da Silva (Instituto Federal de São Paulo)

Fernandópolis, 17 de dezembro de 2018.

Presidente da Banca Prof(a). Dr(a). Gisele Herbst Vazquez



DEDICATÓRIA

Dedico primeiramente à Deus por nos conceder a vida, a saúde e a coragem para desenvolver este trabalho, à minha esposa Patrícia pelo incentivo e companheirismo nos momentos difíceis e ao meu filho Victor Hugo, por estarem sempre ao meu lado me apoiando.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Brasil pela concessão da bolsa de estudo Pro-Mestre e à professora Doutora Gisele Herbst Vazquez pela orientação e confiança durante a realização desta dissertação.

ENERGIA FOTOVOLTAICA: A PERCEPÇÃO DE ESTUDANTES E A CONFECCÃO DE UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO SUSTENTÁVEL E DE UMA CARTILHA COMO PROPOSTAS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

RESUMO

A energia é um dos principais constituintes da sociedade moderna e a tendência mundial é a busca por fontes não poluentes e sustentáveis. Nesse sentido, e pensando sobre a importância das energias renováveis, especialmente a energia solar fotovoltaica, pergunta-se até que ponto os estudantes dos ensinos fundamental, médio e superior conhecem sobre a tecnologia da energia solar fotovoltaica? E quanto as suas vantagens, aplicações e limitações? Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a percepção de estudantes de ensino fundamental, médio e superior quanto as questões do uso da energia fotovoltaica, conscientizando-os sobre a importância das energias renováveis, por meio da construção de um sistema de iluminação sustentável e de uma cartilha educativa. Para o desenvolvimento da pesquisa, foram aplicados 239 questionários a estudantes dos cursos fundamental e médio de uma Escola Estadual na cidade de Macedônia - SP e dos cursos de Engenharia Química e Direito de uma universidade em Fernandópolis-SP, no período de junho a agosto de 2018, confeccionada uma cartilha educativa de fácil leitura e desenvolvido um protótipo de um poste de iluminação sustentável como forma de despertar o interesse pelo assunto. Concluiu-se que 33% e 62% dos alunos dos Ensinos Fundamental e Médio e do Ensino Superior desconhecem o que é energia renovável e o que é energia solar fotovoltaica, respectivamente. A maioria conceituou a energia renovável como sendo uma energia reaproveitável, indicando o Sol como a principal fonte utilizada para o aquecimento da água, o que evidencia um desconhecimento da abrangência do assunto. De modo geral, as pessoas ainda não têm o conhecimento necessário e pertinente sobre a questão da energia renovável e da energia solar fotovoltaica e que, somente o saber adquirido em programas curriculares básicos das escolas dos níveis fundamental, médio e até superior não são suficientes. A construção de um sistema de iluminação sustentável com o reaproveitamento de materiais recicláveis e da cartilha educativa aqui propostos, podem ser utilizados como instrumentos de educação ambiental nas escolas.

Palavras-chave: Fontes Renováveis. Sustentabilidade. Viabilidade Energética.

PHOTOVOLTAIC ENERGY: THE PERCEPTION OF STUDENTS AND THE PREPARATION OF A SUSTAINABLE LIGHTING SYSTEM AND A BOOKLET AS PROPOSALS FOR ENVIRONMENTAL EDUCATION

ABSTRACT

Energy is one of the main constituents of modern society and the world trend is the search for clean and sustainable sources. In this sense, and thinking about the importance of renewable energies, especially photovoltaic solar energy, ask to what extent the students of primary, secondary and higher education know about solar photovoltaic energy technology? What about its advantages, applications and limitations? The objective of this study was to evaluate the perception of students of elementary, middle and high school as to the issues of the use of photovoltaic energy, making them aware of the importance of renewable energies, through the construction of a sustainable lighting system and the educational booklet. For the development of the research, 239 questionnaires were applied to students of the basic and secondary courses of a State School in the city of Macedonia-SP and of the Chemical Engineering and Law courses of a university in Fernandópolis-SP, from June to August. 2018, made an easy-to-read educational primer and developed a prototype of a sustainable lighting pole as a way to spark interest in the subject. It was concluded that 33% and 62% of students in Elementary and High School and Higher Education are unaware of what is renewable energy and what is solar photovoltaic energy, respectively. Most considered renewable energy as a reusable energy, indicating the Sun as the main source used for heating the water, which shows an ignorance of the scope of the subject. In general, people do not yet have the necessary and pertinent knowledge on the issue of renewable energy and photovoltaic solar energy and that only the knowledge acquired in basic curricular programs of the fundamental, medium and even higher levels are not enough. The construction of a sustainable lighting system with the reuse of recyclable materials and the educational booklet proposed here can be used as instruments of environmental education in schools.

Keywords: Renewable Sources. Sustainability. Energy Feasibility.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Oferta mundial de energia por fonte em 2014..... | 26 |
| Figura 2: Produção de energia elétrica por fonte em 1973 e 2014 no mundo..... | 27 |
| Figura 3: Consumo mundial de energia final..... | 28 |
| Figura 4: Comparativo entre a matriz energética nacional e mundial..... | 30 |
| Figura 5: Comparativo da participação nacional e mundial de renováveis na matriz elétrica..... | 30 |
| Figura 6: Matriz elétrica brasileira..... | 31 |
| Figura 7: Estrutura da oferta interna de eletricidade no Brasil em 2016..... | 32 |
| Figura 8: Consumo final de energia por fonte nos anos de 2015 e 2016 no Brasil. ... | 32 |
| Figura 9: Uso da energia no Brasil..... | 33 |
| Figura 10: Consumo de energia no Brasil no período de 2015 à 2016..... | 33 |
| Figura 11: Representação das estações do ano e do movimento da Terra em torno do Sol..... | 35 |
| Figura 12: Constituintes básicos do coletor plano convencional..... | 38 |
| Figura 13: Coletor plano convencional residencial..... | 38 |
| Figura 14: Coletor concentrador parabólico..... | 39 |
| Figura 15: Esquema básico de funcionamento do aquecedor solar de água..... | 40 |
| Figura 16: Painéis de silício monocristalino - Usina FV da Universidade Brasil em Fernandópolis/SP (2018)..... | 42 |
| Figura 17: Esquema de geração de energia fotovoltaica..... | 44 |
| Figura 18: Efeito fotovoltaico na junção p-n..... | 44 |
| Figura 19: Tipos de células fotovoltaicas..... | 45 |
| Figura 20: Demanda global de energia solar fotovoltaica entre o período de 2007 e 2022 em GW..... | 49 |
| Figura 21: Capacidade de energia solar fotovoltaica por região..... | 49 |
| Figura 22: Radiação solar global diária, média anual no país..... | 51 |
| Figura 23: Insolação diária, média anual no país..... | 52 |
| Figura 24: Potência instalada acumulada (MW) da fonte solar fotovoltaica no Brasil e projeção para 2018..... | 53 |
| Figura 25: Potência instalada (MW) de geração distribuída solar fotovoltaica por UF..... | 55 |
| Figura 26: Geração distribuída solar fotovoltaica no Brasil por classe do consumo.. | 56 |

| | |
|--|----|
| Figura 27: Evolução da geração centralizada solar fotovoltaica no Brasil..... | 56 |
| Figura 28: Potência instalada (MW) e status de geração centralizada solar fotovoltaica por estado. | 57 |
| Figura 29: Configuração básica de um SFI. | 59 |
| Figura 30: Exemplo de SFH. | 61 |
| Figura 31: Sistema fotovoltaico de grande porte. | 62 |
| Figura 32: Sistema fotovoltaico distribuído conectado à rede elétrica..... | 63 |
| Figura 33: Diagrama elétrico de um sistema fotovoltaico. | 63 |
| Figura 34: Esquema de um sistema fotovoltaico isolado: (A) Painel fotovoltaico, (B) Controlador de carga, (C) Banco de baterias, (D) Inversor e (E) Carga em C.A. (equipamentos elétricos). | 66 |
| Figura 35: Fluxograma das etapas da pesquisa..... | 75 |
| Figura 36: Vista da Escola Estadual..... | 77 |
| Figura 37: Vista da Universidade Brasil..... | 77 |
| Figura 38: Irradiação solar no plano horizontal para Fernandópolis-SP..... | 81 |
| Figura 39: Módulo fotovoltaico da marca Komaes. | 82 |
| Figura 40: Modelo do controlador de carga..... | 84 |
| Figura 41: Modelo da bateria estacionária. | 86 |
| Figura 42: Projeto técnico com escala em centímetro visto de (a) perfil e de (b) frente. | 88 |
| Figura 43: Conhecimento sobre energia renovável..... | 92 |
| Figura 44: Conhecimento sobre os tipos de fontes renováveis..... | 93 |
| Figura 45: Conhecimento sobre os tipos de fontes renováveis por nível de ensino.. | 94 |
| Figura 46: Conhecimento sobre as aplicações da energia solar FV. | 94 |
| Figura 47: Conhecimento sobre as aplicações da energia solar por nível de ensino. | 95 |
| Figura 48: Conhecimento sobre a tecnologia da energia solar FV..... | 96 |
| Figura 49: Conhecimento sobre o conceito de energia solar FV..... | 96 |
| Figura 50: Conhecimento sobre o conceito de energia solar FV por nível de ensino. | 97 |
| Figura 51: Vantagens do uso da energia solar FV. | 97 |
| Figura 52: Vantagens do uso da energia solar FV por nível de ensino. | 98 |
| Figura 53: Desvantagens do uso da energia solar FV. | 98 |

| | |
|--|-----|
| Figura 54: Desvantagens do uso da energia solar FV por nível de ensino. | 99 |
| Figura 55: Sistemas de energia solar FV instalados na cidade por nível de ensino.. | 99 |
| Figura 56: Instalaria um sistema FV? | 100 |
| Figura 57: Instalaria um sistema FV? | 100 |
| Figura 58: Por quais motivos instalaria um sistema FV? | 101 |
| Figura 59: Motivos dos poucos projetos FV instalados. | 101 |
| Figura 60: Motivos dos poucos projetos FV instalados por nível de ensino. | 102 |
| Figura 61: Sistema de iluminação sustentável. | 103 |
| Figura 62: Interruptor e sensor de luz..... | 104 |
| Figura 63: Simulador de conta de energia elétrica. | 105 |

LISTA QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1: Classificação de fontes energéticas. | 25 |
| Quadro 2: Aproveitamento térmico para aquecimento de fluidos..... | 37 |
| Quadro 3: Características de módulos fotovoltaicos de diferentes tecnologias..... | 47 |
| Quadro 4: Dados técnicos de catálogos de baterias recarregáveis disponíveis comercialmente. | 68 |
| Quadro 5: Irradiação solar anual para a cidade de Fernandópolis-SP..... | 81 |
| Quadro 6: Procedimentos de montagem do sistema de iluminação sustentável. | 89 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1: População do mundo e das regiões em 2017, 2030, 2050 e 2100, de acordo com a projeção de média variante. | 26 |
| Tabela 2: Produtores de eletricidade no mundo..... | 28 |
| Tabela 3: Geração elétrica em GWh no Brasil em 2015 e 2016. | 34 |
| Tabela 4: Dados de radiação solar..... | 53 |
| Tabela 5: Consumo mensal de energia elétrica em Watts..... | 81 |
| Tabela 6: Consumo mensal de energia elétrica em Watts..... | 87 |
| Tabela 7: Número de participantes da pesquisa. | 91 |
| Tabela 8: Conhecimento sobre o que é energia renovável. | 92 |

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

| | |
|----------------|---|
| BEN | Balanço Energético Nacional |
| EPE | Empresa de Pesquisa Energética |
| Mtep | Megatoneladas equivalente de petróleo |
| IEA | Agência Internacional de Energia |
| MME | Ministério de Minas e Energia |
| ANEEL | Agência Nacional de Energia Elétrica |
| CRESESB | Centro de Referência em Energia Solar e Eólica Sérgio Brito |
| eV | Elétron-volt |
| EPIA | Associação Europeia da Indústria Fotovoltaica |
| HIT | Heterojunção com uma camada fina intrínseca |
| GTM | Monitor de Demanda Global Solar |
| CSSC | Células Solares Sensibilizadas por Corante |
| GF | Fundo Global para o Meio Ambiente |
| PNUMA | Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente |
| SWERA | Solar and Wind Energy Resource Assessment |
| ABSOLAR | Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica |
| GC | Geração centralizada |
| GD | Geração distribuída |
| SFI | Sistema Fotovoltaico Isolado |
| SFV | Sistema puramente Fotovoltaico |
| SFCR | Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede |
| UFV | Usina Fotovoltaica |
| CAAE | Certificado de Apresentação para Apreciação Ética |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 19 |
| 1.1 Relevância do tema..... | 19 |
| 1.2 Objetivos | 22 |
| 1.2.1 Objetivo geral | 22 |
| 1.2.2 Objetivos específicos..... | 23 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 24 |
| 2.1 O conceito de energia e suas divisões..... | 24 |
| 2.2 Contexto energético mundial..... | 25 |
| 2.3 Contexto energético brasileiro..... | 29 |
| 2.4 Energia solar | 34 |
| 2.4.1 Energia solar térmica..... | 36 |
| 2.4.2 Energia solar fotovoltaica | 40 |
| 2.4.2.1 O efeito fotovoltaico..... | 43 |
| 2.4.2.2 Tecnologias fotovoltaicas disponíveis | 45 |
| 2.5 Panorama mundial e nacional da energia solar fotovoltaica | 48 |
| 2.5.1 Energia solar fotovoltaica no mundo | 48 |
| 2.5.2 Energia solar fotovoltaica no Brasil | 50 |
| 2.6 Legislação vigente..... | 57 |
| 2.7 Sistema fotovoltaico | 58 |
| 2.7.1 Tipos de sistemas fotovoltaicos..... | 58 |
| 2.7.1.1 Sistemas isolados..... | 59 |
| 2.7.1.2 Sistemas híbridos | 60 |
| 2.7.1.3 Sistemas conectados à rede | 61 |
| 2.7.2 Componentes básicos do sistema fotovoltaico..... | 63 |
| 2.7.2.1. Módulos fotovoltaicos | 64 |
| 2.7.2.2. Inversores..... | 65 |
| 2.7.2.3. Controlador de carga..... | 66 |
| 2.7.2.4 Baterias | 67 |
| 2.8 Educação Ambiental..... | 68 |
| 2.8.1 Saber Ambiental e Sustentabilidade..... | 70 |
| 2.8.2 Educação ambiental e energias renováveis..... | 71 |

| | |
|--|-----|
| 2.8.3 Reaproveitamento de materiais recicláveis | 73 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS | 75 |
| 3.1 Caracterização do tipo de pesquisa | 76 |
| 3.1.1. (A) Caracterização do local da pesquisa de percepção | 76 |
| 3.1.1.1. Caracterização do sujeito da pesquisa | 78 |
| 3.1.1.2. Instrumento de coleta de dados | 78 |
| 3.1.1.3. Análise dos dados | 79 |
| 3.1.1.4. Aspectos éticos | 79 |
| 3.1.2 (B) Dimensionamento do sistema de iluminação sustentável | 80 |
| 3.1.2.1 Materiais do sistema de iluminação..... | 86 |
| 3.1.2.2 Confeção do sistema de iluminação sustentável..... | 87 |
| 3.1.3 (C) Elaboração de cartilha educativa..... | 90 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 91 |
| 4.1 Percepção dos estudantes - análise do questionário | 91 |
| 4.2 Análise do sistema de iluminação | 103 |
| 4.3 Análise da cartilha educativa..... | 106 |
| 5. CONCLUSÃO..... | 107 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 109 |
| ANEXO 1 - QUESTIONÁRIO DA PESQUISA | 123 |
| ANEXO 2 - TERMO DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA... 125 | |
| ANEXO 3 - TERMO DE ASSENTIMENTO INFORMADO LIVRE E ESCLARECIDO | 129 |
| ANEXO 4 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO MENORES DE 16 ANOS ou MAIORES DE 18 ANOS, PORÉM, SEM CONDIÇÕES DE MANIFESTAR O SEU CONSENTIMENTO..... | 131 |
| ANEXO 5 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO | 133 |
| ANEXO 6 - TERMOS DE ANUÊNCIA..... | 135 |
| ANEXO 7 - CARTILHA EDUCATIVA..... | 137 |

1. INTRODUÇÃO

1.1 Relevância do tema

A energia é um dos principais constituintes da sociedade moderna (HINRICHS; KLEINBACH, 2003). Energia, ar e água são ingredientes essenciais à vida humana. Nas sociedades primitivas seu custo era praticamente zero. A energia era obtida da lenha das florestas, para aquecimento e atividades domésticas, como cozinhar. Aos poucos, porém, o consumo de energia foi crescendo tanto que outras fontes se tornaram necessárias (GOLDEMBERG; LUCON, 2007).

Segundo Goldemberg e Lucon (2007), durante a Idade Média, as energias de cursos d'água e dos ventos foram utilizadas, mas em quantidades insuficientes para suprir as necessidades de populações crescentes, sobretudo nas cidades. Após a Revolução Industrial, foi preciso usar mais carvão, petróleo e gás, que têm um custo elevado para a produção e transporte até os centros consumidores.

Segundo projeções da Agência Internacional de Energia (2011), a eletricidade representa atualmente 17% da demanda total de energia mundial, devendo aumentar para 23% até 2050.

A participação das fontes não renováveis de energia, compostas pelos combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural) e pela energia nuclear, é de aproximadamente 80% na matriz de energia elétrica mundial, restando 20% para as fontes renováveis (BEN, 2013).

O aumento da eficiência da produção de energia a partir de fontes renováveis e com base na autoprodução é tal que já ameaça os modelos de negócio que marcam a oferta de eletricidade desde a época em que Thomas Edison iniciou a implantação da rede norte-americana de distribuição (ABRAMOVAY, 2014).

Segundo o Balanço Energético Nacional – BEN (2017) ano base 2016, o Brasil dispõe de uma matriz elétrica de origem predominantemente renovável, com destaque para a geração hidráulica que responde por 68,1% da oferta interna.

As fontes renováveis representam 81,7% da oferta interna de eletricidade no Brasil, que é a resultante da soma dos montantes referentes à produção nacional mais as importações, que são essencialmente de origem renovável (BEN, 2017).

A tendência mundial é a busca por novas fontes de energia que possam atender ao acelerado crescimento da demanda, de forma não poluente e sustentável. No Brasil, há todas as fontes energéticas, sejam as que já estão consolidadas como as que despontam no cenário a médio e longo prazo (ABINEE, 2012).

Energias renováveis são aquelas que podem ser utilizadas de forma a não agredir o meio ambiente reduzindo seus possíveis impactos ambientais e, dessa forma, são fontes inesgotáveis de energia, diferente das energias não renováveis, que tem limitação perante ao seu uso. Entre os tipos de energia renováveis temos: a energia eólica; a energia solar; a energia nuclear; a energia hidráulica; a biomassa; a energia geotérmica, entre outras (SILVA; SILVA, 2012). Conforme mencionado por Abramovay (2014), apesar da grande contribuição da hidroeletricidade à matriz energética em várias partes do mundo, sua expansão é inelástica, conflituosa e cada vez mais cara. Quando se fala em energias renováveis modernas, o foco está na solar, na eólica, na geotérmica e na biomassa.

Os recursos energéticos renováveis por sua vez, oferecem inúmeras vantagens para um mundo carente de energia, onde pode ser destacado a:

- Diminuição na emissão de carbono na atmosfera;
- Redução dos impactos ambientais;
- Melhoria no custo-benefício;
- Valorização da sustentabilidade.

A preocupação com os constantes problemas ambientais causados pela utilização de energias não renováveis, aliados ao esgotamento dessas fontes, têm despertado o interesse pela utilização de fontes alternativas, grande parte da energia que utilizamos no dia a dia é proveniente de recursos finitos, isto é, não se renovam e têm um limite de disponibilidade. O Sol é a fonte de energia responsável pela origem da maioria das fontes de energia renováveis e, mesmo as que não utilizam diretamente a radiação solar, tem sua origem neste (LAMARCA, 2012).

O Sol é essencial para a vida na terra, seus raios emitem energia que pode ser convertida para aquecimento de água ou para geração de energia elétrica (PETROBRÁS, 2011).

Segundo Palz (2002), a energia solar recebida pela Terra a cada ano é dez vezes superior à contida em toda a reserva de combustíveis fósseis. Mas, atualmente a maior parte da energia utilizada pela humanidade provém de combustíveis fósseis.

De acordo com o estudo sobre “Outras fontes”, do Plano Nacional de Energia 2030 produzido pelo Balanço Energético Nacional (2008), a irradiação por ano na superfície da Terra é suficiente para atender milhares de vezes o consumo anual de energia do mundo. Essa radiação, porém, não atinge de maneira uniforme toda a crosta terrestre. Depende da latitude, da estação do ano e de condições atmosféricas como nebulosidade e umidade relativa do ar.

A energia solar pode ser convertida em eletricidade através do efeito fotoelétrico (também chamada conversão fotovoltaica). Consiste na transformação direta da energia radiante em eletricidade, sem a produção, no processo, de nenhuma forma intermediária de energia, com a principal vantagem de ser natural, ecológica, gratuita, inesgotável e sem agressão ao meio ambiente (IMHOFF, 2007).

Dentre as energias renováveis que vem apresentando um efetivo crescimento mundial nas últimas décadas, está a energia solar fotovoltaica, por possibilitar a geração de energia elétrica de forma distribuída, não necessitando, portanto, de extensas linhas de transmissão e distribuição, por ser uma fonte silenciosa, que possibilita a instalação de sistemas de diferentes potências e ainda por integrar-se às edificações no meio urbano, sem necessitar de áreas extras para sua instalação (RUTHER, 2004).

A tecnologia da energia solar vem sendo muito utilizada nos sistemas de aquecimento, elevando a temperatura de fluidos e aquecendo ambientes residenciais e industriais. Outro avanço tecnológico adotado é a energia fotovoltaica que faz o uso de placas solares de silício policristalino na geração de energia elétrica.

Essa tecnologia tem-se manifestado e desenvolvido de forma acelerada, fazendo-se mais presente em regiões isoladas, onde o acesso à rede elétrica convencional é dificultado.

A inserção da tecnologia da energia solar fotovoltaica no mercado brasileiro é extremamente promissora. Ben (2017) destaca que a geração e a potência instalada de energia elétrica pelo uso da fonte solar fotovoltaica foi de 53,6 GWh e 56,9 MW, respectivamente, no ano de 2017. Além do país dispor, por conta de sua localização geográfica, de uma fonte inesgotável do principal insumo, o Sol é a matéria prima essencial para a produção do silício utilizado na fabricação das células fotovoltaicas.

A principal barreira para a disseminação do uso da tecnologia fotovoltaica é o seu custo inicial de instalação, ainda elevado quando comparada a outras fontes de

energia. Porém, a redução de custos da tecnologia fotovoltaica tem sido extensivamente estudada e discutida na literatura, sendo geralmente aceito que quando atingir o nível de produção da ordem de gigawatt/ano, esta tecnologia poderá se tornar competitiva em relação à geração de energia elétrica convencional (JARDIM et al., 2008).

Segundo Prasad e Snow (2002), o atual nível de geração de energia baseada em combustíveis fósseis é, de longe, a maior barreira para se atingir um estado de equilíbrio sustentável. Neste sentido, a energia solar fotovoltaica já está fazendo uma significativa contribuição através da transição para as fontes renováveis.

Considerando o consumo de energia decorrente do crescimento contínuo da população, associado à natureza finita dos combustíveis fósseis e a poluição gerada pela queima, questiona-se o atual modelo energético mundial.

Nesse sentido, pensando-se sobre a importância da energia renovável no contexto da educação ambiental, especialmente a energia solar, pergunta-se qual é o nível de informação dos estudantes dos ensinos fundamental, médio e superior sobre a tecnologia da energia solar fotovoltaica? Quais seus entendimentos quanto as vantagens, aplicações e limitações?

Diante do exposto, o que motivou a realização desse trabalho é a proposta de um modelo de educação ambiental baseado no desenvolvimento sustentável, utilizando a energia solar fotovoltaica como alternativa para a geração de energia capaz de suprir, com inúmeras vantagens, as fontes tradicionais associadas aos impactos ambientais.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta dissertação foi avaliar a percepção de estudantes dos ensinos fundamental, médio e superior quanto as questões do uso da energia fotovoltaica, suas vantagens e limitações, bem como a confecção de um sistema de iluminação sustentável como instrumento de educação ambiental.

1.2.2 Objetivos específicos

- Estudar o conceito, a história e as aplicações da tecnologia da energia fotovoltaica.
- Avaliar a percepção de estudantes sobre energia solar.
- Confeccionar um sistema de iluminação sustentável com o reaproveitamento de materiais recicláveis (educação ambiental).
- Conscientizar a comunidade sobre a importância dos recursos renováveis por meio de uma cartilha de fácil leitura (educação ambiental).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O conceito de energia e suas divisões

Energeia é o termo grego para Energia que segundo a física é a capacidade de realizar trabalho (TIAGO FILHO, 2007). Para realização de trabalho, uma pessoa, um animal, uma planta ou um dispositivo necessita da utilização de energia. A energia é o combustível suficiente para que um organismo ou um dispositivo realize trabalho. A energia se transforma de uma forma em outra, mas não pode ser criada ou destruída.

A energia pode ser dividida de forma ampla em primária e secundária. Marques (2006) definem a energia primária como sendo a energia fornecida pela Natureza, que pode ser usada de forma direta ou convertida em outra forma de energética de uso. Os mesmos autores entendem por energia secundária aquela que resulta de processos de conversão que buscam no aumento da densidade energética de modo a favorecer o transporte e armazenamento e adequação ao uso” (MARQUES, 2006).

As fontes de energia são divididas em renováveis e não-renováveis. As fontes são classificadas como não-renováveis quando “suas reposições naturais levarem muitos séculos ou milênios sob condições muito particulares” e “sua reposição artificial é absolutamente impraticável, envolvendo processos com gastos de energia igual ou maior que a quantidade de energia obtida, ou com custos proibitivos” (JANNUZZI e SWISHER, 1997).

Segundo Tiago Filho (2007), boa parte da energia que utilizamos vem do carvão, do petróleo, do gás natural ou de elementos radioativos. São considerados fontes não-renováveis porque uma vez que são retirados do solo e utilizados não são imediatamente repostos.

As energias renováveis por outro lado são rapidamente repostas e usualmente estão disponíveis como uma fonte não esgotável. As energias renováveis resultam do fluxo natural da luz do Sol, dos ventos ou da água na Terra (TIAGO FILHO, 2007).

Para Jannuzzi e Swisher (1997), nas fontes de energia renováveis o “uso pela humanidade não causa uma variação significativa nos seus potenciais e suas reposições a curto prazo são relativamente certas”.

No Quadro 1 estão apresentadas diversas fontes de energia que podem ser exploradas, com várias possibilidades de obtenção de energia por fontes renováveis.

Quadro 1: Classificação de fontes energéticas.

| CLASSIFICAÇÃO DAS FONTES ENERGÉTICAS | | | | |
|---|---------------------|--|---|--------------------------------------|
| FONTES | | ENERGIA PRIMÁRIA | ENERGIA SECUNDÁRIA | |
| NÃO-RENOVÁVEIS | Fósseis | Carvão mineral Petróleo e derivados e gás natural | Termoeletricidade, calor Combustível para transporte | |
| | Nuclear | Materiais físséis | Termoeletricidade e calor | |
| RENOVÁVEIS | "Tradicionais" | Biomassa primitiva: lenha de desmatamento | Calor | |
| | "Convencionais" | Potenciais hidráulicos | Hidroeletricidade | |
| | "Modernas ou novas" | Biomassa moderna: lenha replanada | Culturas energéticas (cana-de-açúcar e óleos vegetais) | Biocombustíveis (etanol e biodiesel) |
| | | | | |
| | Outros | Energia solar | | Calor, eletricidade fotovoltaica |
| | | Geotermal | | Calor e eletricidade |
| | | Eólica | | Eletricidade |
| Maremotriz e das ondas | | | | |

Fonte: Goldemberg e Lucon (2012).

2.2 Contexto energético mundial

Todas as tecnologias energéticas estão hoje unidas nos países desenvolvidos para enfrentar os problemas da esgotabilidade do energético mais utilizado – o petróleo – e da preocupação global com o aumento da concentração de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera terrestre (ZOMER, 2010).

Atualmente, a maior parte da energia consumida no mundo provém do petróleo, do carvão e do gás natural (CONCEIÇÃO et al., 2005). Soma-se a isto, uma população em franco crescimento, o que implica no aumento da demanda energética, aliada às pressões econômicas e industriais pelo desenvolvimento (ZOMER, 2010).

Segundo as estimativas publicadas pelo Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas (2017), a população mundial é projetada para o aumento de um pouco mais de um bilhão de pessoas ao longo dos próximos 13 anos, atingindo 8,6 bilhões em 2030, e para 9,8 bilhões em 2050 e 11,2 bilhões em 2100 (Tabela 1).

Tabela 1: População do mundo e das regiões em 2017, 2030, 2050 e 2100, de acordo com a projeção de média variante.

| REGIÕES | POPULAÇÃO (milhões) | | | |
|-------------------------|---------------------|-------|-------|--------|
| | 2017 | 2030 | 2050 | 2100 |
| Mundial | 7,550 | 8,551 | 9,772 | 11,184 |
| África | 1,256 | 1,704 | 2,528 | 4,468 |
| Ásia | 4,504 | 4,947 | 5,257 | 4,780 |
| Europa | 742 | 739 | 716 | 653 |
| América Latina e Caribe | 646 | 718 | 780 | 712 |
| América do Norte | 361 | 395 | 435 | 499 |
| Oceania | 41 | 48 | 57 | 72 |

Fonte: Nações Unidas, Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais, Divisão Populacional. Perspectivas da População Mundial: a revisão 2017. Nova Iorque: 2017.

O efeito estufa, por sua vez, é consequência em grande parte da emissão de gases poluentes pelas fontes convencionais de energia baseadas em combustíveis fósseis (ZOMER, 2010).

Para Zomer (2010) a busca por fontes renováveis de energia vem ganhando cada vez mais espaço no mercado mundial, onde além de evitar as emissões de gases poluentes provenientes das fontes térmicas convencionais de energia, essas fontes alternativas diversificam a matriz energética.

Segundo o BEN (2017) no ano base 2016, a oferta de energia mundial em 2014 foi composta por 31,1% de petróleo e seus derivados. Essa porcentagem representa aproximadamente três vezes a mais a oferta de energia proveniente de fontes renováveis que foi de 10,3%. A energia hidráulica representou apenas 2,4% do total de energia ofertada no mundo, conforme a Figura 1.

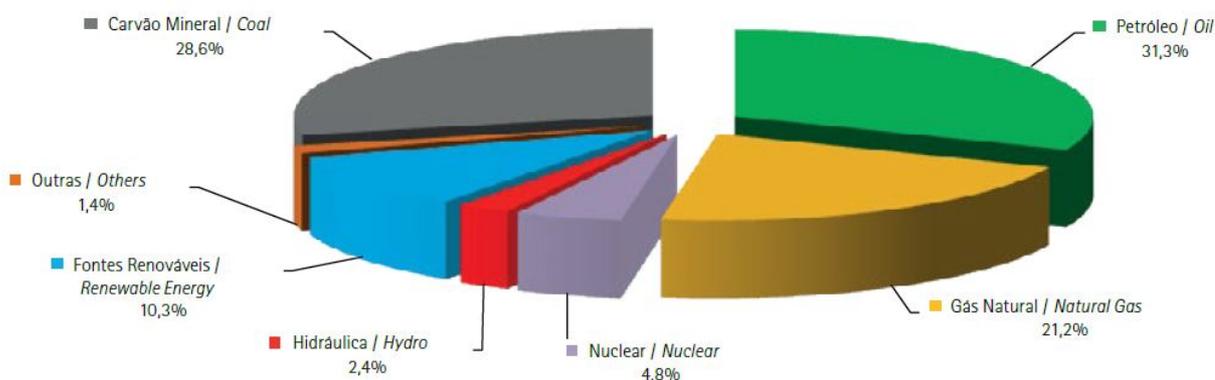


Figura 1: Oferta mundial de energia por fonte em 2014.

Fonte: Balanço Energético Nacional, 2017.

A produção de energia elétrica mundial, em 2014 foi de 23.816 TWh (Tera watt-hora). O maior percentual de geração mundial por fonte foi relativo as centrais à carvão

mineral com 40,8% do total, seguido pelo gás natural com 21,6%, pela energia hidráulica com 16,4%. A energia nuclear foi responsável por 10,6%, o petróleo por 4,3% e outras fontes por apenas 4,3%. A Figura 2 apresenta uma comparação entre o percentual de participação de cada fonte no ano de 1973 e o percentual no ano de 2014.

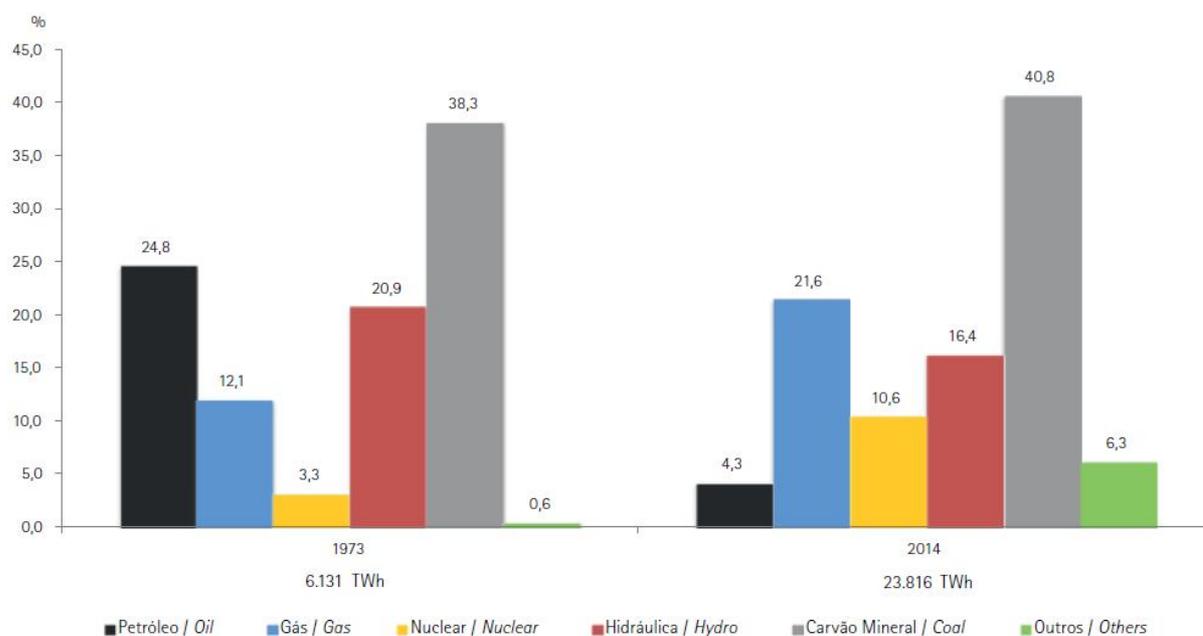


Figura 2: Produção de energia elétrica por fonte em 1973 e 2014 no mundo.
Fonte: Balanço Energético Nacional, 2017.

Por meio da Figura 2, constata-se que houve crescimento da participação do carvão mineral, do gás natural, da energia nuclear e de outras fontes na produção de energia elétrica, enquanto a participação da fonte hidráulica e do petróleo teve uma redução, quando são comparados os anos de 1973 e 2014.

A Tabela 2 apresenta a China e os Estados Unidos como os maiores produtores de eletricidade em 2014, sendo responsáveis pela demanda mundial de 23,8% e 18,1% respectivamente, produzindo um somatório de 9.985 TWh. O Brasil, que ficou em 8º lugar, produziu apenas 591 TWh (equivalente a 2,5% da demanda mundial).

Tabela 2: Produtores de eletricidade no mundo.

| Produtores | TWh | % Mundial (2014) |
|---------------|--------------|------------------|
| China | 5666 | 23,8 |
| EUA | 4319 | 18,1 |
| Índia | 1287 | 5,4 |
| Japão | 1036 | 4,5 |
| Canadá | 656 | 2,8 |
| Alemanha | 622 | 2,6 |
| Brasil | 591 | 2,5 |
| Coréia do Sul | 546 | 2,3 |
| França | 557 | 2,3 |
| Demais Países | 7474 | 31,4 |
| Mundo | 23816 | 100,0 |

Fonte: Balanço Energético Nacional, 2017.

O consumo mundial de energia final por fonte em 2014 foi de 9.301 Mtep (Megatolenadas equivalentes de petróleo). De acordo com a Figura 3, o petróleo representou o maior consumo de energia com 39,9%, equivalente a 3701 Mtep, seguido da eletricidade com 18,1% (1683 Mtep) e do gás natural com 15,1% (1404 Mtep). Verifica-se que o petróleo, o gás natural e o carvão mineral totalizaram aproximadamente 66% do consumo mundial de energia.

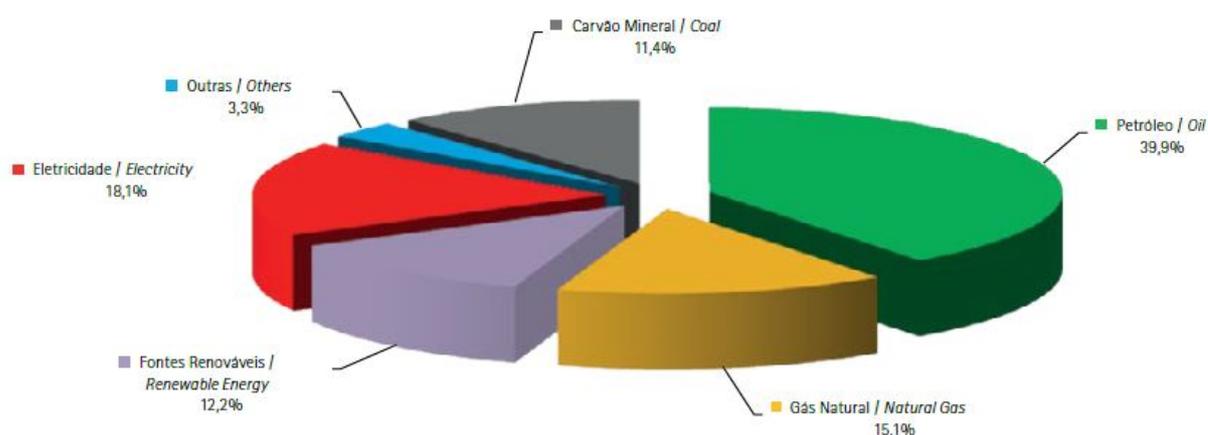


Figura 3: Consumo mundial de energia final.

Fonte: Balanço Energético Nacional, 2017.

No ano de 2003, quando a população mundial era de 6,27 bilhões de habitantes, o consumo médio total de energia foi de 1,69 tonelada equivalentes de

petróleo (tep) per capita. Uma tonelada de petróleo equivale a 10 milhões de quilocalorias (kcal), e o consumo diário médio de energia é de 46.300 kcal por pessoa (GOLDEMBERG e LUCON, 2007).

Segundo Torres (2012), tais números revelam uma profunda dependência por combustíveis fósseis no mundo. Por esse motivo, esforços com o intuito de restringir as emissões de gases de efeito estufa e as preocupações com a segurança dos abastecimentos desses combustíveis levaram a uma maior atenção e apoio às políticas de energias renováveis na última década.

O uso de fontes de energia renováveis para gerar eletricidade deverá se expandir significativamente. No cenário de novas políticas, a geração de eletricidade baseada em energias renováveis deverá quase que triplicar, de 3900 TWh em 2009 para 11100 TWh em 2035 (IEA, 2011).

Esta expansão será impulsionada em grande parte por políticas governamentais, incluindo subsídios, e representará 44% do crescimento na geração total da eletricidade sobre o período de 2009 a 2035. A maior parte deste crescimento virá de quatro fontes: o vento e a hidro que fornecerão aproximadamente um terço cada, da biomassa por cerca de um sexto e a energia solar fotovoltaica para um décimo (IEA, 2011).

A transição de um modelo de sistema de geração por outro demanda tempo e investimentos, mas as projeções futuras, mostram uma tendência no crescimento da oferta de energia renovável.

2.3 Contexto energético brasileiro

O Balanço Energético Nacional (BEN) publicado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) (2017), demonstra que em 2016 a oferta interna de energia (total de energia disponibilizada no país atingiu 288,3 Mtep, com redução de 3,8% em relação a 2015.

A retração da oferta interna de petróleo e derivados - 5,6% no período - resultante do superávit nos fluxos de exportação e importação destas fontes energéticas, adicionado ao recuo de 13,2% do gás natural foram fatores determinantes para a queda da oferta total de energia (BEN, 2017).

A Matriz Energética Brasileira nos anos de 2015 e 2016 apresentada nas Figuras 5 e 6, compara o Brasil com o mundo e os países pertencentes a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) em 2014.

Pode-se observar na Figura 4, que em 2016 a participação de renováveis na Matriz Energética Brasileira manteve-se entre as mais elevadas do mundo em torno de 44%, com pequeno crescimento devido particularmente à queda da oferta interna de petróleo e derivados e a expansão da geração hidráulica.

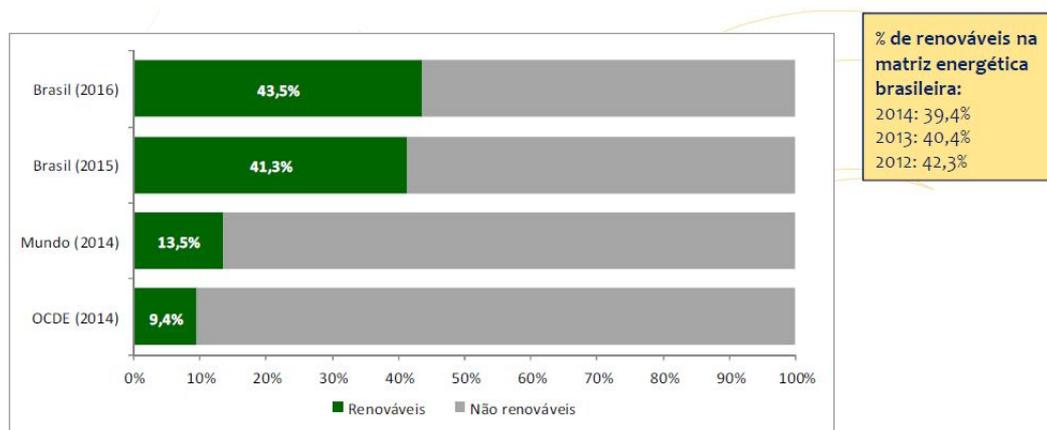


Figura 4: Comparativo entre a matriz energética nacional e mundial.
Fonte: Balanço Energético Nacional, 2017.

De acordo com a Figura 5, houve avanço da participação de renováveis na matriz elétrica brasileira de 81,7%, superando 2015 em 6,2%, além disso, esse valor, é aproximadamente 4 vezes maior que a porcentagem mundial e dos países pertencentes a OCDE, o que ocorreu devido à queda da geração térmica a base de combustíveis fósseis e ao incremento das gerações eólica e hidráulica.

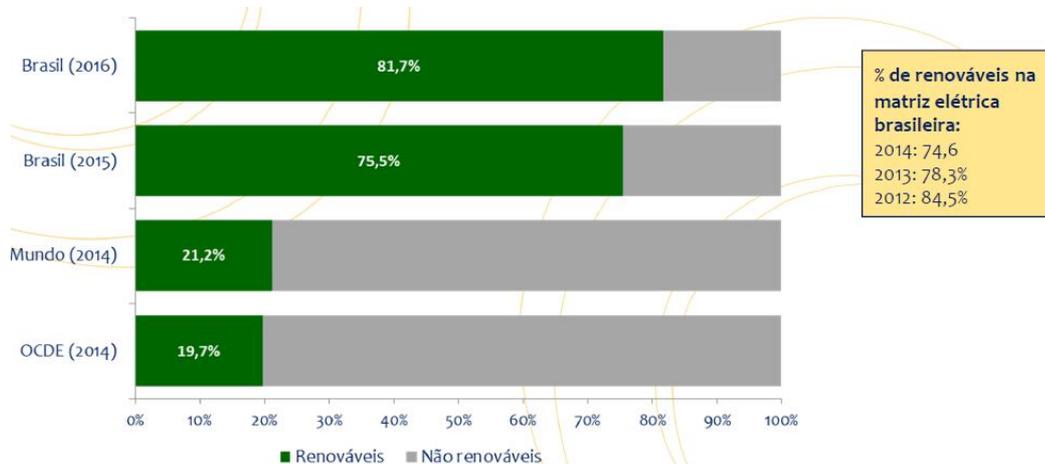


Figura 5: Comparativo da participação nacional e mundial de renováveis na matriz elétrica.
Fonte: Balanço Energético Nacional, 2017.

De acordo com a Figura 6, no Brasil em 2017, foi verificado um avanço na oferta interna de 4,0 TWh (0,7%) em relação a 2015, em consequência do aumento da importação de Itaipu que cresceu 18,7% (BEN, 2017).

As condições hidrológicas, após quatro anos de estresse, foram favoráveis, o que acarretou em um aumento da energia hidráulica disponibilizada, que segundo o Quadro 2 em 2016, o acréscimo foi de 7,0% quando comparado ao ano anterior.

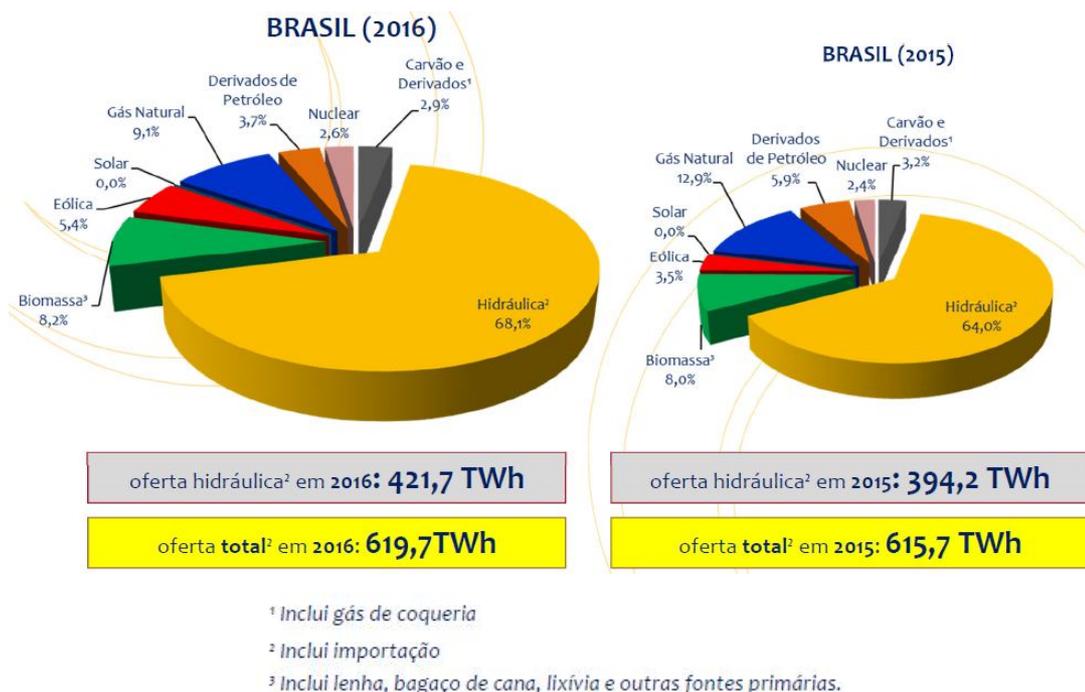
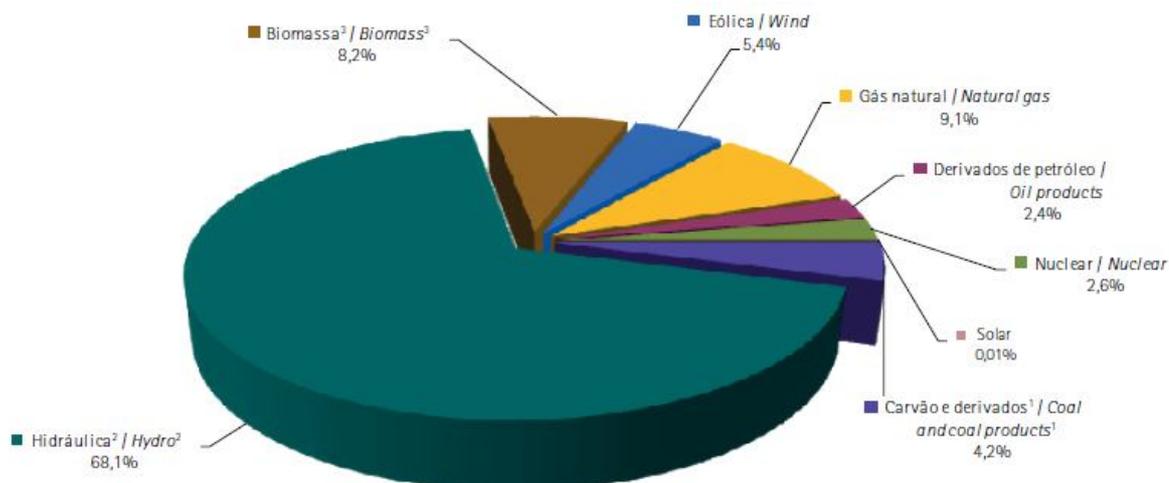


Figura 6: Matriz elétrica brasileira.
Fonte: Balanço Energético Nacional, 2017.

A maior oferta hídrica, aliada à expansão da geração eólica, contribuiu para o avanço da participação de renováveis na matriz elétrica de 75,5% para 81,7% (BEN, 2017). A geração eólica atingiu 33,5 TWh - crescimento de 54,9%. A potência eólica atingiu 10.124 MW, expansão de 32,6% (BEN, 2017).

A Figura 7 apresenta a estrutura da oferta interna de eletricidade no Brasil em 2016. O Brasil dispõe de uma matriz elétrica de origem predominantemente renovável, com destaque para a geração hidráulica que responde por 68,1% da oferta interna. As fontes renováveis representam 81,7% da oferta interna de eletricidade no Brasil, que é a resultante da soma dos montantes referentes à produção nacional mais as importações, que são essencialmente de origem renovável (BEN, 2017).



Notas / Notes:

1. Inclui gás de coqueria / Includes coke oven gas

2. Inclui importação de eletricidade / Includes electricity imports

3. Inclui lenha, bagaço de cana, lixívia e outras recuperações / Includes firewood, sugarcane bagasse, black-liquor and other primary sources

Figura 7: Estrutura da oferta interna de eletricidade no Brasil em 2016.

Fonte: Balanço Energético Nacional, 2017.

Porto et al. (2013) afirmam que “a hidroeletricidade é comumente vista como um modelo emblemático de energia economicamente viável, limpa e renovável”.

A Figura 8 apresenta o consumo final de energia por fonte nos anos de 2015 e 2016 no Brasil.

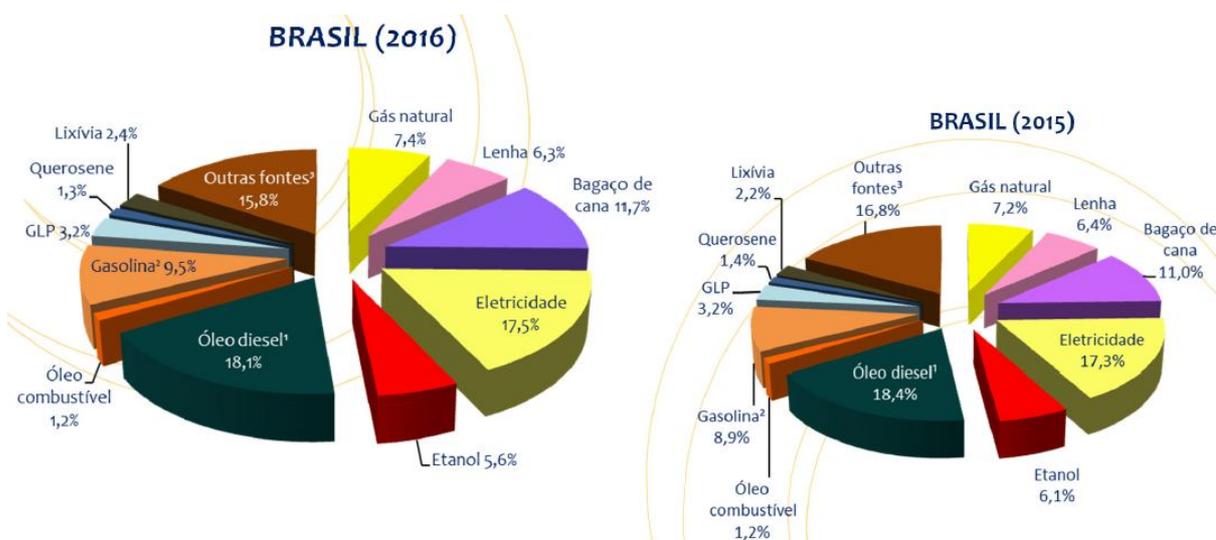


Figura 8: Consumo final de energia por fonte nos anos de 2015 e 2016 no Brasil.

Fonte: Balanço Energético Nacional, 2017.

Os setores onde foi utilizada a energia no Brasil é apresentado na Figura 9. Nota-se um consumo total de 94,2% destinado ao uso energético e, os restantes 5,8%,

são de uso não energético. O consumo final, energético e não energético, caiu 2,2% de 2016 em relação a 2015.

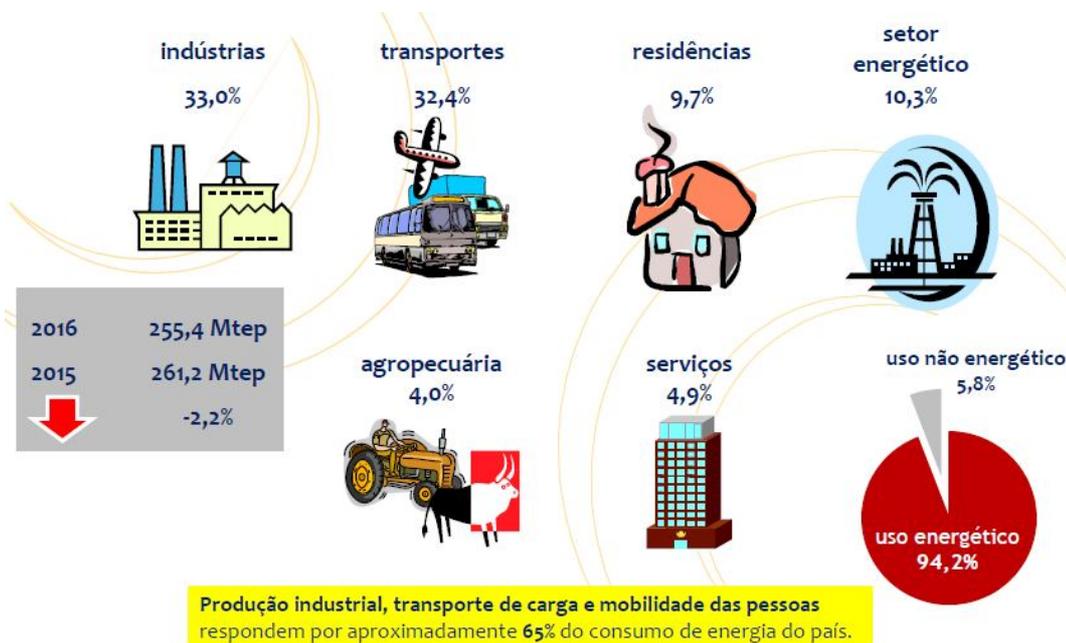


Figura 9: Uso da energia no Brasil.
Fonte: Balanço Energético Nacional, 2017.

Em 2016, a energia elétrica disponibilizada teve um aumento de 0,7% e o consumo final de eletricidade registrou uma queda de 0,9%, sendo que o consumo de energia total teve uma redução significativa de 2,1%, conforme demonstra a Figura 10. Os setores que mais contribuíram para esta redução foram o industrial (-1,3%) seguido pelo energético (-7,7%) e o comercial (-2,4%) (BEN, 2017).

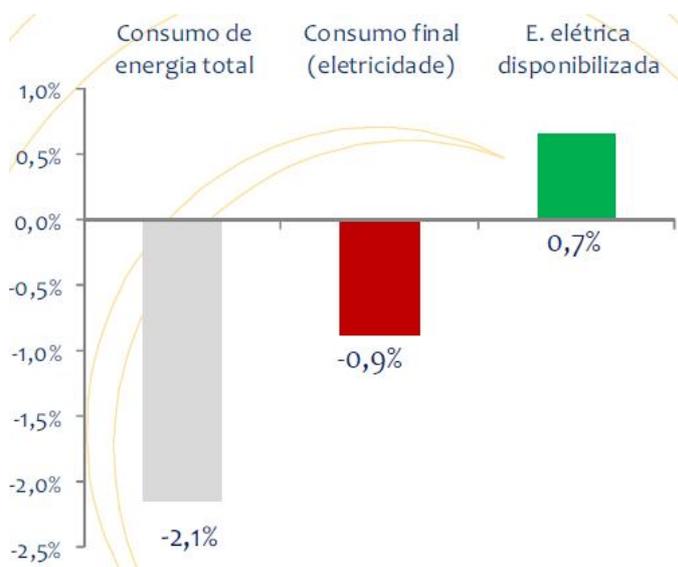


Figura 10: Consumo de energia no Brasil no período de 2015 à 2016.
Fonte: Balanço Energético Nacional, 2017.

A Tabela 3 demonstra que a geração de energia elétrica no Brasil em centrais de serviço público e autoprodutores atingiu 578,9 TWh em 2016, resultado 0,4% inferior ao de 2015. As centrais elétricas de serviço público, com 83,0% da geração total, permanecem como principais contribuintes. A principal fonte de geração de energia elétrica é a hidráulica, que apresentou uma expansão de 5,9% na comparação com o ano anterior. A geração elétrica a partir de não renováveis representou 19,6% do total nacional, contra 25,9% em 2015 (BEN, 2017).

Tabela 3: Geração elétrica em GWh no Brasil em 2015 e 2016.

| Fonte | 2015 | 2016 | Δ 16/15 |
|------------------------------------|----------------|----------------|--------------|
| Hidrelétrica | 359.743 | 380.911 | 5,9% |
| Gás Natural | 79.490 | 56.485 | -28,9% |
| Biomassa ² | 47.394 | 49.236 | 3,9% |
| Derivados do Petróleo ³ | 25.657 | 12.103 | -52,8% |
| Nuclear | 14.734 | 15.864 | 7,7% |
| Carvão Vapor | 18.856 | 17.001 | -9,8% |
| Eólica | 21.626 | 33.489 | 54,9% |
| Solar Fotovoltaica | 59 | 85 | 44,7% |
| Outras ⁴ | 13.669 | 13.723 | 0,4% |
| Geração Total | 581.228 | 578.898 | -0,4% |

¹ Inclui geração distribuída

² Inclui lenha, bagaço de cana e lixívia

³ Inclui óleo diesel e óleo combustível

⁴ Inclui outras fontes primárias, gás de coqueria e outras secundárias

Fonte: Balanço Energético Nacional, 2017.

2.4 Energia solar

Responsável pelo desenvolvimento e manutenção da vida na Terra, o Sol pode ser visto, de acordo com a nossa escala de tempo e com os atuais níveis de consumo energético, como uma fonte de energia inesgotável (GALDINO et al., 2010). É qualquer forma de energia derivada do Sol. (MAZZINI, 2003). O núcleo solar pode alcançar temperaturas perto dos quarenta milhões de graus centígrados e sua superfície pode atingir 6000°C (HINRICHS e KLEINBACH, 2003).

Quase todas as fontes de energia são formas indiretas de energia solar. Além disso, a radiação solar pode ser utilizada diretamente como fonte de energia térmica,

para aquecimento de fluidos e ambientes e para geração de potência mecânica ou elétrica. Pode ainda ser convertida diretamente em energia elétrica, por meio de efeitos sobre determinados materiais, entre os quais se destacam o termoelétrico e o fotovoltaico (ANEEL, 2014).

Toda a energia dissipada pelo Sol é irradiada em todas as direções do sistema. Uma pequena parcela dessa energia dissipada atinge a superfície da Terra, devido à grande distância que os separam (NATIVO, 2014).

Conforme descreve Branco (2004), essa pequena parcela representa 4 trilhões de megawatts-hora por dia, quase 30 mil vezes a quantidade total de energia produzida e consumida no mundo. E tem ainda 60% dessa energia devolvida ao espaço por meio de reflexão, chegando apenas 40% na superfície terrestre e nos oceanos. E essa parcela representa cerca de 6 milhões de vezes a energia produzida pela usina de Itaipu.

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (2014), além das condições atmosféricas (nebulosidade, umidade relativa do ar etc.), a disponibilidade de radiação solar, também denominada energia total incidente sobre a superfície terrestre, depende da latitude local e da posição no tempo (hora do dia e dia do ano). Isso se deve à inclinação do eixo imaginário em torno do qual a Terra gira diariamente (movimento de rotação) e à trajetória elíptica que a Terra descreve ao redor do Sol (translação ou revolução), como ilustrado na Figura 11.



Figura 11: Representação das estações do ano e do movimento da Terra em torno do Sol.

Fonte: MAGNOLI e SCALZARETTO (1998). Adaptado.

No movimento de translação da Terra em volta do Sol, esta recebe cerca de 1410 W/m² de energia. Desta quantidade de energia que é recebida pela Terra, apenas cerca de 19% da mesma é absorvida pela atmosfera terrestre e 35% é refletido pelas nuvens (PINTO et al., 2015).

Segundo Pinto et al. (2015), a energia absorvida pela atmosfera está na forma de luz visível e de luz ultravioleta, a qual é utilizada diretamente pelas plantas para a realização da fotossíntese. Na verdade, apenas uma pequena fração da energia solar disponível é utilizada. O espectro da luz solar na superfície da Terra pode ser definido em toda a gama visível e infravermelho e uma pequena gama de radiação ultravioleta.

A energia solar pode ser aproveitada como fonte de calor para aquecimento ou para a geração de energia elétrica e apresenta-se, basicamente, de duas formas: energia solar térmica (por meio de coletores solares) e a energia fotovoltaica (por meio de células fotovoltaicas).

2.4.1 Energia solar térmica

O aproveitamento da iluminação natural e do calor para aquecimento de ambientes, denominado aquecimento solar passivo, decorre da penetração ou absorção da radiação solar nas edificações, reduzindo-se, com isso, as necessidades de iluminação e aquecimento (ANEEL, 2014). Assim, um melhor aproveitamento da radiação solar pode ser feito com o auxílio de técnicas mais sofisticadas de arquitetura e construção.

A tecnologia do aquecedor solar já vem sendo usada no Brasil desde a década de 60, época em que surgiram as primeiras pesquisas. Em 1973, empresas passaram a utilizá-la comercialmente.

O aproveitamento térmico para aquecimento de fluidos segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (2014) é feito com o uso de coletores ou concentradores solares, conforme ilustrado no Quadro 2.

Quadro 2: Aproveitamento térmico para aquecimento de fluidos.
APROVEITAMENTO TÉRMICO PARA AQUECIMENTO DE FLUIDOS

| COLETORES | Concentradores |
|--|--|
| são mais usados em aplicações residenciais e comerciais (hotéis, restaurantes, clubes, hospitais etc.) para o aquecimento de água (higiene pessoal e lavagem de utensílios e ambientes). | Destinam-se a aplicações que requerem temperaturas mais elevadas, como a secagem de grãos e a produção de vapor. Pode-se gerar energia mecânica com o auxílio de uma turbina a vapor, e, posteriormente, eletricidade, por meio de um gerador. |

Fonte: ANEEL, 2014.

Coletores solares são trocadores de calor que transformam radiação solar em calor. O coletor capta a radiação solar, a converte em calor, e transfere esse calor para um fluido (ar, água ou óleo em geral) (KALOGIROU, 2009).

De acordo com Brandão (2004), os coletores subdividem em coletor plano convencional e coletor plano com tubos evacuados. A Figura 12 apresenta o esquema de um coletor plano convencional, cujos constituintes básicos são:

- a) Caixa do coletor: caixa metálica ou plástica que envolve as diversas partes e protege os fatores externos;
- b) Isolamento térmico: material isolante térmico que preenche a parte inferior e os lados do coletor para minimizar as perdas térmicas;
- c) Absorvedor: placa de cobre coberta com tinta ou superfície seletiva e com tubos onde passa um fluido para remoção de calor e transferência para o local de utilização;
- d) Cobertura: área de recepção dos raios solares, composta por uma superfície transparente constituída por uma ou mais placas de vidro ou outro material transparente à radiação na região visível. Tem a função de reduzir perdas térmicas convectivas, além de conter a radiação infravermelha e servir como proteção do sistema.

Cobertura transparente

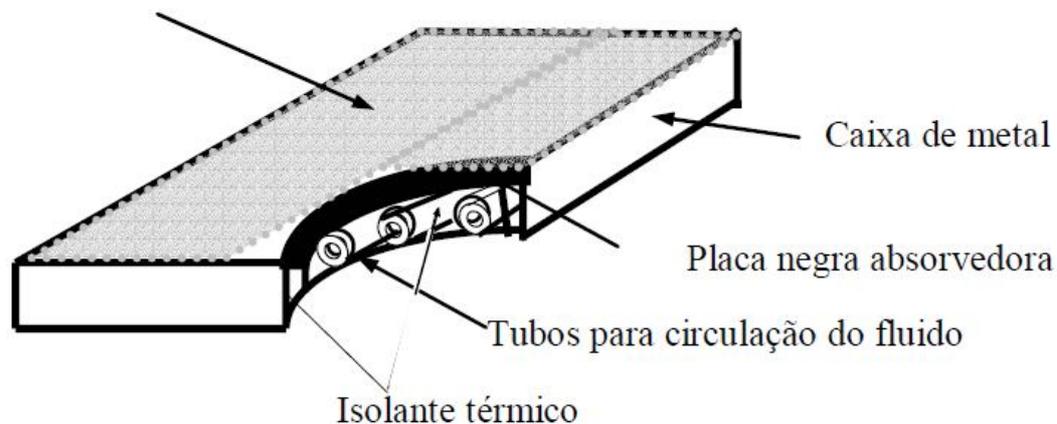


Figura 12: Constituintes básicos do coletor plano convencional.
Fonte: BRANDÃO, 2004.

Os coletores plano convencional possuem a mesma área de abertura (área para interceptação e absorção da radiação) e são aplicáveis para sistemas que necessitem de baixa temperatura. A Figura 13 ilustra os coletores plano convencional residencial aplicado no aquecimento da água de uma piscina.



Figura 13: Coletor plano convencional residencial.
Fonte: O autor.

Segundo Brandão (2004), o coletor plano com tubos evacuados, consiste em tubos aletados recobertos com superfície seletiva e inserido dentro de um tubo oco de

vidro sob vácuo, o que permite suprimir uma boa parte de perdas de natureza convectiva e o coletor concentrador. A energia solar é concentrada opticamente antes de ser transformada em energia térmica. Trata-se na redução da área do absorvedor direcionando a radiação solar da cobertura mediante o uso de um guia de luz apropriado (BRANDÃO, 2004).

Em aplicações que demandam temperaturas mais elevadas, são mais adequados os concentradores solares, que possuem em geral uma superfície refletora (em alguns modelos são utilizadas lentes) que direcionam a radiação direta a um foco, onde há um receptor pelo qual escoo o fluido absorvedor de calor (KALOGIROU, 2009).

Os coletores cilíndricos parabólicos são revestidos por um material refletor em formato parabólico. Ao longo da linha de foco do refletor parabólico é colocado um tubo metálico preto, coberto por um tubo de vidro para evitar perdas de calor, denominado receptor (KALOGIROU, 2009) (Figura 14).



Figura 14: Coletor concentrador parabólico.
Fonte: Renewable Power News (2009).

Quando a parábola aponta para o sol, os raios diretos do sol são refletidos pela superfície e concentrados no receptor. A radiação concentrada aquece o fluido que circula internamente no tubo (KALOGIROU, 2009).

A Figura 15 apresenta o esquema básico de aquecimento térmico de fluidos. A água fria (1) da caixa d'água, que possui densidade maior quando quente, flui para o reservatório térmico (2) e para as placas (3). As placas, por sua vez, absorvem calor

dos raios solares e aquecem a água (4), que retorna na outra extremidade do reservatório térmico (5) como água quente, sendo direcionada para o sistema hidráulico da residência para consumo (6).

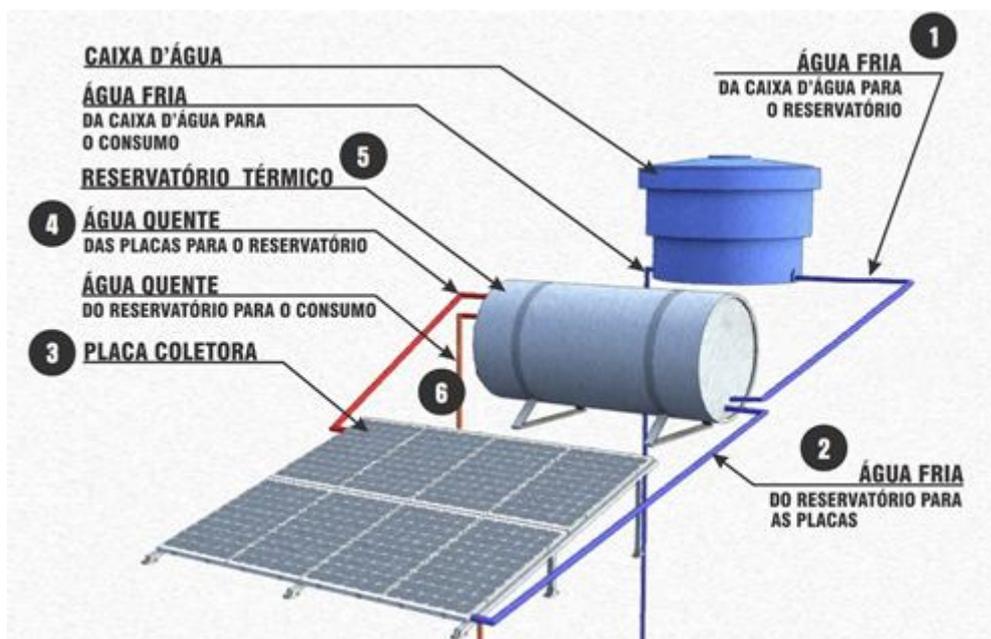


Figura 15: Esquema básico de funcionamento do aquecedor solar de água.

Fonte: Aidê Arquitetura Residencial. Disponível em: <www.aidearquitetura.com.br> Acesso em: 25 jul. 2018.

2.4.2 Energia solar fotovoltaica

O aproveitamento da energia solar, seja como fonte de calor, seja como fonte de luz é uma das alternativas energéticas mais promissoras para solucionar parte dos problemas de escassez de energia enfrentados pela população mundial (TORRES, 2012).

A Terra recebe anualmente $1,5 \times 10^{18}$ kWh de energia solar, o que corresponde a 10.000 vezes o consumo mundial de energia neste período. Este fato vem indicar que, além de ser responsável pela manutenção da vida na Terra, a radiação solar constitui-se numa inesgotável fonte energética, havendo um enorme potencial de utilização por meio de sistemas de captação e conversão em outras formas de energia (térmica, elétrica, etc.) (RUTHER, 2004).

Segundo DGS (2008), apenas uma parte da quantidade total da radiação solar atinge a superfície terrestre. A atmosfera reduz a radiação solar através da reflexão,

absorção e dispersão. O nível de irradiância na Terra atinge um total aproximado de 1000 W/m² ao meio-dia, em boas condições climáticas.

Ao somar a quantidade total da radiação que incide na superfície terrestre durante o período de um ano, obtém-se a irradiação global anual, medida em kWh/m². Este parâmetro sim, varia de um modo significativo de acordo com as regiões (DGS, 2008).

A Energia Solar Fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade (Efeito Fotovoltaico). O efeito fotovoltaico, relatado por Edmond Becquerel, em 1839, é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz. A célula fotovoltaica é a unidade fundamental do processo de conversão (CRESESB, 2006).

Segundo o Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (2006), o primeiro aparato fotovoltaico foi montado em 1876 e apenas em 1956, iniciou-se a produção industrial.

Ao longo de muitos anos, a evolução na tecnologia de uso direto do Sol como fonte de energia foi relativamente lenta. Em 1921, Albert Einstein ganhava o Nobel de Física por sua pesquisa sobre o efeito fotoelétrico, o fenômeno básico da geração de energia por painéis fotovoltaicos (DIENSTMANN, 2009).

De acordo com Dienstmann (2009), cinquenta anos antes, Willian Grylls Adams descobria que o selênio produzia eletricidade quando exposto à luz, fato demonstrado por Heinrich Hertz em 1887.

Foi a partir de 1930, que se começou a produzir eletricidade através da energia solar, no princípio, com células de óxido de cobre e posteriormente de selênio. Mas foi só em 1954, com a execução das primeiras células fotovoltaicas de silício, nos laboratórios Bell e RCA que se começou a prever o fornecimento de energia. A utilização destas células em veículos espaciais permitiu um rápido avanço e progresso (PINTO et al., 2015).

A crise energética de 1973 renovou e ampliou o interesse em aplicações terrestres. Porém, para tornar economicamente viável essa forma de conversão de energia, seria necessário, naquele momento, reduzir em até 100 vezes o custo de produção das células solares em relação ao daquelas células usadas em explorações espaciais (CRESESB, 2006).

Modificou-se, também, o perfil das empresas envolvidas no setor. Nos Estados Unidos, as empresas de petróleo resolveram diversificar seus investimentos, englobando a produção de energia a partir da radiação solar (CRESESB, 2006).

Na década de 80, houve um desenvolvimento constante da tecnologia fotovoltaica a partir do surgimento de várias centrais de alguns megawatts. Esta tecnologia tornou-se familiar à maior parte da população através de alguns produtos de baixa potência como por exemplo: calculadoras, relógios, iluminações de jardim, instalações meteorológicas, bombas de água e frigoríficos solares (PINTO et al., 2015).

O desenvolvimento da tecnologia fotovoltaica foi impulsionada inicialmente por empresas do setor de telecomunicações, que buscavam fontes de energia para sistemas instalados em localidades remotas e também pela corrida espacial, já que a célula fotovoltaica é o meio mais adequado para fornecer a quantidade de energia necessária para a permanência no espaço por longos períodos de tempo, por possuir menos custo e peso (CRESESB, 2004).

Um conjunto de células compreende os painéis fotovoltaicos e podem ser observados na Figura 16.



Figura 16: Painéis de silício monocristalino - Usina FV da Universidade Brasil em Fernandópolis/SP (2018).

Fonte: O autor.

Um dos fatores que impossibilitava a utilização da energia solar fotovoltaica em larga escala era o alto custo das células fotovoltaicas. As primeiras células foram produzidas com o custo de US\$600/W para o programa espacial (CRESESB, 2006).

Segundo a Associação Europeia da Indústria Fotovoltaica – EPIA (2012), com a ampliação dos mercados e várias empresas voltadas para a produção de células fotovoltaicas, o preço médio de um módulo fotovoltaico na Europa, em julho de 2011, era de aproximadamente 1,2 euros por watt, ou seja, cerca de 70% menor que há 10 anos, quando era comercializado a 4,2 euros por watt.

2.4.2.1 O efeito fotovoltaico

O efeito fotovoltaico ocorre em materiais ditos semicondutores, que são caracterizados pela presença de bandas de energia onde elétrons são permitidos, chamadas bandas de valência, e outras bandas que são vazias, chamadas bandas de condução (COMETTA, 1978).

As células fotovoltaicas trabalham no princípio de que os fótons incidentes, colidindo com os átomos dos materiais semicondutores, fazem com que os elétrons sejam deslocados. Se estes elétrons puderem ser capturados antes de retornarem a seus orbitais atômicos, podem ser aproveitados, livres, como corrente elétrica.

Entre essas duas faixas ou bandas se encontra a faixa proibida ou hiato energético. É a largura da faixa proibida que determina se o material é semicondutor. Enquanto materiais isolantes têm uma faixa proibida larga, da ordem de 6 eV, os semicondutores apresentam faixa proibida média, da ordem de 1 eV (BRAGA, 2008).

Um material semicondutor é um material que conduz a corrente elétrica, e cuja resistividade diminui ao elevar-se a temperatura, e pela presença de impurezas, ao contrário do que sucede nos condutores metálicos normais (COMETTA, 1978).

Dos vários materiais semicondutores encontrados na Terra, o mais utilizado é o silício, pois seus átomos possuem quatro elétrons na camada de valência, que fazem ligação com os elétrons do átomo vizinho, formando assim uma rede cristalina. A essa rede cristalina, são adicionados elementos com cinco elétrons de ligação e elementos com três elétrons de ligação (CRESESB, 2006).

A Figura 17 demonstra o esquema de geração de energia fotovoltaica.

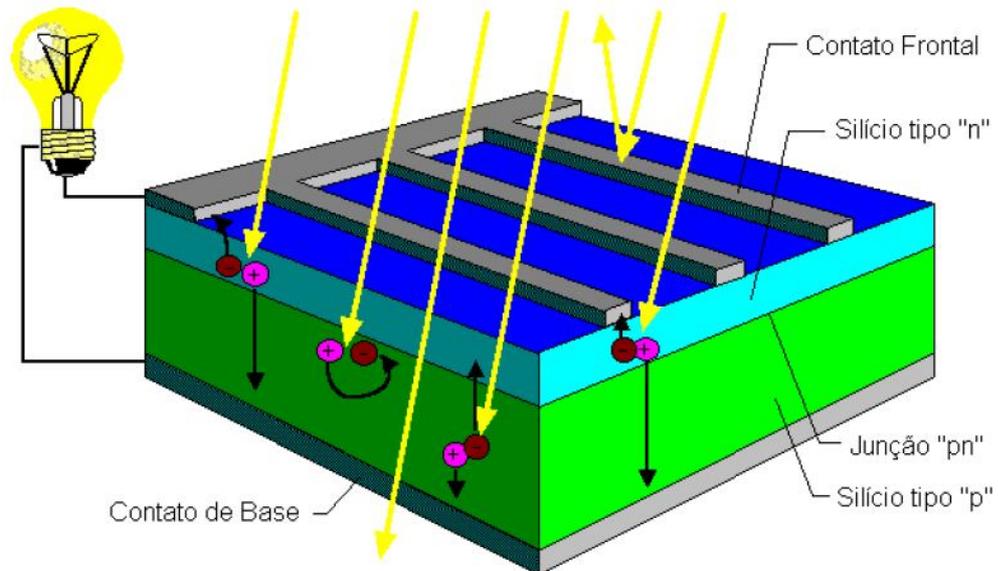


Figura 17: Esquema de geração de energia fotovoltaica.
Fonte: BRAGA, 2008.

Esse movimento de elétrons gera uma diferença de potencial, onde o acúmulo de elétrons de um lado se torna negativo e do outro lado positivo devido à falta de elétrons, gerando um campo elétrico que mantém os elétrons afastados.

A conexão das extremidades do "pedaço" de silício com um fio, fará a circulação de elétrons. Esta é então, a base do funcionamento das células fotovoltaicas (Figura 18).

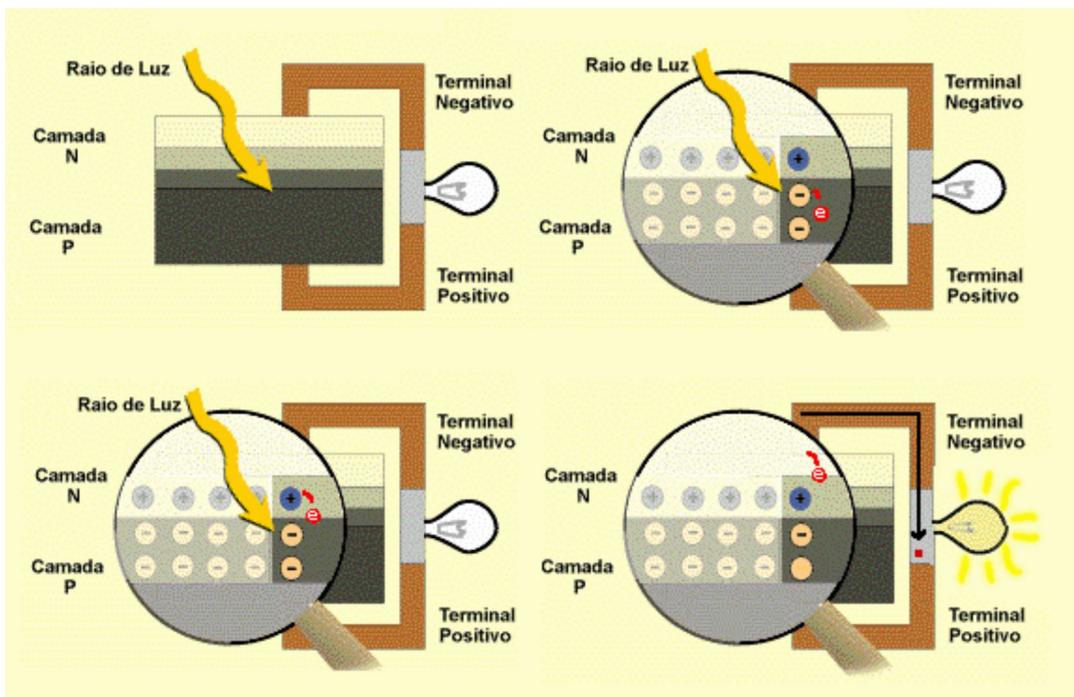


Figura 18: Efeito fotovoltaico na junção p-n.
Fonte: BRAGA, 2008.

2.4.2.2 Tecnologias fotovoltaicas disponíveis

O fluxograma da Figura 19 mostra os tipos de células fotovoltaicas existentes.

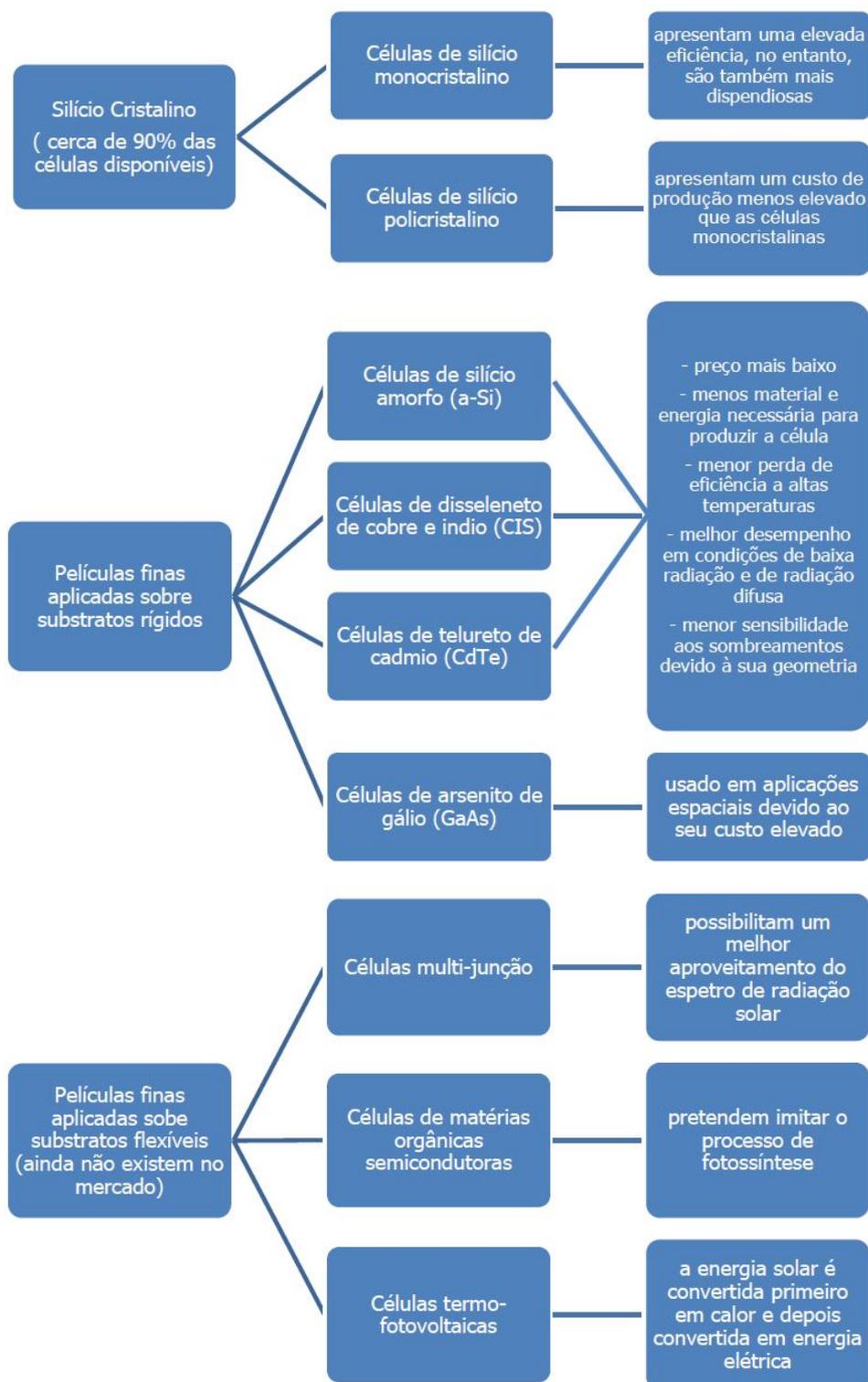


Figura 19: Tipos de células fotovoltaicas.
Fonte: Pinto et al. (2015).

A célula fotovoltaica é a menor unidade de conversão de energia luminosa, proveniente do Sol em energia elétrica e possui alguns tipos segundo a caracterização quanto ao material semicondutor. Praticamente todas as células fotovoltaicas são fabricadas utilizando o silício (CRESESB, 2006).

As tecnologias fotovoltaicas no mercado podem ser divididas em três: a primeira com módulos de fatias de silício, a segunda, composta pelos filmes finos e a terceira, mais recente, a de células solares sensibilizadas por corante.

Nas palavras de Ruther (2004), a produção de células fotovoltaicas destinadas as aplicações terrestres são as células de silício cristalino, na forma de finas fatias de silício (Si), com espessura entre 0,18 e 0,25 mm e as células de filmes finos, que consiste na deposição de películas de diferentes materiais sobre uma base ou substrato.

Na primeira tecnologia, os módulos utilizam como base o silício cristalino, sendo a maior barreira para a expansão desta tecnologia. Isto porque o custo final é bastante elevado, visto que 40% do custo são provenientes da fatia de silício utilizada na fabricação da célula (GREEN, 2004). A principal vantagem desta tecnologia é a alta eficiência alcançada, cerca de 10 a 16%, em média (ZOMER, 2010).

O silício cristalino é a mais tradicional das tecnologias fotovoltaicas e a que apresenta maior escala de produção em nível comercial (86%) da produção mundial e os 14% restantes estão divididos pelos diferentes tipos de filmes (EPIA, 2012).

Outra tecnologia fotovoltaica de primeira geração inserida no mercado é conhecida como HIT (Heterojunção com uma camada fina intrínseca). Os módulos desta tecnologia são compostos por duas camadas de silício amorfo e uma camada central de silício monocristalino (ZOMER, 2010). A eficiência destas células é de aproximadamente 17% (IST; DGS; UE, 2004).

Segundo Ruther (2004), nas células de filmes finos, apenas uma fina camada de material fotovoltaica é deposita sobre substratos de baixo custo, como vidro, aço inox e alguns plásticos, o que possibilita o desenvolvimento de módulos flexíveis, leves, semitransparentes e com superfícies curvas, facilitando assim a integração com o envelope de uma integração.

A terceira tecnologia fotovoltaica, a mais recente, é a célula composta por dióxido de Titânio (TiO_2) nanocristalino combinado com corante orgânico,

desenvolvido inicialmente na Suíça por Michael Graetzel, em 1991. São nomeadas pela sigla CSSC, que significa células solares sensibilizadas por corante.

A principal característica é seu baixo custo além da facilidade de fabricação, podendo, inclusive, ser desenvolvida em laboratórios escolares (GREEN, 2004). A eficiência obtida é baixa, mas, às vezes, o custo é tão importante quanto a eficiência.

De acordo com Ruther (2004), além do silício, outros elementos como Teleureto de cádmio (CdTe) e os compostos relacionados ao disseneleto de cobre, gálio e índio (CuISe₂ ou CIS e CU (InGa)Se₂ ou CIGIS) também são utilizados na produção de células solares. No entanto, alguns elementos deste grupo são altamente tóxicos, como (Cd, Se e Te), ou muito caros (Te, Se, Ga, In, Cd), ou ambos, o que inicialmente se mostrou um obstáculo considerável ao uso mais intensivo destas tecnologias.

O material utilizado nas células solares deve ser da maior pureza possível, o que pode ser obtido através de sucessivas etapas na produção química (DGS, 2008).

Outro fator que caracteriza a eficiência do módulo é a sua relação de potência nominal e área. Supondo-se que dois módulos tenham a mesma potência, aquele de menor área terá maior eficiência.

O Quadro 3 mostra uma série de fabricantes de módulos e suas respectivas eficiências, sendo a maioria baseados em Silício, tanto amorfo, quanto cristalino.

Quadro 3: Características de módulos fotovoltaicos de diferentes tecnologias.

| Tecnologia | Fabricante | Modelo | Potência (W) | Área (m ²) | EFF _{STC} (%) |
|------------|--------------|-----------------|--------------|------------------------|------------------------|
| CSSC | Konarka | KT3000 | 26 | 1,55 | 1,70 |
| a-Si | Schott Solar | SCHOTT ASI100 | 100 | 1,45 | 7,00 |
| | Uni-Solar | PVL-136 | 136 | 2,16 | 6,30 |
| | Sontor | SN2-145 | 145 | 1,78 | 8,15 |
| HIT | Sanyo Solar | HIP-205BA3 | 205 | 1,18 | 17,40 |
| m-Si | Shell Solar | Ultra 175-PC | 175 | 1,32 | 13,30 |
| | Suntech | PLUTO 200-ADA | 200 | 1,28 | 17,00 |
| | SunPower | 315 Solar Panel | 315 | 1,63 | 19,30 |
| p-Si | BP Solar | SX 3200 B | 200 | 1,41 | 13,50 |
| | Solon | Blue 220/07 | 220 | 1,61 | 13,41 |
| | Sharp | ND-220U2 | 220 | 1,63 | 13,50 |
| | Kyocera | KD210GX-LP | 210 | 1,49 | 14,00 |

Fonte: Zomer (2010).

Fica evidente de acordo com o Quadro 3, que a tecnologia mais eficiente é a de silício monocristalino, com 19,3% de eficiência de conversão. Na sequência, com 17,40%, aparece a tecnologia HIT e com menor eficiência, a tecnologia de células solares sensibilizadas por corante, a CSSC, com apenas 1,7% de eficiência. O silício amorfo, apresenta a metade da eficiência das demais tecnologias.

2.5 Panorama mundial e nacional da energia solar fotovoltaica

2.5.1 Energia solar fotovoltaica no mundo

A energia solar fotovoltaica vem apresentando um efetivo crescimento em diversos países nos últimos anos, em parte devido à implantação e intensificação de programas governamentais, que estimulam o desenvolvimento tecnológico e industrial para um melhor aproveitamento deste tipo de energia (TORRES, 2012).

Altos preços para a energia convencional e a consciência pública frente ao aquecimento global, têm impulsionado o mercado de células solares (BRAGA, 2008). Segundo o Departamento de Energia dos Estados Unidos (2005), o desafio da energia elétrica solar é o do custo de produção. Esse custo deve cair mais para competir em grande escala com combustíveis fósseis.

A geração de energia elétrica a partir da fonte solar fotovoltaica é uma das que mais tem crescido no mundo. De acordo com a pesquisa GTM Research Monitor Global de Demanda Solar (2017), a demanda chinesa excedeu 34 GW da capacidade instalada em 2016, empurrando no mesmo ano, para pouco mais de 78 GW.

A capacidade global instalada foi de 306,4 GW (Figura 20). A demanda em 2018 é susceptível de crescer menos de 1%, com mais crescimento significativo esperado de 2019 em diante, como adjudicados projetos de 2016 e 2017 atingem seus prazos de conclusão e novos mercados começam a decolar. A previsão cumulativa no período entre 2017 e 2022 é de 572,9 G W (GTM RESEARCH, 2017).

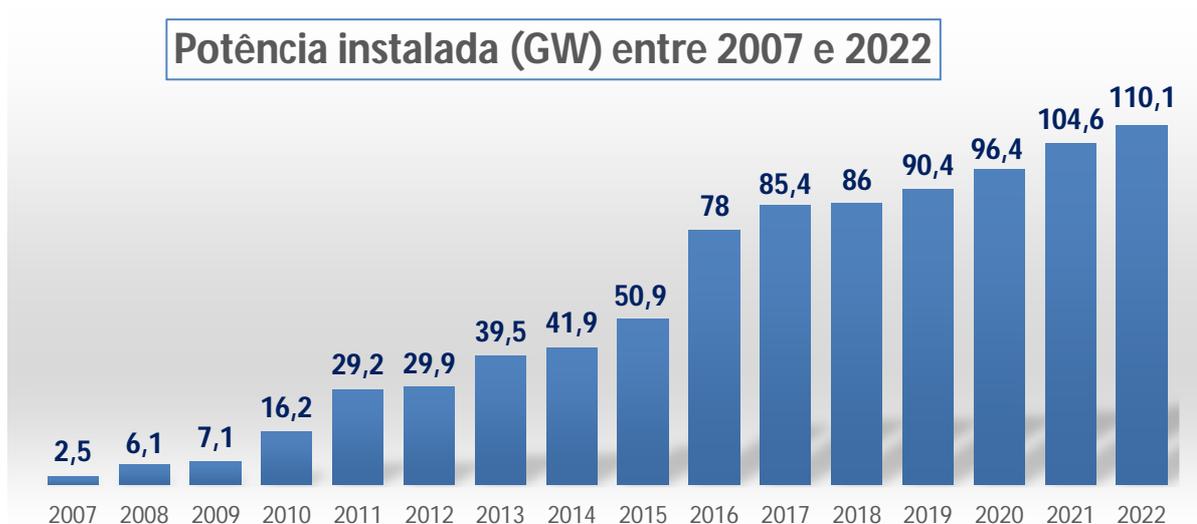


Figura 20: Demanda global de energia solar fotovoltaica entre o período de 2007 e 2022 em GW.
Fonte: GTM Research Monitor Global de Demanda Solar (2017).

A Figura 21 mostra a capacidade de energia solar fotovoltaica por região entre os anos de 2010 e 2035.

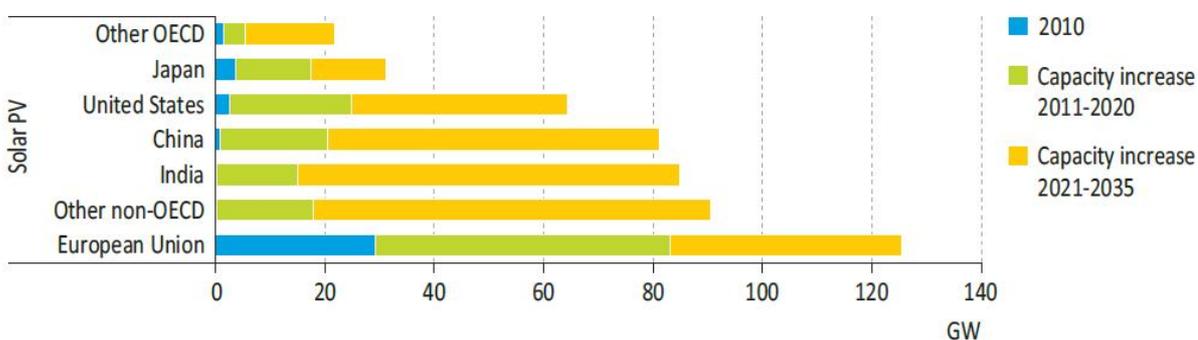


Figura 21: Capacidade de energia solar fotovoltaica por região.
Fonte: (IEA, 2011).

No cenário das novas políticas, 70% do crescimento da capacidade solar FV ocorre nos Estados Unidos, União Europeia, China e Índia. A geração de energia fotovoltaica aumenta substancialmente ao longo do período de perspectiva, de 20 TWh em 2009 para 740 TWh em 2035 no cenário de novas políticas, crescendo em média a uma taxa de 15% por ano (IEA, 2011).

A União Europeia representou três quartos da energia solar fotovoltaica global de geração em 2010. Esta, tem sido impulsionada por programas governamentais fortes, particularmente na Alemanha, onde houve crescimento rápido nos últimos anos (IEA, 2011).

Esse crescimento exponencial explica-se basicamente por dois fatores: i) forte redução verificada nos preços da energia solar e dos equipamentos para sua produção – módulos fotovoltaicos, principalmente; e ii) incentivos diversos oferecidos pelos países para adoção de fontes renováveis de energia (BRASIL, 2018).

A tendência de redução de custos e preços permanece no cenário internacional. A Ásia – China e Japão, em particular – domina o mercado. Incluindo a Índia, que também vem aumentando sua inserção solar, estima-se que o trio responda por cerca de 50% da capacidade instalada acumulada (BRASIL, 2018).

Segundo estudo elaborado pela EPIA (European Photovoltaic Industry Association) (2015), o setor da energia solar fotovoltaica no mundo experimentou um novo ano de crescimento em 2014 atingindo uma capacidade acumulada de 178 GW. Em 2014, pelo menos 40 GW de sistemas fotovoltaicos foram instalados, com China, Estados Unidos e Japão entre os três principais mercados.

Na Europa, a instalação de sistemas fotovoltaicos somou 7 GW. Em três países, Itália, Alemanha e Grécia, mais de 7% da demanda de eletricidade anual é atendida pelo sistema fotovoltaico. A estimativa da EPIA é que a energia solar poderá crescer em 80% até 2019 (EPIA, 2015).

Segundo a Agência Internacional de Energia – IEA (2011), a energia solar poderá responder por cerca de 11% da oferta mundial de energia elétrica em 2050.

2.5.2 Energia solar fotovoltaica no Brasil

A maior parte do território brasileiro está localizada relativamente próxima da linha do Equador, de forma que não se observam grandes variações na duração solar do dia. Contudo, a maioria da população brasileira e das atividades socioeconômicas do país se concentra em regiões mais distantes do Equador (ANEEL, 2005).

Em Porto Alegre, capital brasileira mais meridional (cerca de 30° S), a duração solar do dia varia de 10 horas e 13 minutos a 13 horas e 47 minutos, aproximadamente, entre 21 de junho e 22 de dezembro, respectivamente (ANEEL, 2005).

No Brasil, entre os esforços mais recentes e efetivos de avaliação da disponibilidade de irradiação solar, destaca-se o Atlas Brasileiro de Energia Solar, o qual foi desenvolvido dentro do escopo do projeto SWERA (Solar and Wind Energy Resource Assessment), financiado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio

Ambiente (PNUMA) e co-financiado pelo Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF) (ZOMER, 2010).

De acordo Pereira et al. (2006) o projeto SWERA tem como foco principal promover o levantamento de uma base de dados confiável e de alta qualidade visando auxiliar no planejamento e desenvolvimento de políticas públicas de incentivo a projetos nacionais de energia solar e eólica e atrair o capital de investimentos da iniciativa privada para a área de energias renováveis.

No Brasil existem várias iniciativas no sentido de levantamento de dados de radiação solar para se determinar o potencial de energia solar. Dentre elas pode-se destacar o Atlas Solarimétrico do Brasil (TIBA, 2000).

A Figura 22 mostra o mapa referente a radiação global diária, dentro de uma perspectiva média anual. Os resultados deste trabalho mostram que a radiação solar no país varia de 8 a 22 MJ/m² durante o dia, sendo que as menores variações ocorrem nos meses de maio a julho, quando a radiação varia de 8 a 18 MJ/m² (BRASIL, 2007).

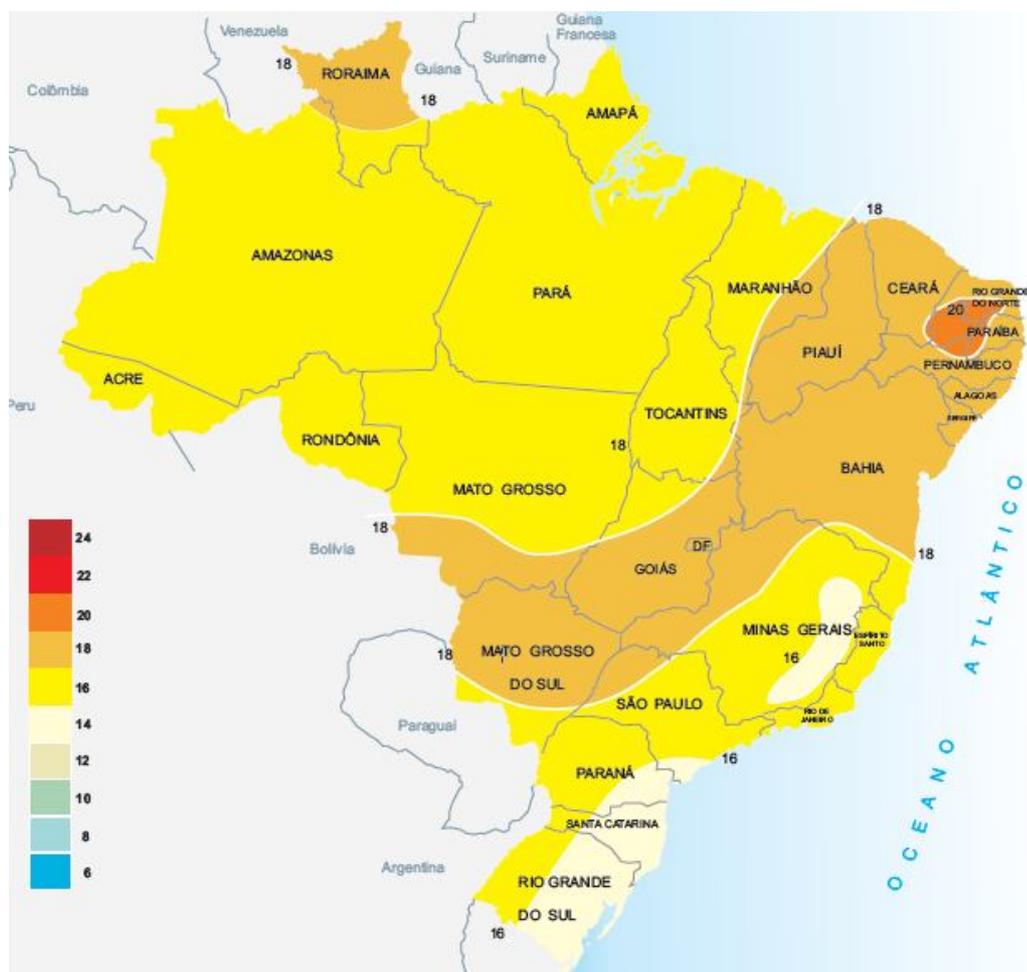


Figura 22: Radiação solar global diária, média anual no país.
Fonte: Atlas Solarimétrico do Brasil (2000).

Outro mapa importante é a insolação diária, considerando o média anual, conforme mostra a Figura 23. Observa-se que a maior parte do Brasil detém um padrão médio de insolação entre 5 e 6 horas diárias. No Nordeste brasileiro, a insolação diária em algumas regiões é de 8 horas. No caso do Estado de São Paulo, a insolação está entre 6 e 7 horas por dia.

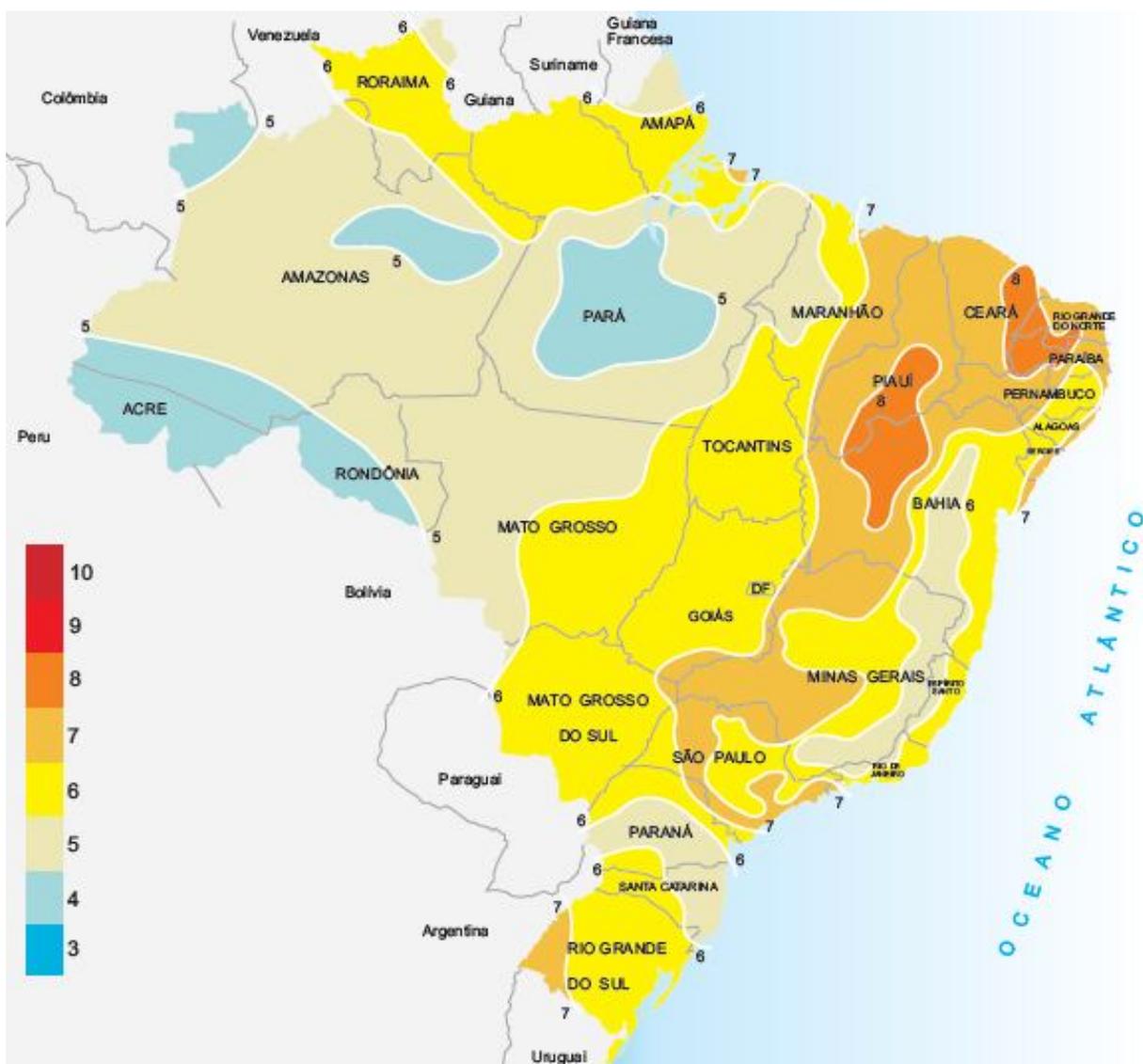


Figura 23: Insolação diária, média anual no país.
Fonte: Atlas Solarimétrico do Brasil (2000).

De acordo com a Tabela 4, o Nordeste brasileiro é a região de maior radiação solar, com média anual comparável as melhores regiões do mundo, como a cidade de Dangola, no deserto do Sudão, e a região de Dagget no Deserto de Mojave, Califórnia. Por isso, a região Nordeste apresenta as melhores condições para o aproveitamento

heliotérmico; entretanto, todas as regiões do país são favoráveis à utilização de aquecedores solares e da energia fotovoltaica.

Tabela 4: Dados de radiação solar.

| Localidade | Latitude | Radiação mínima (MJ/m ²) | Radiação máxima (MJ/m ²) | Média anual (MJ/m ²) | Radiação max/ Radiação min. |
|--------------------|----------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Dangola (Sudão) | 19°10' | 19,1 (Dez) | 27,7 (Mai) | 23,8 | 1,4 |
| Dagget (EUA) | 34°52' | 7,8 (Dez) | 31,3 (Jun) | 20,9 | 4,0 |
| Belém – PA | 1°27' | 14,2 (Fev) | 19,9 (Set) | 17,5 | 1,4 |
| Florianópolis – PI | 6°46' | 17,0 (Jun) | 22,5 (Out) | 19,7 | 1,3 |
| Petrolina – PE | 9°23' | 16,2 (Jun) | 22,7 (Out) | 19,7 | 1,4 |
| B.J. Lapa – BA | 13°15' | 15,9 (Jun) | 21,1 (Out) | 19,7 | 1,3 |
| Cuiabá – MT | 15°33' | 14,7 (Jun) | 20,2 (Out) | 18,0 | 1,4 |
| B. Horizonte – MG | 19°56' | 13,8 (Jun) | 18,6 (Out) | 16,4 | 1,3 |
| Curitiba – PR | 25°26' | 9,7 (Jun) | 19,4 (Jan) | 14,2 | 2,0 |
| P. Alegre – RS | 30°01' | 8,3 (Jun) | 22,1 (Dez) | 15,0 | 2,7 |

Fonte: Atlas Solarimétrico do Brasil (2000).

Na Figura 24 é possível verificar que houve aumento muito significativo na potência instalada acumulada da fonte solar fotovoltaica entre os anos de 2013 e 2017 no Brasil. Somente no ano de 2017, essa potência foi de 1112,8 MW, cerca de 12,63 vezes mais do que no ano anterior, sendo 177,4 MW de geração distribuída e 935,3 MW de geração centralizada.

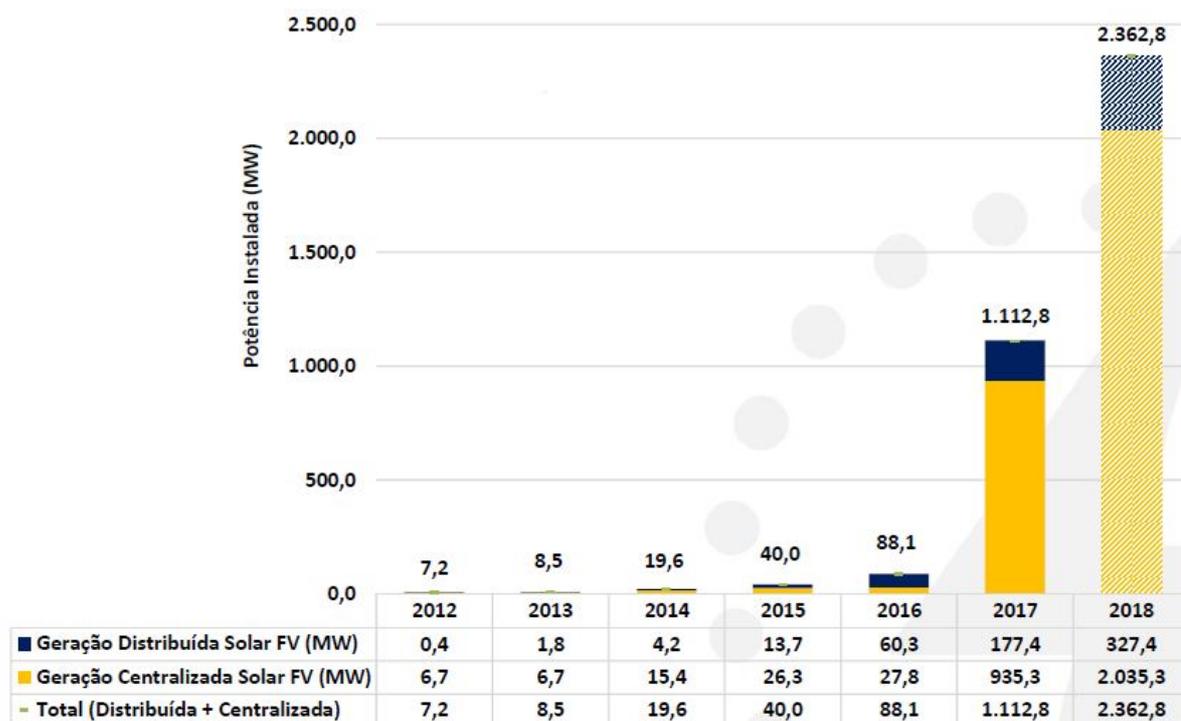


Figura 24: Potência instalada acumulada (MW) da fonte solar fotovoltaica no Brasil e projeção para 2018.

Fonte: ANEEL/ABSOLAR, 2018.

Ainda de acordo com a Figura 24, a projeção para 2018 da potência instalada acumulada da fonte solar fotovoltaica é de 2362,8 MW, sendo 327,4 de geração distribuída e 2035,3 de geração centralizada. A tendência é que a demanda de potência instalada esteja concentrada na geração centralizada.

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (2011), geração distribuída é uma expressão utilizada para designar a geração elétrica junto ou próxima do(s) consumidor(res) independente da potência, tecnologia e fonte de energia.

A legislação brasileira, por meio do Decreto de Lei nº 5.163 de 30 de julho de 2004, Art. 14 (BRASIL, 2004), define geração distribuída como sendo:

“[...] Art. 14. Considera-se geração distribuída a produção de energia elétrica proveniente de empreendimentos de agentes concessionários, permissionários ou autorizados, incluindo aqueles tratados pelo art. 8º da Lei no 9.074, de 1995, conectados diretamente no sistema elétrico de distribuição do comprador, exceto aquela proveniente de empreendimento: I - hidrelétrico com capacidade instalada superior a 30 MW; e II - termelétrico, inclusive de cogeração, com eficiência energética inferior a setenta e cinco por cento, conforme regulação da ANEEL, a ser estabelecida até dezembro de 2004. [...]”

Para Caamaño et al. (2007) a geração fotovoltaica distribuída, apesar de causar um menor impacto ao ser injetada na rede elétrica em relação a outras tecnologias como a eólica, possui uma característica tecnológica particular (o fato de necessitar de inversores para converter a corrente primária em CA) que a torna interessante como matéria de pesquisa a ser aprofundada.

A forma tradicional de geração de energia elétrica é chamada de Geração Centralizada (GC), em que se utiliza uma grande fonte geradora para a transformação da energia. Grandes usinas térmicas e hidrelétricas são exemplos de GC (BOEFF, 2013).

Segundo Boeff (2013), estas usinas estão limitadas a se instalarem em locais apropriados, como, por exemplo, próximas de rios. Isso torna necessária a utilização de longas linhas de transmissão para a distribuição de energia quando para lugares afastados. Porém, há diversos fatores que implicam em perdas, diminuindo a eficiência de todo o processo.

Uma alternativa é a Geração Distribuída (GD) que está em crescente desenvolvimento no mundo. Trata-se da geração de energia elétrica por pequenas fontes, propositalmente instaladas próximo das cargas para minimizar o uso de linhas de transmissão. Tecnologias recentes possibilitam a fabricação de geradores de GD

com dimensões bastante reduzidas, menor custo de produção e de alta eficiência (BOEFF, 2013).

Uma das principais vantagens da geração distribuída, em comparação com a geração central de energia, é a economia em investimentos para a ampliação da rede, diminuindo perdas por transmissão e distribuição (T&D) e melhorando a estabilidade do serviço de energia elétrica (ZOMMER, 2010).

Verifica-se que Minas Gerais, Rio Grande do Sul e São Paulo foram os estados que apresentaram maior potência instalada de geração distribuída solar fotovoltaica, representando respectivamente, 24,3%, 14,5% e 12,8% do total de geração. O estado do Amazonas foi o que apresentou menor potência instalada, em torno de 0,1 MW (Figura 25).

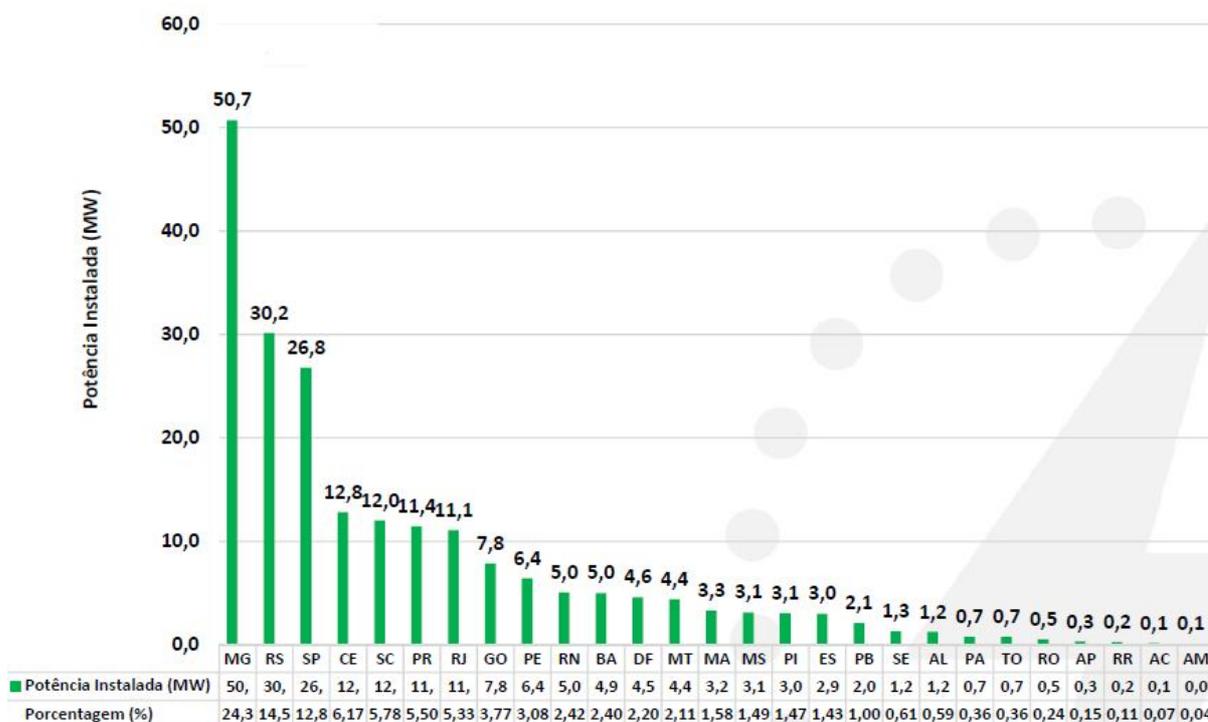


Figura 25: Potência instalada (MW) de geração distribuída solar fotovoltaica por UF.

Fonte: ANEEL/ABSOLAR, 2018.

De acordo com a Figura 26, a classe de consumo comercial e serviços demandou 41,2% da potência instalada de geração distribuída solar fotovoltaica no Brasil. Em segunda posição, a classe de consumo residencial, que representou 39,0% de demanda. Observa-se que a classe de consumo que apresentou maior número de sistemas, não foi a que demandou maior potência instalada.

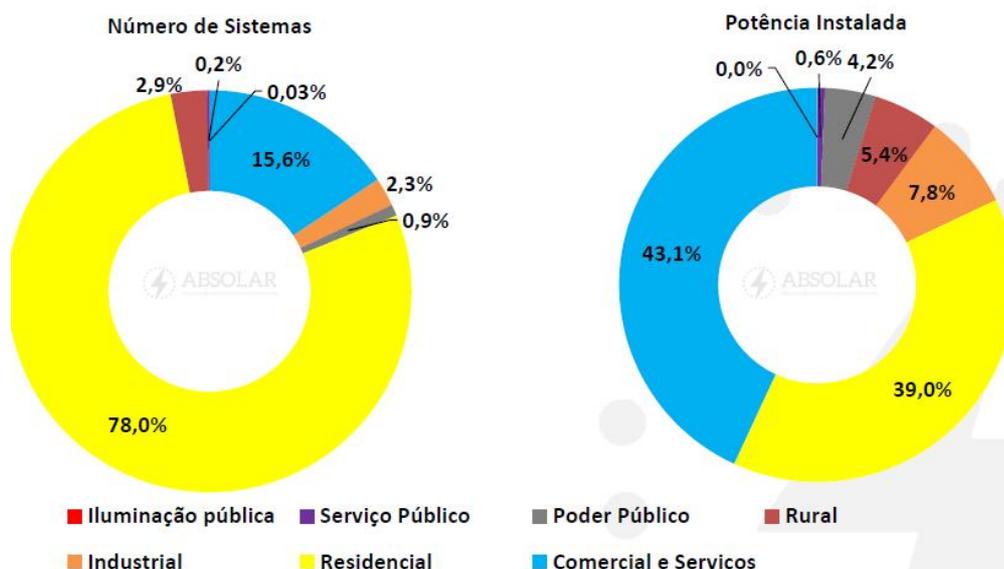


Figura 26: Geração distribuída solar fotovoltaica no Brasil por classe do consumo.
Fonte: ANEEL/ABSOLAR, 2018.

Os resultados do Leilão de Energia Nova (LEN A-4) com contratos para 20 anos e com início de suprimento para 2021, que ocorreu em 2017, mostrou que a fonte solar fotovoltaica atingiu um novo patamar de competitividade na matriz elétrica brasileira. Pela Figura 27 pode-se observar um aumento da contratação acumulada de energia solar fotovoltaica entre os anos de 2013 e 2017, totalizando 2921,2 MW contratados em leilão, com preço médio aproximado de US\$ 80,00/MW.

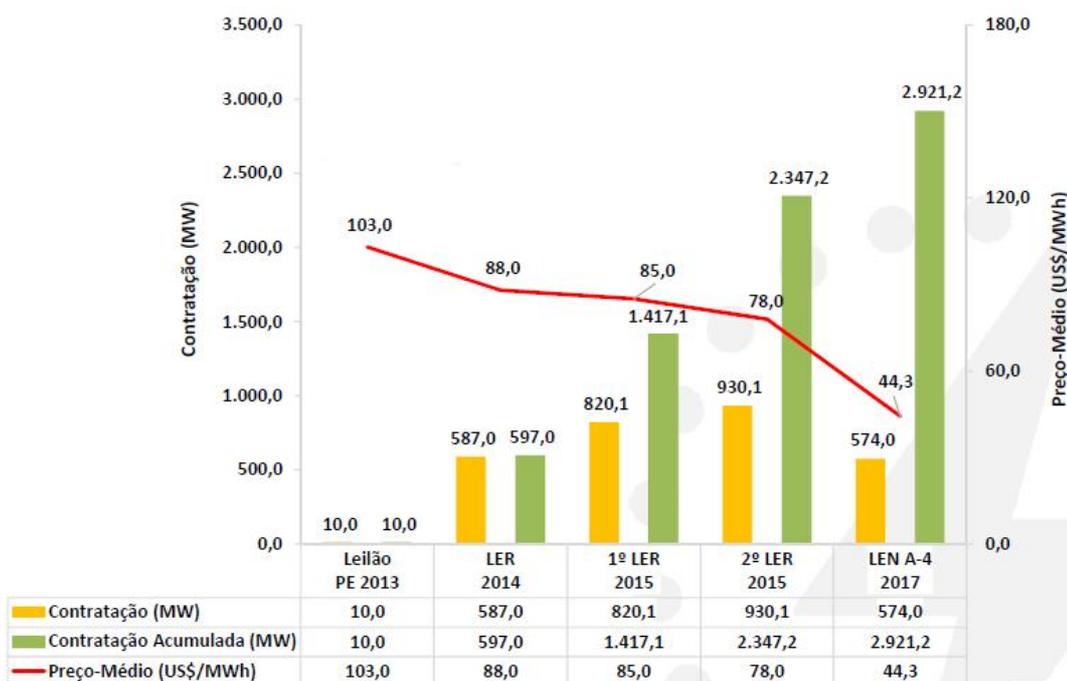


Figura 27: Evolução da geração centralizada solar fotovoltaica no Brasil.
Fonte: ANEEL/ABSOLAR, 2018.

De acordo com a Figura 28, nota-se que Bahia, Piauí e Minas Gerais foram os estados que apresentaram maior potência, com total de 1800,1 MW instalados. Verifica-se ainda que a maior potência em geração centralizada se concentrou no estado da Bahia, com 789,1 MW instalados, sendo 342,2 MW já em operação, 117,4 MW em construção e 329,6 MW com construções ainda não iniciadas. O estado do Goiás foi o que apresentou menor potência instalada, com apenas 10 MW.

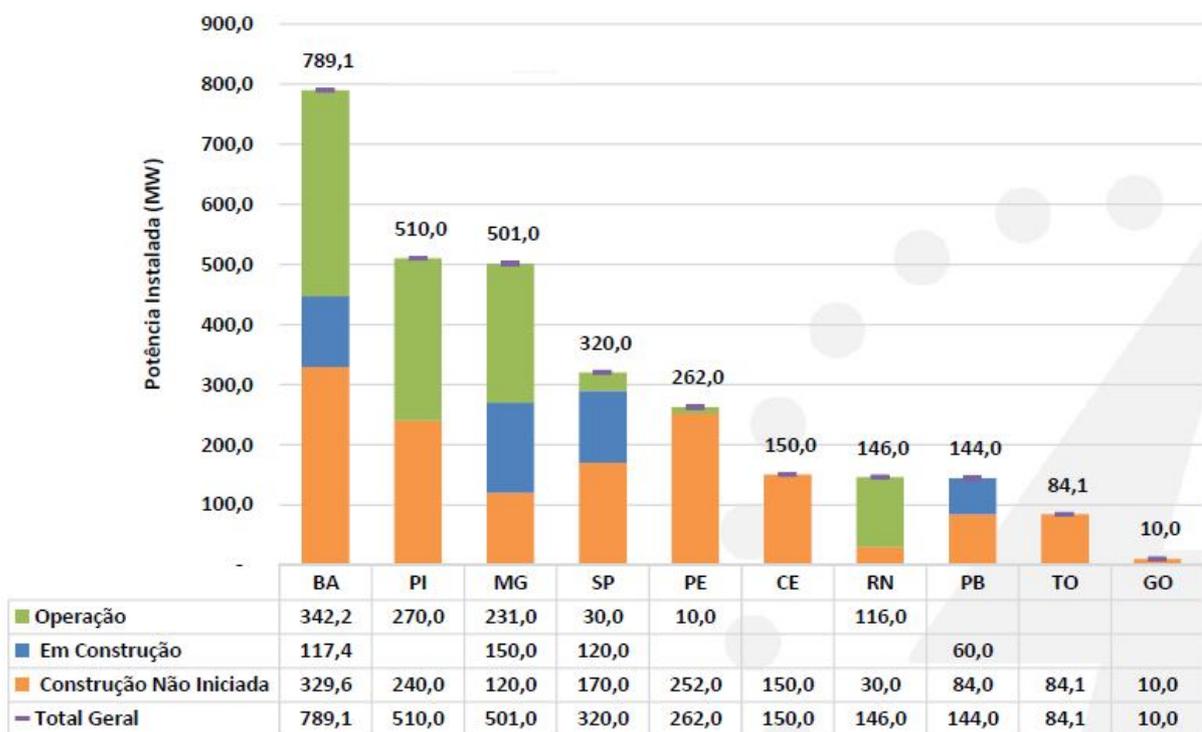


Figura 28: Potência instalada (MW) e status de geração centralizada solar fotovoltaica por estado.
Fonte: ANEEL/ABSOLAR, 2018.

2.6 Legislação vigente

O processo de aprovação de uma regulamentação para o incentivo ao uso da tecnologia fotovoltaica em geração distribuída (GD) no meio urbano no Brasil foi bastante demorado e cheio de incertezas e reveses. O trabalho teve início em 2008 quando o Ministério de Minas e Energia (MME) instituiu o Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos (GT-GDSF) (MONTENEGRO, 2013).

Segundo Januzzi (2009), o Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos foi criado através da Portaria nº 36/2008, com a finalidade de elaborar estudos, propor condições e sugerir critérios destinados à elaboração de uma

proposta política de utilização da energia solar fotovoltaica conectada à rede, especialmente em edificações urbanas.

Outra iniciativa que partiu do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) que encomendou um estudo ao Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), cujo objetivo era traçar recomendações para formulação e implantação de políticas que incentivassem a inovação tecnológica e a participação industrial do Brasil na produção de silício de grau solar e de energia solar fotovoltaica, no horizonte de 2010-2025 (JANUZZI, 2009).

Através da Consulta Pública de nº 15/2010, que mapeou as principais barreiras para a instalação da GD de pequeno porte e a da Audiência Pública de nº 42/2011, que apresentou propostas com objetivo de reduzir as barreiras para acesso de centrais geradoras até 1 MW, que utilizem fontes incentivadas de energia, assim como para a fonte solar (até 30 MW), a ANEEL analisou e discutiu as contribuições desses documentos e aprovou a Resolução Normativa n. 482, de 17 de Abril de 2012, instituindo as regras destinadas a reduzir barreiras para instalação de GD de pequeno porte, que incluem a microgeração (até 100 kW) e a minigeração (100 kW a 1 MW).

2.7 Sistema fotovoltaico

Segundo Pinho e Galdino (2014), o sistema fotovoltaico é constituído por um bloco gerador, um bloco de condicionamento de potência e, opcionalmente, um bloco de armazenamento. O bloco gerador contém os arranjos fotovoltaicos, constituídos por módulos fotovoltaicos em diferentes associações, o cabeamento elétrico que os interliga e a estrutura do suporte. O bloco de condicionamento de potência contém os inversores, controladores de carga (se houver armazenamento) e outros dispositivos de proteção e supervisão e controle. O bloco de armazenamento é constituído por acumuladores elétricos (baterias).

2.7.1 Tipos de sistemas fotovoltaicos

Basicamente existem dois tipos de configurações possíveis para os sistemas solares fotovoltaicos, que são os sistemas isolados e os interligados à rede, tendo como principal diferença entre os dois sistemas a sua forma de acumulação de energia (REBECHI, 2008).

Os sistemas isolados são aqueles que não possuem qualquer conexão com o sistema público de fornecimento de energia elétrica e os interligados são aqueles efetivamente conectados ao sistema público de fornecimento de energia elétrica.

2.7.1.1 Sistemas isolados

Também conhecidos como autônomos, isto é, independentes da rede elétrica convencional, estes sistemas podem ou não utilizar algum tipo de armazenamento de energia. São puramente fotovoltaicos, ou seja, não apresentam fontes de energia complementares à conversão de energia promovida pelos módulos solares (BRAGA, 2008).

Sistemas isolados (SFI), puramente fotovoltaicos (SFV) ou híbridos, em geral necessitam de algum tipo de armazenamento. O armazenamento pode ser em baterias, quando se desejar utilizar aparelhos elétricos nos períodos em que não há geração de energia fotovoltaica, ou em outras formas de armazenamento (PINHO; GALDINO, 2014). Para o mesmo autor, a bateria também funciona como uma referência de tensão C.C. (corrente contínua) para os inversores formadores da rede do sistema isolado. A Figura 29 mostra o esquema de um sistema fotovoltaico isolado básico.

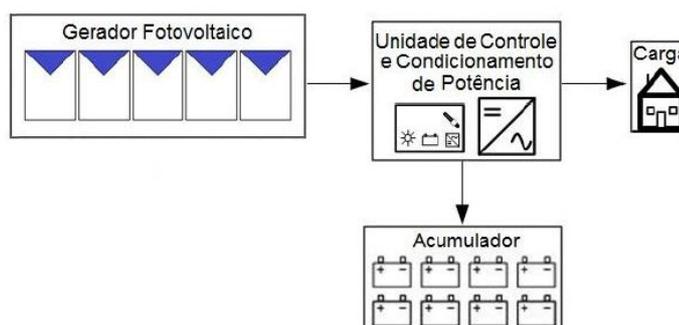


Figura 29: Configuração básica de um SFI.
Fonte: Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos (2014).

Os sistemas isolados são subdivididos em domésticos ou autônomos e não domésticos. Os SFIs domésticos fornecem energia elétrica para iluminação, refrigeração e outras cargas de baixa potência para pessoas que estão em locais isolados e de difícil acesso, e neste caso, não estão conectados à rede de distribuição de eletricidade da concessionária local.

Os sistemas fotovoltaicos não domésticos foram as primeiras aplicações comerciais para sistemas terrestres e fornecem energia para uma vasta gama de aplicações, tais como refrigeração, telecomunicações, vacinas, bombeamento de água, ajuda à navegação e estações de medição de dados meteorológicos (IEA, 2010).

De acordo com Torres (2012), os sistemas isolados (domésticos e não domésticos) são compostos por painel fotovoltaico, controlador de carga, inversor e banco de baterias necessárias para o armazenamento e fornecimento da energia gerada nos períodos nos quais não há insolação.

2.7.1.2 Sistemas híbridos

De acordo com Braga (2008), os sistemas híbridos consistem na combinação de outros sistemas fotovoltaicos com outras fontes de energia que assegurem a carga das baterias na ausência de Sol.

Chamam-se de sistemas híbridos àqueles em que existe mais de uma forma de geração de energia, como por exemplo, grupo gerador a diesel, aerogeradores e geradores fotovoltaicos (PINHO; GALDINO, 2014). Para o mesmo autor, estes sistemas são mais complexos e necessitam de algum tipo de controle capaz de integrar os vários geradores, de forma a otimizar a operação para o usuário.

Em geral, os sistemas híbridos são empregados para sistemas de médio a grande porte, vindo a atender um número maior de usuários. Por trabalhar com cargas de corrente contínua, o sistema híbrido também apresenta um inversor (BRAGA, 2008).

Segundo Pinho e Galdino (2014), existem várias configurações possíveis, assim como estratégias de uso de cada fonte de energia. A Figura 30 apresenta uma dessas possibilidades.

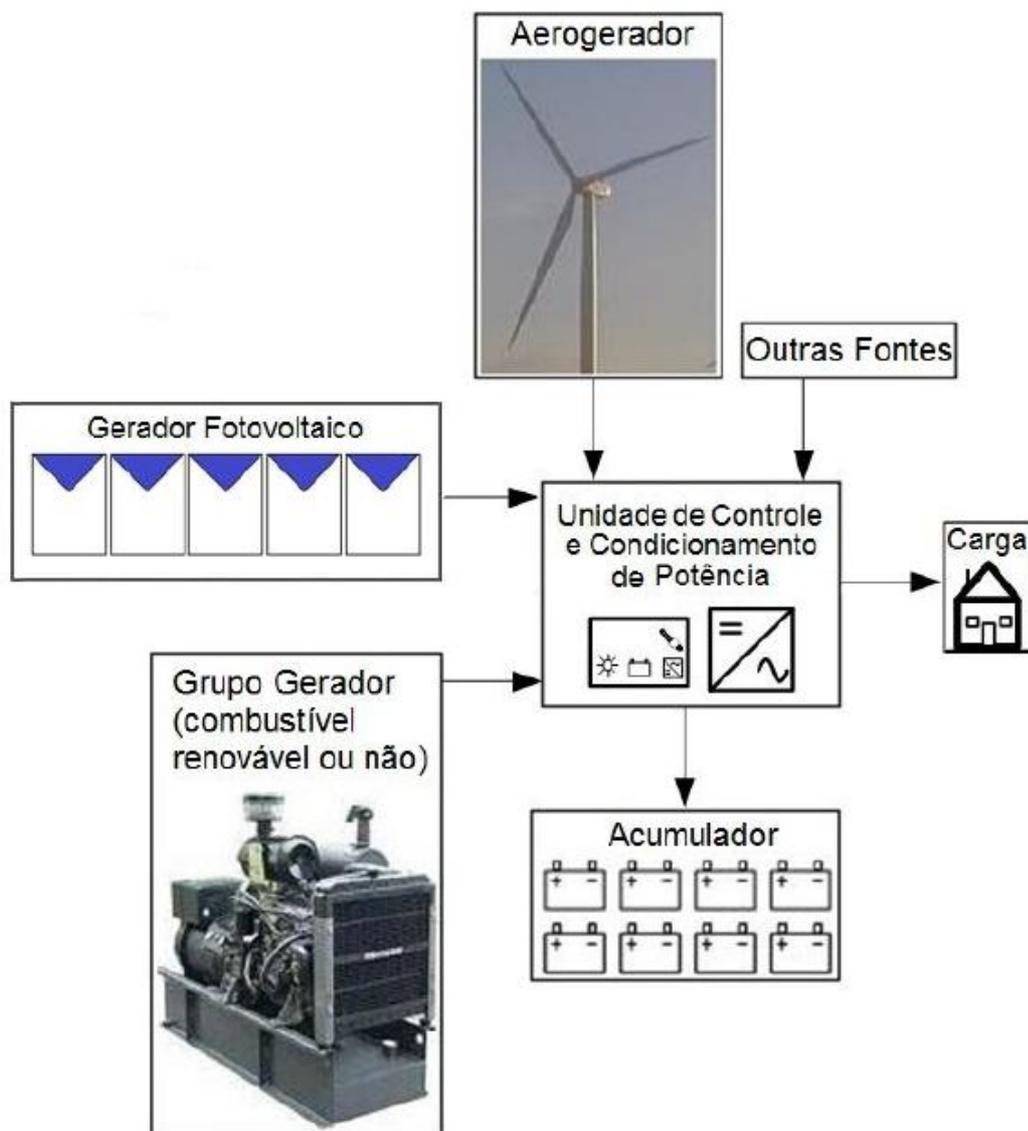


Figura 30: Exemplo de SFH.

Fonte: Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos (2014).

2.7.1.3 Sistemas conectados à rede

Sistemas conectados à rede são aqueles em a potência produzida pelo gerador fotovoltaico é entregue diretamente à rede elétrica (PINHO; GALDINO, 2014). Para Braga (2008), para a injeção de energia na rede, são utilizados inversores especiais que devem satisfazer as severas exigências de qualidade e segurança.

O grande diferencial dos sistemas interligados em relação aos sistemas autônomos é a dispensa de um sistema acumulador (baterias), com isso reduzindo-se os elevados custos referentes à manutenção destes, já que o sistema acumulador do sistema interligado pode ser visto como a própria rede elétrica (RUTHER, 2004).

Segundo Rebechi (2008), em momentos em que a geração do sistema fotovoltaico excede a demanda da instalação consumidora onde o sistema está ligado, a energia excedente é injetada na rede pública, gerando assim um crédito energético que será utilizado em momentos nos quais a demanda for maior que a geração e à noite.

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCR) são subdivididos em sistemas fotovoltaicos centralizados e sistemas fotovoltaicos distribuídos.

Segundo Torres (2012), o primeiro caso são sistemas que desempenham funções de estações centralizadas de energia, ou seja, fornecem exclusivamente energia elétrica à rede, semelhante a de usina geradora convencional. Para Pinho e Galdino (2014), usinas fotovoltaicas (UFVs) podem atingir potências da ordem de MWp, podendo ser operados por produtores independentes e sua conexão com a rede é em geral feita em média tensão, por exemplo 13,8 kV ou 34,5 kV.

A Figura 31 apresenta o esquema de um sistema deste tipo, onde é evidenciada a presença de um transformador para elevar a tensão ao nível de distribuição.

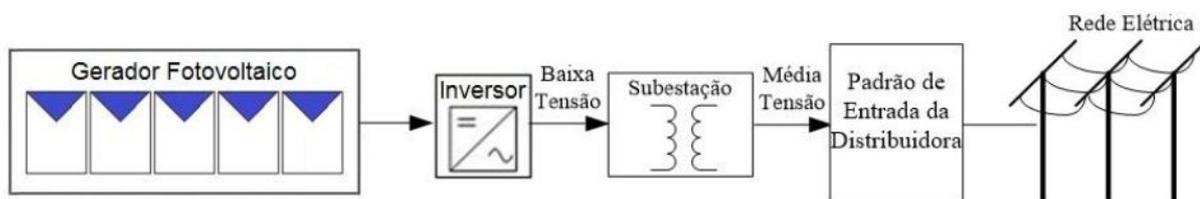


Figura 31: Sistema fotovoltaico de grande porte.
Fonte: Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos (2014).

No segundo caso, de acordo com Torres (2012), os sistemas fotovoltaicos distribuídos são sistemas que possuem geração de energia elétrica de forma descentralizada, ou seja, junto ao ponto de consumo.

São aqueles que trabalham concomitantemente à rede elétrica da distribuidora de energia. De forma sucinta, o painel fotovoltaico gera energia elétrica em corrente contínua e, após convertê-la para corrente alternada, é injetada na rede de energia elétrica. Tal conversão se dá pela utilização do inversor de frequência, que realiza a interface entre o painel e a rede elétrica (PEREIRA; OLIVEIRA, 2011).

A Figura 32 mostra o esquema de um sistema fotovoltaico distribuído conectado à rede elétrica.

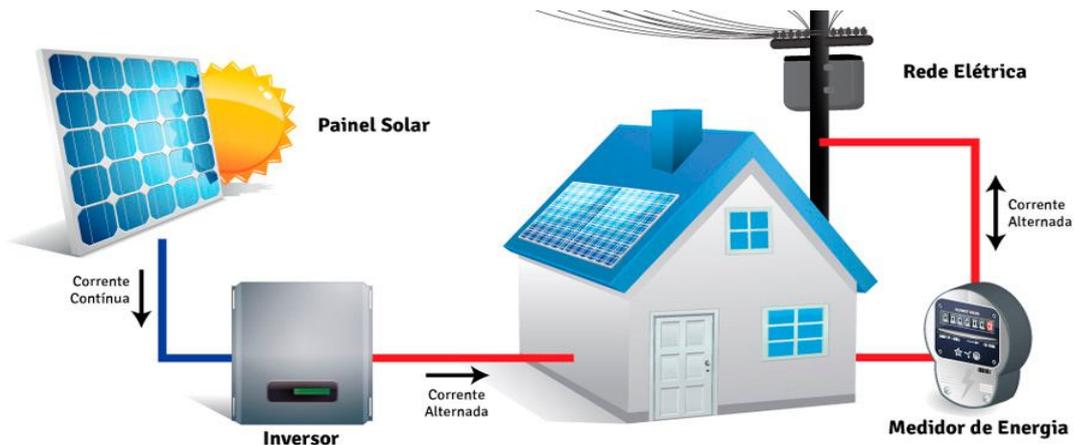


Figura 32: Sistema fotovoltaico distribuído conectado à rede elétrica.
Fonte: MPPT Solar (2015).

2.7.2 Componentes básicos do sistema fotovoltaico

Um sistema fotovoltaico de energia é composto por um ou mais módulos fotovoltaicos e por um conjunto de equipamentos complementares, como baterias, controladores de carga, inversores e outros equipamentos de proteção. Esses equipamentos variam de acordo com a aplicação do sistema fotovoltaico (BRAGA, 2008). A Figura 33 mostra o diagrama elétrico de um sistema fotovoltaico.

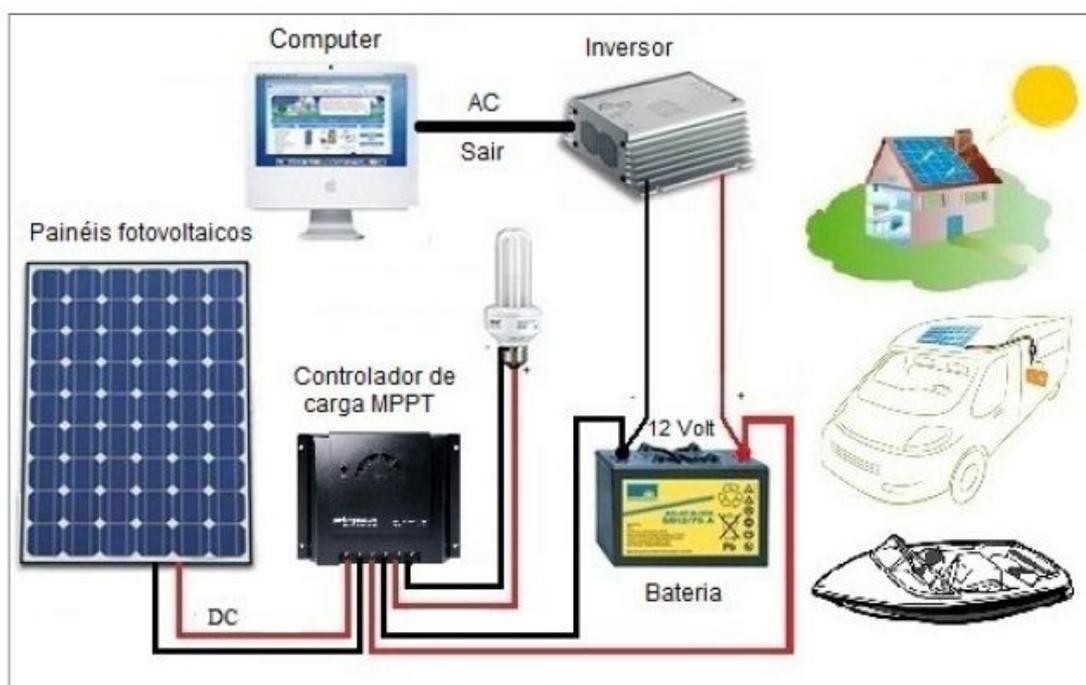


Figura 33: Diagrama elétrico de um sistema fotovoltaico.
Fonte: MPPT Solar (2015).

2.7.2.1. Módulos fotovoltaicos

Os painéis solares, ou módulos, são os principais componentes do sistema fotovoltaico de geração de energia. Estes são formados por um conjunto de células fotovoltaicas associadas, eletricamente, em série e/ou paralelo, dependendo das tensões e/ou correntes determinadas em projeto. O conjunto destes módulos é chamado de gerador fotovoltaico e constituem a primeira parte do sistema, ou seja, são os responsáveis no processo de captação da irradiação solar e a sua transformação em energia elétrica (PEREIRA; OLIVEIRA, 2011).

Um módulo fotovoltaico é composto por células fotovoltaicas conectadas a arranjos para produzir tensão e correntes suficientes para a utilização prática da energia, ao mesmo tempo em que promove a proteção das células (PINHO; GALDINO, 2014). Torres (2012), complementa que a fabricação dos módulos fotovoltaicos é feita através do encadeamento de várias células solares, devido à baixa potência das mesmas, que em geral varia de 1 a 3W, com uma tensão menor que 1V.

Os módulos fotovoltaicos são projetados e fabricados para operar entre 25 e 30 anos, devendo acomodar as células e as respectivas ligações elétricas, proporcionar suporte e proteção contra danos mecânicos e agentes ambientais como sol, chuva e ventos (RUTHER, 2004).

De acordo com Pinho et al. (2014), um módulo é geralmente identificado pela sua potência elétrica de pico (Wp). Segundo os mesmos autores, a definição da potência de pico de um módulo fotovoltaico é feita nas condições-padrão de ensaio (STC, do inglês Standard Test Conditions), considerando a irradiância solar de 1000 W/m² sob uma distribuição espectral padrão para massa de ar AM 1,5 e temperatura da célula de 25 °C.

A eficiência dos módulos fotovoltaicos é obtida por meio da relação entre a potência elétrica máxima gerada e a irradiância solar. Quando este número é determinado nas condições-padrão de ensaio, a irradiância $G = 1000 \text{ W/m}^2$ e a potência luminosa incidente no módulo pode ser calculada multiplicando-se este valor pela área do módulo A_M (PINHO; GALDINO, 2014). Essa definição é apresentada na Equação 1.

$$\eta = \frac{P_m}{G \cdot A_m} \cdot 100 (\%) \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

η – eficiência do módulo fotovoltaico;

P_m – potência do módulo;

G – irradiância;

A_m – área do módulo.

2.7.2.2. Inversores

Os módulos solares fotovoltaicos geram energia elétrica em corrente contínua e a rede elétrica pública está em corrente alternada (TORRES, 2012). Devido a esse motivo, é necessário o uso de inversor, que conforme mencionado por Pinho e Galdino (2014) é um dispositivo eletrônico que fornece energia elétrica em corrente alternada (CA) a partir de uma fonte de energia elétrica em corrente contínua (CC).

Para gerar corrente alternada, existe um dispositivo no inversor que se chama comutador e cujo papel é o de “quebrar” a corrente contínua em pulsos (BRAGA, 2008).

Para Torres (2012), os inversores podem ser classificados em dois tipos:

- Comutados pela rede elétrica, onde o sinal da rede é utilizado para sincronizar o inversor na rede;
- Auto-comutados, onde o circuito eletrônico no inversor controla e sincroniza o sinal do inversor ao sinal da rede, ou seja, independem dos parâmetros da rede.

A potência em corrente alternada obtida na saída do inversor pode ser calculada pela Equação 2 em condições-padrão (irradiância de 1000 W/m², temperatura de 25 °C e massa de ar de 1,5):

$$P_{CA} = P_{CC} \times EC \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

P_{CA} – potência em corrente alternada na saída do inversor;

P_{CC} – potência em corrente contínua obtida nos módulos;

EC – eficiência de conversão.

De acordo com Torres (2012), o rendimento do inversor pode ser calculado pelo quociente da potência de saída CA pela potência de entrada de CC, conforme Equação 3.

$$\eta_{inv} = \frac{P_{CA}}{(V_{m\acute{a}x} \times I_{m\acute{a}x})_{CC}} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

η_{inv} – rendimento do inversor;

P_{CA} – potência em corrente alternada;

$V_{m\acute{a}x}$ - tensão máxima em corrente contínua;

$I_{m\acute{a}x}$ – corrente máxima em corrente contínua.

2.7.2.3. Controlador de carga

Segundo o Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos (2014), controladores de carga são incluídos na maioria dos sistemas fotovoltaicos isolados com o objetivo de proteger a bateria (ou banco de baterias) contra cargas e descargas excessivas, aumentando a sua vida útil. A Figura 34 identifica no item B o controlador de carga.

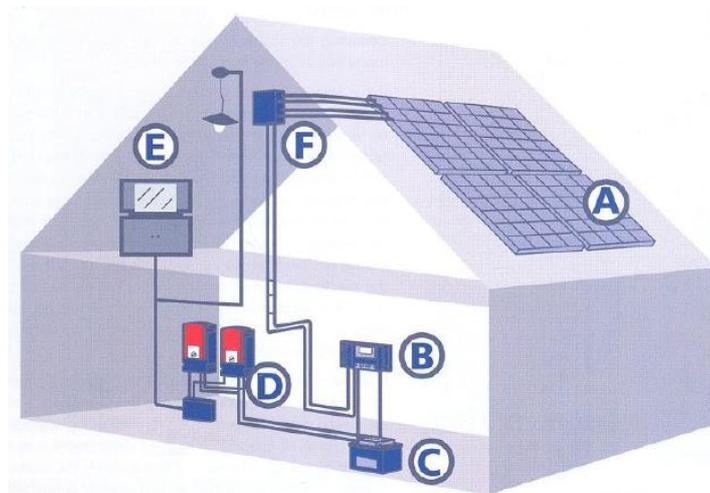


Figura 34: Esquema de um sistema fotovoltaico isolado: (A) Painel fotovoltaico, (B) Controlador de carga, (C) Banco de baterias, (D) Inversor e (E) Carga em C.A. (equipamentos elétricos).

Fonte: Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos (2014).

Para Braga (2008), em períodos de grande insolação e pequeno consumo de energia, a bateria tende a se carregar em excesso, aumentando a sua tensão e reduzindo a sua vida útil. O controlador de carga evita este excesso desconectando o módulo.

2.7.2.4 Baterias

A função prioritária das baterias, também chamadas de acumuladores eletroquímicos, num sistema de geração fotovoltaico, é acumular a energia que se produz durante as horas de luminosidade a fim de poder ser utilizada à noite ou durante os períodos prolongado de mau tempo (BRAGA, 2008).

De acordo com Ovelha (2017), para sistemas FV desligados da rede, os sistemas de armazenamento de energia tornam-se importantes para compensar os períodos sem radiação solar suficiente (por exemplo, durante a noite ou em dias nublados).

As baterias podem ser primárias, que são aquelas que podem ser usadas apenas uma vez. Quando as células se descarregam completamente, sua vida útil se termina e devem ser descartadas. São usadas em fontes de baixa potência, como calculadoras, relógios, rádios e outros.

Já as células secundárias consistem nas baterias recarregáveis, que podem ser carregadas através de fonte de tensão ou corrente, sendo reutilizada por várias vezes. Podem ser chamadas de acumuladores ou baterias de armazenamento, podendo ser usadas por longos períodos, como por exemplo em sistemas fotovoltaicos.

Segundo Pinho e Galdino (2014), dos vários tipos de acumuladores eletroquímicos existentes, a bateria de Chumbo-ácido (Pb-ácido) ainda é a tecnologia mais empregada. Baterias com tecnologias mais modernas, tais como Níquel-Cádmio (NiCd), Níquel-hidreto metálico (NiMH), íon de Lítio (Li-íon), dentre outras, embora apresentando vantagens (maior eficiência, maior vida útil, maior profundidade de descarga), geralmente não são ainda economicamente viáveis na maioria de sistemas fotovoltaicos.

O Quadro 4 apresenta as principais características de alguns tipos de baterias recarregáveis disponíveis comercialmente.

Quadro 4: Dados técnicos de catálogos de baterias recarregáveis disponíveis comercialmente.

| Tecnologia | Eletrólito | Densidade Energética [Wh/kg] | Densidade Energética [Wh/L] | Eficiência η_{wh} [%] | Vida útil [anos] | Vida cíclica [ciclos] | Temperatura de operação | | Aplicações típicas (exemplos) |
|--|---|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------|-----------------------|-------------------------|---------------|---|
| | | | | | | | Carga padrão [°C] | Descarga [°C] | |
| Chumbo ácido ⁷ (Pb-ácido) | H ₂ SO ₄ | 20–40 | 50–120 | 80–90 | 3–20 | 250–500 | –10 a +40 | –15 a +50 | Uso estacionário, tração, automotiva |
| Níquel-Cádmio (NiCd) | KOH | 30–50 | 100–150 | 60–70 | 3–25 | 300–700 | –20 a +50 | –45 a +50 | Mesmo tipo de aplicações das baterias chumbo-ácido, ferramentas, veículos elétricos |
| Níquel-hidreto metálico (NiMH) | KOH | 40–90 | 150–320 | 80–90 | 2–5 | 300–600 | 0 a +45 | –20 a +60 | <i>Notebooks</i> , celulares, câmeras fotográficas, veículos elétricos e híbridos, brinquedos |
| Íon de Lítio (Li-ion, Li-polímero) | Polímeros orgânicos | 90–150 | 230–330 | 90–95 | – | 500–1000 | 0 a +40 | –20 a +60 | <i>Notebooks</i> , celulares, filmadoras, <i>smart cards</i> , veículos elétricos e híbridos |
| Bateria alcalina recarregável de Manganês (RAM) ⁸ | KOH | 70–100 | 200–300 | 75–90 | – | 20–50 | –10 a +60 | –20 a +50 | Produtos de consumo, brinquedos |
| Cloreto de Níquel e Sódio (NaNiCl) | β'' -Al ₂ O ₃ | ~100 | ~150 | 80–90 | – | ~1000 | +270 a +300 | +270 a +300 | Veículos elétricos e híbridos (possíveis aplicações estacionárias) |

Fonte: Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos (2014).

2.8 Educação Ambiental

A educação é um processo contínuo, de extrema relevância na formação do sujeito e da cidadania, tendo como um de seus objetivos a formação de mentes críticas, cidadãos conscientes e atuantes, que possam verificar e não aceitar tudo o que lhes é oferecido (FERNANDES, 2010).

Segundo Philippi Junior e Pelicioni (2014), a educação ambiental exige um conhecimento aprofundado de filosofia, da teoria e história da educação, de seus objetivos e princípios, já que nada mais é do que a educação aplicada às questões de meio ambiente. A sua base conceitual é fundamentalmente a educação e, complementarmente, as ciências ambientais, a História, as ciências sociais, a Economia, a Física, as ciências da saúde, entre outras.

Entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (BRASIL, 1999).

De acordo com Wrobel (2015), na Conferência de Tbilisi, em 1977, a Educação Ambiental foi definida como sendo uma dimensão dada ao conteúdo e à prática da educação, orientada para a resolução dos problemas concretos do meio ambiente, por meio de enfoques interdisciplinares e de uma participação ativa e responsável de cada indivíduo e da coletividade.

Para Dias (2004), a Educação Ambiental (EA) é a ferramenta mais adequada para sensibilizar a sociedade quanto aos problemas ambientais e promover mudanças de hábitos e de comportamentos prejudiciais ao meio ambiente.

A educação ambiental tem como objetivo levar o indivíduo a uma sensibilização em relação às questões relacionadas ao meio ambiente, adquiridas mediante processos distintos de conscientização (LOPES et al., 2009). Para Jacobi (2003), a educação ambiental deve ser vista como um processo de permanente aprendizagem que valoriza as diversas formas de conhecimento e forma de cidadãos com consciência local e planetária.

Segundo Loureiro (2008), a Educação Ambiental nos propicia apreender as especificidades dos grupos sociais, o modo como produzem seus meios de vida, como criam condutas e se situam na sociedade, para que se estabeleçam processos coletivos pautados no diálogo, na problematização do mundo e na ação”, visto que somente as transformações das condições simbólicas e materiais podem exprimir “a concretude do ato educativo na superação das formas alienadas de existência e das dicotomias entre sociedade-natureza.

Nesse sentido, a educação ambiental representa um instrumento essencial para superar os atuais impasses da nossa sociedade. A relação entre meio ambiente e educação para a cidadania assume um papel cada vez mais desafiador, demandando a emergência de novos saberes para apreender processos sociais que se complexificam e riscos ambientais que se intensificam (JACOBI, 2003).

De acordo com Santos e Silva (2017), a EA pode e deve se constituir como recurso fundamental para a participação de diversas comunidades acadêmicas no processo de conscientização e envolvimento, tanto na identificação de problemas ambientais, quanto na elaboração de estratégias que amenizem os seus impactos, ou que apontem possíveis soluções para mitigar tais problemas, como, por exemplo, reduzir os transtornos causados pelo intensivo uso de agrotóxicos na agricultura os quais causam transtornos para a saúde humana e prejudicam a fertilidade do solo.

2.8.1 Saber Ambiental e Sustentabilidade

O desenvolvimento no século XIX e início do XX significava a dominação da natureza e do homem pelo próprio homem, com a ideia de crescimento econômico ilimitado. A relação sociedade – natureza era entendida de forma excludente como dois elementos opostos, em que a natureza se vinculava a fonte ilimitada de recursos à disposição da racionalidade econômica para a produção e acumulação de capital (TEIXEIRA et al., 2016).

A reflexão sobre as práticas sociais, em um contexto marcado pela degradação permanente do meio ambiente e do seu ecossistema, envolve uma necessária articulação com a produção de sentidos sobre a educação ambiental. A dimensão ambiental configura-se crescentemente como uma questão que envolve um conjunto de atores do universo educativo, potencializando o engajamento dos diversos sistemas de conhecimento, a capacitação de profissionais e a comunidade universitária numa perspectiva interdisciplinar (JACOBI, 2003).

O mundo vive uma crise ambiental contemporânea (LEFF, 2012). Discutir suas causas, consequências e repercussões para as gerações futuras é extremamente importante para entendê-la e propor soluções. Inserir as questões ambientais na escola é muito relevante, pois os alunos, sujeitos em processo de formação não somente intelectual, mas também moral, étnico e social são estimulados a refletirem criticamente sobre seu papel na sociedade e a importância do cuidado com o meio ambiente (TEIXEIRA et al., 2016).

A educação ambiental deve conscientizar a população e transformar o conhecimento em modo de vida, promovendo uma mudança de comportamento nas pessoas em relação a meios mais adequados de tratamento para com o meio ambiente (PHILIPPI JUNIOR; PELICIONI 1998).

Para Jacobi (2003), a produção de conhecimento deve necessariamente contemplar as inter-relações do meio natural com o social, incluindo a análise dos determinantes do processo, o papel dos diversos atores envolvidos e as formas de organização social que aumentam o poder das ações alternativas de um novo desenvolvimento, numa perspectiva que priorize novo perfil de desenvolvimento, com ênfase na sustentabilidade socioambiental.

Segundo Fernandes (2010), a Educação Ambiental ajuda a identificar os problemas que afetam a qualidade de vida das pessoas, além de encontrar soluções

e alternativas para resolver as questões ambientais que afetam a comunidade. Com seu caráter renovador e revolucionário, ativa o consciente de cidadania e de luta pelos nossos direitos.

Fernandes (2010), ainda afirma que nas últimas décadas alguns conceitos têm sido propagados como busca de solucionar os problemas ambientais que estamos enfrentando e evitar outros piores que ainda virão caso não se possa frear a degradação e o desrespeito a natureza da era vigente. Um desses conceitos é o de sustentabilidade, que se refere a uma forma de atender as necessidades da espécie humana (sociais, econômicos, culturais e ambientais) e outras espécies, preservando a biodiversidade, sem comprometer as futuras gerações.

Sustentabilidade ambiental é entendida como ideal sistemático constituído pela ação e permanente busca entre a preservação do ecossistema e desenvolvimento socioeconômico que se estenda efetivamente a toda a população mundial, orientado pela redução gradativa da exploração e destruição do meio ambiente. Portanto a realização de ações concretas para os setores das atividades humanas devem ser centrais na sustentabilidade ambiental, mediante, por exemplo, a utilização racional de fontes energéticas renováveis em detrimento das não renováveis (JACOBI, 2003).

2.8.2 Educação ambiental e energias renováveis

A Educação Ambiental corresponde à educação participativa e dialógica que promove a conscientização ambiental e a reflexão crítica dos indivíduos, bem como se desenvolve para a mudança de mentalidade e transformação da realidade vivenciada, por meio da promoção de atitudes solidárias e respeitosas com a natureza e com os indivíduos (TEIXEIRA et al., 2016).

A humanidade tem passado por grandes mudanças, especialmente, após o surgimento do processo industrial, que provocou intenso processo de migração das pessoas do meio rural para o meio urbano (SANTOS; SILVA, 2017). Segundo o mesmo autor, o desenvolvimento técnico, científico e as inovações tecnológicas associadas ao crescimento populacional contribuíram substancialmente para o estabelecimento da sociedade de consumo.

O consumismo presente no capitalismo atual acabou colaborando com o aumento da geração excessiva de energia, pois ela é necessária para a utilização e produção de diversos artefatos tecnológicos. O problema é que com o uso crescente

da energia, provocado em parte pelo avanço tecnológico, cresce também a pressão sobre os recursos naturais, necessários para a sua produção (GUENA, 2007).

Rios (2006) complementa que o aumento da demanda de energia é um processo natural e irreversível e está baseado no crescimento populacional, na busca da melhoria de qualidade de vida das populações, e na democratização da energia. Dessa forma, segundo Guena (2007), a única maneira de diminuir a pressão excessiva sobre os recursos naturais é criando meios alternativos para a geração de energia, reduzindo, dessa forma, os grandes impactos ambientais que tão constantemente vem sendo noticiado pela mídia nos últimos anos.

O uso de energias renováveis aparece como uma boa opção para a redução dos impactos ambientais por ser uma forma renovação em curto tempo, contribuindo também com a redução da poluição, por constituir-se em um modo de substituir algumas energias poluentes por outras menos danosas, e que possa ser encontrada em abundancia sem agredir os recursos naturais (SILVA; SILVA, 2012).

Wrobel (2015) aponta que, a diminuição dos problemas ambientais, tais como, esgotamento dos recursos naturais, chuva ácida, efeito estufa e mudanças climáticas globais, passa pelo uso, em larga escala, de fontes renováveis de energia.

Energias renováveis são aquelas que podem ser utilizadas de forma a não agredir o meio ambiente reduzindo seus possíveis impactos ambientais e, dessa forma, são fontes inesgotáveis de energia, diferente das energias não renováveis, que tem limitação perante ao seu uso (SILVA; SILVA, 2012). Wrobel (2015) cita que a energia eólica, solar, biomassa, hidrelétrica, geotérmica são alguns exemplos de fonte de energia renovável.

Para Silva e Silva (2012), o comportamento da sociedade com relação os problemas ambientais que enfrentamos atualmente é de fundamental importância para reduzi-los, através da conscientização das dificuldades encontradas e sabendo como agir perante elas, diminuindo de forma considerável os impactos causados. E a educação ambiental passa a servir, dessa forma, como um instrumento importante, colocando os cidadãos frente aos problemas ambientais, fazendo-os repensar suas atitudes e levando-os a criar maneiras sustentáveis de contribuir para a preservação dos recursos naturais.

2.8.3 Reaproveitamento de materiais recicláveis

A partir da Revolução Industrial iniciou-se o processo de urbanização, provocando uma grande imigração do homem do campo para cidade. Observou-se assim um grande crescimento populacional nas áreas urbanas (LOPES; NUNES, 2010).

De acordo com Mucelin e Bellini (2008), a criação das cidades e a crescente ampliação das áreas urbanas têm contribuído para o crescimento de impactos ambientais negativos. O desenvolvimento econômico, o crescimento populacional, a urbanização e a revolução tecnológica vêm sendo acompanhados por alterações no estilo de vida e nos modos de produção e consumo da população (GOUVEIA, 2012).

No ambiente urbano, determinados aspectos culturais como o consumo de produtos industrializados e a necessidade da água como recurso natural vital à vida, influenciam como se apresenta o ambiente. Os costumes e hábitos no uso da água e a produção de resíduos pelo exacerbado consumo de bens materiais são responsáveis por parte das alterações e impactos ambientais (MUCELIN; BELLINI, 2008).

Sousa et al. (2010) explica que a maioria da população brasileira vive hoje em cidade de grande e médio porte e um dos reflexos dessa realidade populacional é o imenso volume de resíduo gerado. Continua ainda que são milhares de toneladas de resíduos depositados diariamente em aterros sanitários e outras tantas toneladas jogadas em terrenos baldios, lixões a céu aberto e córregos trazendo problemas sérios à saúde, meio ambiente e qualidade de vida da população.

Gouveia (2012) cita que vem ocorrendo um aumento na produção de resíduos sólidos, tanto em quantidade como em diversidade, principalmente nos grandes centros urbanos. Além do acréscimo na quantidade, os resíduos produzidos atualmente passaram a abrigar em sua composição elementos sintéticos e perigosos aos ecossistemas e à saúde humana, em virtude das novas tecnologias incorporadas ao cotidiano.

Segundo Ribeiro et al. (2014), a minimização da geração de lixo e a reciclagem evitam a poluição ao mesmo tempo em que diminuem a pressão sobre a extração de matérias-primas diretamente na natureza. Gouveia (2012) explica que o manejo adequado dos resíduos é uma importante estratégia de preservação do meio ambiente, assim como de promoção e proteção da saúde.

A reciclagem é uma forma particular do reaproveitamento de matérias-primas, tais como: papel, plásticos, latas de alumínio e de aço, vidro, orgânicos e outros, na qual é produzida uma nova quantidade de materiais a partir do material captado no mercado e reprocessado para ser comercializado, havendo grandes economias em energia e matéria prima (SOUSA et al., 2010).

Do ponto de vista de Lomasso et al. (2015), a reciclagem é o processo no qual, resíduos de produtos que já foram consumidos e objetos que seriam descartados no meio ambiente, por serem considerados inutilizáveis; são reinseridos no ciclo produtivo através da sua utilização como matéria-prima para a fabricação de novos produtos. Para o mesmo autor, existem vários tipos de processo de reciclagem, variando de acordo com o material a ser reaproveitado, dentre os quais se destacam: o de papel, de metal, de plástico, de vidro e de lixo orgânico.

Os principais fatores que motivam a reciclagem são: preservação de recursos naturais (matéria-prima, água, energia), minimizar a poluição, diminuir a quantidade de lixo nos aterros (destinação correta do lixo) e estudos apontam para a geração de empregos (SOUSA et al., 2016).

Torna-se imprescindível buscar minimizar a quantidade de resíduos que necessitam de destinação adequada, seguindo a lógica dos três R: redução, reutilização e reciclagem (GOUVEIA, 2012).

Para Zulauf (2000) a reciclagem é o conceito mais promissor e o fato mais importante que surgiu no setor de meio ambiente nos últimos anos. Visto de forma pragmática, é a forma de conciliar as tendências mundiais de globalização, que embute a tendência de universalização da sociedade de consumo e, por via de consequência, a ampliação da geração de resíduos, com a atividade econômica do processamento de resíduos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia científica é capaz de proporcionar uma compreensão e análise do mundo por meio da construção do conhecimento. O conhecimento só acontece quando o estudante transita pelos caminhos do saber, tendo como protagonista deste processo o conjunto ensino/aprendizagem. Pode-se relacionar então metodologia com o “caminho de estudo a ser percorrido” e ciência com “o saber alcançado” (PRAÇA, 2015).

Método científico pode ser definido como um conjunto de etapas e instrumentos pelo qual o pesquisador científico, direciona seu projeto de trabalho com critérios de caráter científico para alcançar dados que suportam ou não sua teoria inicial (CIRIBELLI, 2003).

Para a realização deste trabalho, foram estabelecidas as etapas conforme fluxograma da Figura 35.

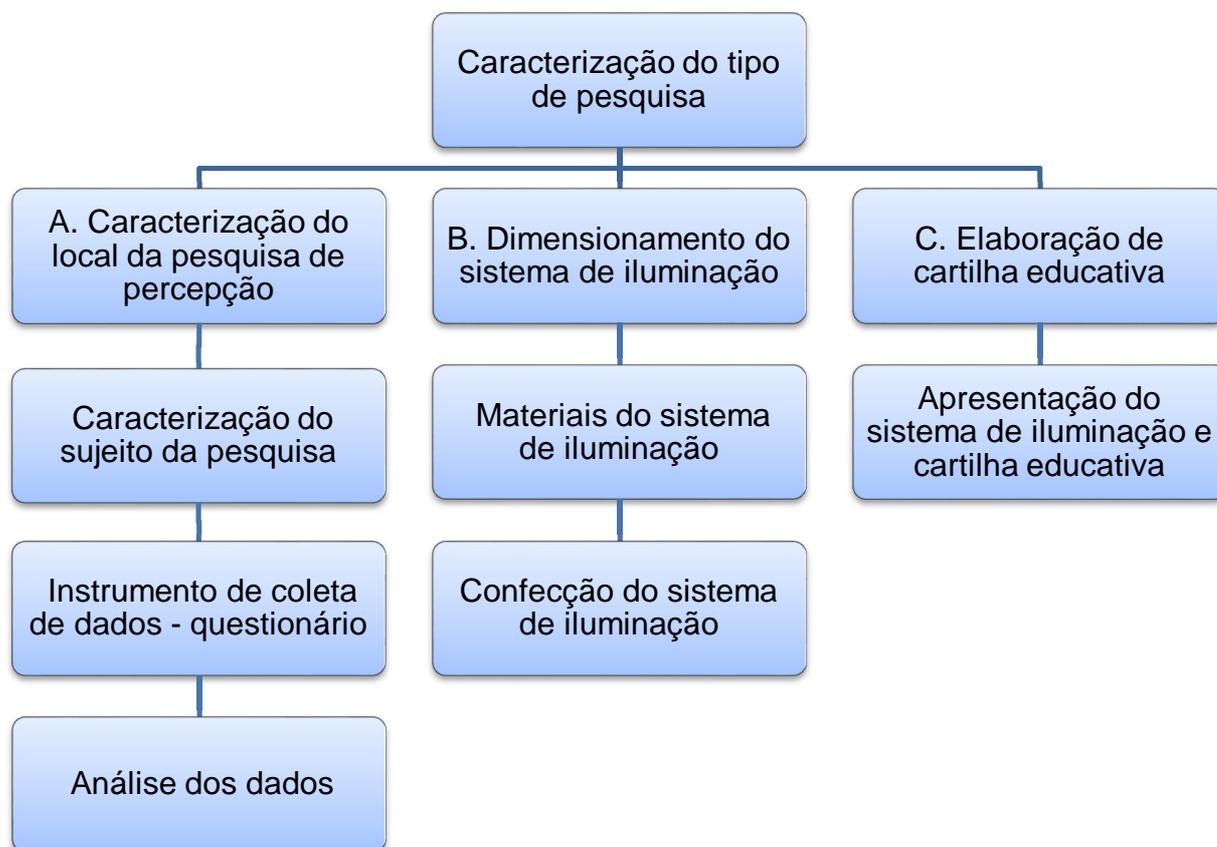


Figura 35: Fluxograma das etapas da pesquisa.
Fonte: O autor.

3.1 Caracterização do tipo de pesquisa

As pesquisas com métodos qualitativos fornecem descrições detalhadas de fenômenos complexos, incluindo seus aspectos contextuais, ou focam em análises aprofundadas envolvendo poucos indivíduos. Desse modo, seus resultados não são generalizáveis. Já, as pesquisas com métodos quantitativos costumam examinar a associação entre variáveis que podem ser generalizadas para uma população por meio de inferências estatísticas. Focam na análise de grandes amostras, porém seus achados não levam à compreensão de processos individuais (GALVÃO et al., 2018).

O presente trabalho trata-se de uma pesquisa de campo com abordagem quanti-qualitativa. De acordo com Fonseca (2002), a pesquisa de campo caracteriza-se pelas investigações em que, além da pesquisa bibliográfica e/ou documental, se realiza coleta de dados junto a pessoas, com o recurso de diferentes tipos de pesquisa (pesquisa ex-post-facto, pesquisa-ação, pesquisa participante, etc.).

A abordagem quanti-qualitativa permite conhecer o sujeito da pesquisa na observação e compreensão dos mesmos e ao mesmo tempo permite a quantificação dos resultados (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). A natureza de uma pesquisa – quantitativa, qualitativa, multimétodo – constitui-se, em essência, pela ontologia de realidade que orienta a construção do problema de pesquisa, constituindo o objeto a ser estudado (ARAÚJO et al., 2015).

Segundo Galvão et al. (2018) a pesquisa com métodos mistos combina os métodos de pesquisa qualitativos e quantitativos e tem por objetivo generalizar os resultados qualitativos, ou aprofundar a compreensão dos resultados quantitativos, ou corroborar os resultados (qualitativos ou quantitativos).

3.1.1. (A) Caracterização do local da pesquisa de percepção

Para realização da pesquisa dos alunos, foram escolhidas duas instituições de ensino: a Escola Estadual Engenheiro Haroldo Guimarães Bastos (Figura 36), situada na Rua Luci Ercília, nº 335, Bairro Centro da cidade de Macedônia/SP, pertencente a Diretoria de Ensino da Região de Fernandópolis e no Campus da Universidade Brasil (Figura 37), situado na Estrada Projetada F-1 s/n, Fazenda Santa Rita na cidade Fernandópolis/SP.



Figura 36: Vista da Escola Estadual.
Fonte: Google Earth Pro, 2018.



Figura 37: Vista da Universidade Brasil.
Fonte: Google Maps, 2018.

A escolha do primeiro local foi em decorrência do pequeno tamanho do município, com população de baixa renda e por ser uma escola pública estadual de ensinos fundamental e médio, e do segundo local, por ser uma instituição de ensino superior com alunos procedentes de diferentes cidades e estados. Foram selecionados os cursos de Engenharia Química, por ser uma área de exatas aderente ao assunto e de Direito, por ser uma área de humanas. Assim, o objetivo foi obter uma amostra ampla e abrangente quanto ao grau de conhecimento sobre o assunto

“energia fotovoltaica”, analisando-se grupos de diferentes idades, nível de ensino e procedência.

3.1.1.1. Caracterização do sujeito da pesquisa

Na realização desta pesquisa foi coletada uma amostra de 239 discentes, sendo 125 da Escola Estadual, com 70 alunos do ensino fundamental e 55 do ensino médio, com idades entre 11 a 17 anos e o restante de 114 alunos da Universidade Brasil, distribuídos entre 60 alunos do Curso de Engenharia Química e 54 do Curso de Direito, com idades acima de 18 anos.

3.1.1.2. Instrumento de coleta de dados

Um questionário é um instrumento de pesquisa constituído por uma série de questões sobre um determinado tema. Segundo Amaro et al. (2005), um questionário é um instrumento de investigação que visa recolher informações baseando-se, geralmente, na inquirição de um grupo representativo da população em estudo. Para tal, coloca-se uma série de questões que abrangem um tema de interesse para os investigadores, não havendo interação direta entre estes e os inquiridos.

Para a coleta de dados, foi utilizado um questionário com 14 questões sobre idade, escolaridade e conhecimento do assunto, sendo 7 questões fechadas com opções para o discente e 7 questões abertas, com espaços para exposição das possíveis respostas. Esse questionário está contemplado no Anexo 1.

De acordo com Nogueira (2002), os questionários abertos, que têm como vantagem a característica de explorar todas as possíveis respostas a respeito de um item, servem de base para a futura elaboração de um questionário fechado. Os questionários fechados, que apesar de se apresentarem de forma mais rígida do que os abertos, permite a aplicação direta de tratamentos estatísticos com auxílio de computadores e elimina a necessidade de se classificar respostas à posteriori, possivelmente induzindo tendências indesejáveis.

3.1.1.3. Análise dos dados

Os dados da pesquisa foram analisados obedecendo uma abordagem quanti-qualitativa, em formato de tabelas e gráficos, com análise do programa em Excel.

3.1.1.4. Aspectos éticos

A publicação de trabalho científico é o estágio final de toda a pesquisa. Pesquisa realizada e não publicada, não é divulgada e, portanto, não se torna disponível para a comunidade científica ou população leiga e é igual à pesquisa não realizada (MUCCIOLI, 2004).

Os comitês de ética em pesquisa são responsáveis pela avaliação ética dos projetos de pesquisa; ademais, devem informar e educar seus membros e a comunidade quanto a sua função no controle social (BATISTA et al., 2012).

Para execução da pesquisa, foi realizado o processo de registro do projeto no site da Plataforma Brasil para obtenção do Parecer Consubstanciado do CEP (Comissão de Ética em Pesquisa) de número 2.744.042 disposto com Certificado de Apresentação para Apreciação Ética – CAAE: 91363218.2.0000.5494 disposto no Anexo 2.

Para obtenção do parecer do CEP, foram apresentados os seguintes documentos a seguir:

- TALE – Termo de Assentimento (ANEXO 3);
- TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido menores de 16 anos ou maiores de 18 anos, porém, sem condições de manifestar o seu consentimento (ANEXO 4);
- TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para maiores de 18 anos (ANEXO 5);
- Termos de Anuência (ANEXO 6).

De um modo geral, foi solicitado a autorização por meio da Carta de Anuência para a execução da pesquisa junto as diretorias da Escola Estadual Engenheiro Haroldo Guimarães Bastos e da Universidade Brasil. Após o aceite da participação, foram esclarecidos sobre o propósito da pesquisa, o sigilo das informações e seus direitos de acordo com a Resolução no 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (CNS, 2012), referente aos termos para pesquisa com seres humanos.

Foi apresentado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e assinado em duas vias, ficando uma retida com o sujeito da pesquisa e outra arquivada pelo pesquisador. Somente após a assinatura do termo, a entrevista foi efetivada.

3.1.2 (B) Dimensionamento do sistema de iluminação sustentável

Para confecção do sistema de iluminação sustentável, foi necessário o dimensionamento dos materiais a serem utilizados, observando as seguintes etapas de desenvolvimento:

- Identificação do índice de irradiação solar na cidade de Fernandópolis/SP;
- Levantamento do consumo mensal dos itens que dependem da energia elétrica e da potência em W (Watts);
- Dimensionamento dos materiais do sistema fotovoltaico.

O índice de irradiação local é um fator fundamental nos projetos fotovoltaicos. Levando em consideração que para um bom rendimento da placa é necessário que haja uma irradiação solar suficiente para a geração de energia desejada (SOUSA; ZAMPERIN, 2017). Segundo Villalva (2015), o melhor aproveitamento da irradiação solar ocorre quando os raios incidem perpendicularmente à superfície do módulo.

O sistema de iluminação foi construído na cidade de Macedônia-SP, porém, como não há unidade de medição de radiação solar, foi adotada a cidade mais próxima, neste caso, Fernandópolis/SP situada à 16 km. Esse município está localizado na região sudeste do país, cuja coordenadas geográficas são: latitude 20° 17' 02" S, longitude 50° 14' 47" W, altitude de 535 m com área de 551,1 km².

Por meio das coordenadas geográficas, foi obtido as informações gráficas do índice de irradiação solar no município de Fernandópolis, por meio do programa SunData 3.0 do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (CRESESB) e do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL).

Segundo o CRESESB (2018), o programa SunData destina-se ao cálculo da irradiação solar diária média mensal em qualquer ponto do território nacional e constitui-se em uma tentativa do CRESESB de oferecer uma ferramenta de apoio ao dimensionamento de sistemas fotovoltaicos.

As informações da irradiação solar para cidade de Fernandópolis-SP estão descritos na Figura 38 e no Quadro 5. Pode-se observar que o índice de irradiação solar médio foi de 5,19 kWh/m².dia (CRESESB, 2018). O mês de dezembro apresentou maior índice, 6,24 kWh/m².dia e o mês junho, registrou menor índice, 3,93 kWh/m².dia.



Figura 38: Irradiação solar no plano horizontal para Fernandópolis-SP.
Fonte: CRESESB, 2018 (Adaptado).

Quadro 5: Irradiação solar anual para a cidade de Fernandópolis-SP.

Estação: Fernandópolis
Município: Fernandópolis, SP - BRASIL
Latitude: 20,301° S
Longitude: 50,249° O
Distância do ponto de ref. (20,283889° S; 50,246389° O): 1,9 km

| # | Ângulo | Inclinação | Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia] | | | | | | | | | | | | Média | Delta |
|---|-------------------------|------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| | | | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | | |
| ✓ | Piano Horizontal | 0° N | 5,84 | 5,94 | 5,26 | 4,89 | 4,20 | 3,93 | 4,17 | 5,05 | 5,14 | 5,63 | 5,93 | 6,24 | 5,19 | 2,31 |
| ✓ | Ângulo igual a latitude | 20° N | 5,33 | 5,68 | 5,37 | 5,45 | 5,06 | 4,94 | 5,16 | 5,87 | 5,42 | 5,50 | 5,47 | 5,60 | 5,40 | ,93 |
| ✓ | Maior média anual | 19° N | 5,36 | 5,70 | 5,38 | 5,43 | 5,03 | 4,90 | 5,12 | 5,84 | 5,42 | 5,51 | 5,50 | 5,64 | 5,40 | ,95 |
| ✓ | Maior mínimo mensal | 25° N | 5,13 | 5,54 | 5,33 | 5,51 | 5,20 | 5,12 | 5,33 | 5,99 | 5,42 | 5,39 | 5,28 | 5,37 | 5,38 | ,87 |

Fonte: CRESESB, 2018.

Para o levantamento do consumo mensal de energia elétrica, deve-se determinar a energia elétrica diária consumida pelo conjunto de equipamentos que serão alimentados pelo sistema a partir do levantamento de cargas instaladas. Neste caso, foi elaborado uma tabela de consumo de energia elétrica em Watts, conforme Tabela 5.

Tabela 5: Consumo mensal de energia elétrica em Watts.

| Equipamento | Qtde. | Potência (W) | Tempo de Utilização Diária (h) | Dias de Uso no Mês | Consumo Diário (Wh/dia) | Consumo Mensal (Wh) |
|--------------|-------|--------------|--------------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|
| Lâmpada 12V | 1 | 10 | 12 | 30 | 120 | 3600 |
| Total | 1 | 10 | 12 | 30 | 120 | 3600 |

Fonte: O autor.

É de suma importância para que o sistema funcione corretamente, seguindo padrões de instalação. Sua inclinação deverá ser adequada com a inclinação da região onde será instalado o sistema e com sua direção voltada ao norte, para melhor aproveitamento do sol durante o dia (SOUSA; ZAMPERIN, 2017). De acordo com o Tabela 5, para região de Fernandópolis-SP, a inclinação é de 20° N.

O módulo utilizado no projeto representado pela Figura 39 é do fabricante SS Solar da marca Komaes com potência de 20W, peso de 2,0 kg e com dimensões 500 x 350 x 25 (mm).

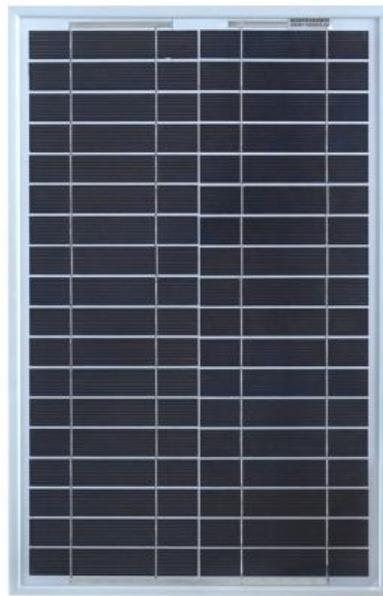


Figura 39: Módulo fotovoltaico da marca Komaes.
Fonte: O Autor.

O cálculo da eficiência do módulo fotovoltaico foi realizado através da Equação 4:

$$\eta = \frac{P_m}{G \cdot A_m} \cdot 100 (\%) = \frac{20 \text{ W}}{\left(1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}\right) \cdot (0,18 \text{ m}^2)} \cdot 100 (\%) = 11,1 \% \quad \text{Equação (4)}$$

Onde:

η – eficiência do módulo fotovoltaico;

P_m – potência do módulo;

G – irradiância;

A_m – área do módulo.

Para determinação da energia produzida pelo módulo fotovoltaico, considerou-se a média da irradiação solar no plano horizontal como sendo de 5,19 kWh/m².dia (Quadro 7) e a soma do consumo diário de energia elétrica pelos equipamentos que foi de 240 Wh/dia, para esse cálculo foi utilizado a Equação 5.

$$E_p = E_s \times A_m \times \eta = \left(5190 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2} \cdot \text{dia} \right) \times (0,18 \text{ m}^2) \times (0,111) \cong 103,7 \text{ Wh/dia} \quad \text{Equação (5)}$$

Onde:

E_p - energia produzida pelo módulo fotovoltaico;

E_s - insolação diária;

A_m - área da superfície do módulo;

η - eficiência do módulo fotovoltaico.

O número de módulos solares necessários foi obtido por meio da Equação 6.

$$N_{\text{módulos}} = \frac{E_c}{E_p} = \frac{120 \text{ Wh/dia}}{103,7 \text{ Wh/dia}} = 1,157184185 \cong 1 \text{ módulo solar} \quad \text{Equação (6)}$$

Onde:

$N_{\text{módulos}}$ - número de módulos solares;

E_c - consumo diário de energia elétrica;

E_p - energia produzida pelo módulo fotovoltaico.

O controlador de carga deve ser específico para cada bateria devido ao perfil de carga de cada tipo. As baterias são elementos de alto custo e sensíveis à sobretensão, sobrecorrente, subtensão e sobretemperatura, portanto, a menos que o banco de baterias possua uma eletrônica própria para monitorar esses parâmetros, o uso de um controlador de carga é imprescindível para preservar o banco de baterias (MAESTRI, 2018).

O controlador de carga usado no sistema de iluminação é do fabricante Epever da marca Landstar modelo LS0512E. De acordo com a Figura 40, esse controlador possui demanda de corrente elétrica igual a 5 A, o que garante com segurança o

funcionamento do módulo fotovoltaico, que possui corrente elétrica máxima de 1,14 A (Ampère).



Figura 40: Modelo do controlador de carga.

Fonte: Neosolar. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br>> Acesso em: 25 jul. 2018.

Para utilização em sistemas solares fotovoltaicos, as mais recomendadas são as baterias estacionárias, tipicamente aplicadas a funções que demandam por longos períodos de corrente elétrica moderada, ao invés de sobrecargas por poucos segundos (SOUSA; ZAMPERIN, 2017).

Segundo Maestri (2018), a bateria é um componente presente nos sistemas híbridos e autônomos e são elas as responsáveis por armazenar o excedente de energia para ser utilizado em momentos em que a geração fotovoltaica não é o suficiente para suprir a carga. O tipo de bateria mais utilizada nos sistemas fotovoltaicos autônomos é a de chumbo ácido devido ao seu menor custo.

Para determinar a carga necessária a ser armazenada pelo banco de baterias a ser fornecida ao sistema, foi considerado o valor da energia consumida como sendo igual a 120 Wh/dia, com um banco de baterias com capacidade de suprir em 2 dias ininterruptos o consumo, com uma taxa máxima de descarga de 50%. A Equação 7 apresenta o procedimento de cálculo.

$$E_A = E_c \cdot \text{tempo} = \left(120 \frac{\text{Wh}}{\text{dia}}\right) \times (2 \text{ dias}) = 240 \text{ Wh} \quad \text{Equação (7)}$$

Onde:

E_A – energia acumulada;

E_c – energia consumida;

Para o cálculo da capacidade do banco de baterias foi usada a Equação 8 levando-se em consideração a energia armazenada e tensão da bateria com descarga máxima de 50%.

$$C_{\text{banco}} = \frac{E_A}{V_t \cdot 0,5} = \frac{240 \text{ Wh}}{(12 \text{ V}) \cdot 0,5} = 40 \text{ Ah} \quad \text{Equação (8)}$$

Onde:

C_{banco} – capacidade do banco de baterias;

E_A – energia acumulada;

V_t – tensão total do banco de baterias.

O número de baterias foi calculado por meio da tensão total do banco de baterias e da tensão unitária da bateria, totalizando apenas uma bateria (Equação 9).

$$N_b = \frac{V_t}{V_{\text{unit}}} = \frac{12 \text{ V}}{12 \text{ V}} = 1 \quad \text{Equação (9)}$$

Onde:

N_b – número de baterias;

V_t – tensão total do banco de baterias;

V_{unit} – tensão unitária da bateria.

De acordo com os cálculos, o banco de bateria teve a tensão de 12 V, sendo composto por uma bateria de 40 Ah. Devido ao custo, foi utilizado neste sistema de iluminação, uma bateria estacionária de chumbo-ácido do fabricante Duran Baterias da marca Delfor (Figura 41).



Figura 41: Modelo da bateria estacionária.

Fonte: DURAN BATERIAS. Disponível em: <www.duranbaterias.com.br> Acesso em: 25 jul. 2018.

3.1.2.1 Materiais do sistema de iluminação

O desenvolvimento sustentável ocorre a partir de uma lógica que satisfaça as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das necessidades das gerações futuras, pois o saber ambiental emerge de uma reflexão sobre a construção da própria vida humana na Terra. Pode-se inferir que um sistema sustentável só será possível mediante a evolução intelectual e inclusive espiritual do ser humano, além de instaurar a Educação Ambiental em cada sociedade e promover uma conscientização do que realmente pode-se entender sobre o que é sustentabilidade (ROOS; BECKER, 2012).

Segundo Santos e Silva (2017), as ações para a sustentabilidade podem estar presentes nas mais simples atitudes diárias de um sujeito até àquelas mais complexas e significativas que devem ser realizadas por grandes empresas para a materialização do desenvolvimento de um efetivo processo para reduzir os impactos ambientais decorrentes do processo produtivo.

No desenvolvimento do sistema de iluminação em formato sustentável, foram utilizados os materiais da Tabela 6. Conforme apresentado, os materiais como as garrafas pet (2L), disco de grade, pneu de motocicleta e parafusos foram reaproveitáveis/reutilizáveis. O interruptor e a fita isolantes foram provenientes de doações e os demais materiais foram adquiridos por meio de compras online e físicas. Os materiais de maiores valores foram a bateria estacionária de R\$ 228,00 e a placa solar de R\$ 125,00.

Tabela 6: Consumo mensal de energia elétrica em Watts.

| Material | Qtde | Valor (R\$) |
|------------------------------|-------------|--------------------|
| Placa solar | 1 un | 125,00 |
| Bateria estacionária | 1 un | 228,00 |
| Controlador de carga | 1 un | 81,00 |
| Sensor de luz | 1 un | 20,00 |
| Fio condutor 1,5 mm | 10 m | 20,00 |
| Spray tinta automotiva preta | 1 un | 10,00 |
| Lâmpada 12V (10 W) | 1 un | 10,00 |
| Serviço de instalação | 1 un | 40,00 |
| Interruptor pequeno | 1 un | 0,00 |
| Garrafa pet 2 L | 10 un | 0,00 |
| Disco de grade | 1 un | 0,00 |
| Fita isolante | 1 un | 0,00 |
| Pneu de motocicleta | 1 un | 0,00 |
| Parafusos | 4 un | 0,00 |
| Total | | 534,00 |

Fonte: O autor.

Os materiais elencados na Tabela 6 foram adquiridos com recursos próprios, perfazendo um montante final de R\$ 534,00.

3.1.2.2 Confeção do sistema de iluminação sustentável

A sustentabilidade é um conceito que fornece diretrizes para o relacionamento entre a sociedade e a natureza, e necessita de medidas proativas para atingir o objetivo de proporcionar qualidade de vida saudável e justa, ao homem e ao Planeta, hoje e nos próximos anos (FARIA, 2014).

O pensar sustentável dentro do contexto ambiental significa preocupar-se com o planeta, com a conservação e uso racional dos recursos naturais (água, energia, matérias-primas e terra, entre outros), por entender que eles sejam finitos (PEREIRA; MUELLER, 2007).

Segundo Faria (2014), a luz e a energia elétrica são uma necessidade e um direito para todos, porém ainda há precariedade na distribuição de energia econômica e de qualidade em muitos países, como o Brasil, sendo estas, uma das premissas

básicas da sustentabilidade para a igualdade e o progresso do desenvolvimento local e no mundo todo.

O projeto de iluminação no contexto da sustentabilidade deve buscar, antes de tudo, a integração entre luz natural e artificial, com o objetivo de se alcançar edificações energeticamente eficientes (PEREIRA; MUELLER, 2007).

Para a confecção do sistema de iluminação sustentável, foi realizado um planejamento preliminar para formalização e elaboração do projeto básico, conforme materiais já elencados na Tabela 6.

Foi elaborado o projeto técnico em AutoCad, identificando o layout dos componentes com as respectivas medidas e escala. A Figura 42 demonstra o desenho técnico desse sistema de iluminação vista de perfil e de frente.

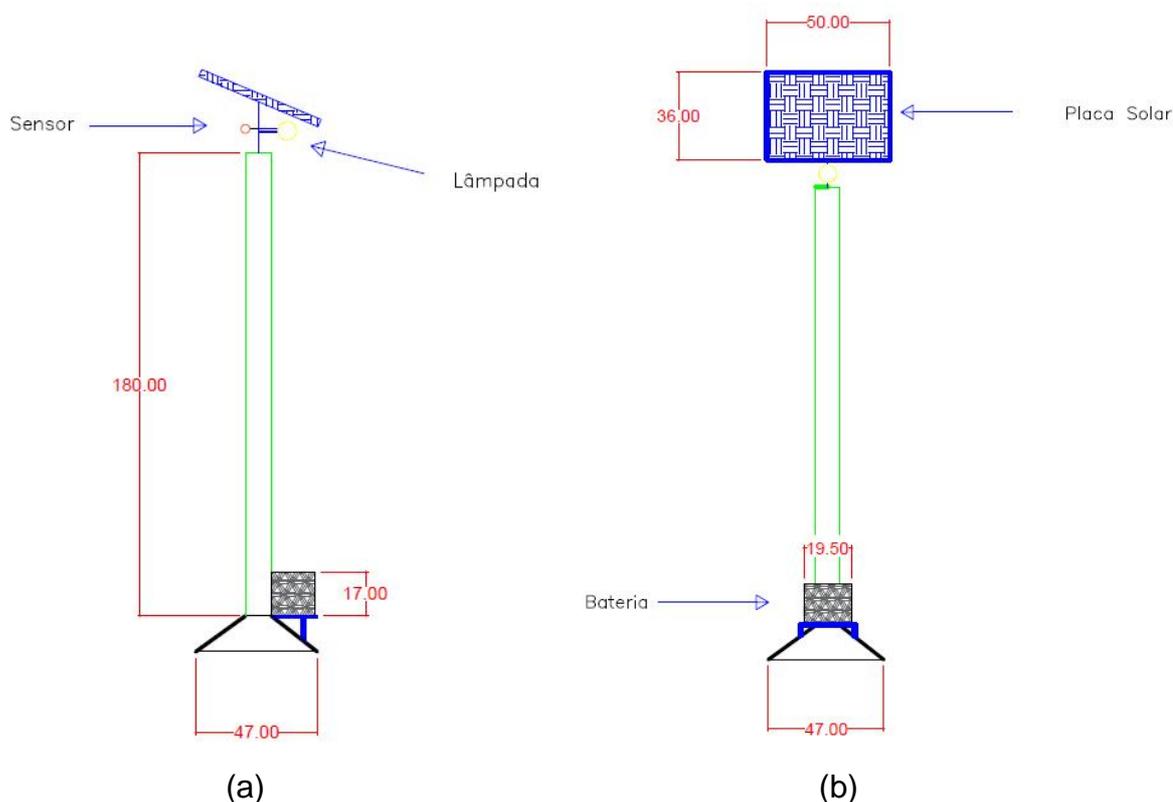


Figura 42: Projeto técnico com escala em centímetro visto de (a) perfil e de (b) frente.

Fonte: O autor.

De posse dos materiais, foram realizados a execução do projeto, conforme procedimentos de montagem apresentado no Quadro 6:

Quadro 6: Procedimentos de montagem do sistema de iluminação sustentável.

PROCEDIMENTOS

ILUSTRAÇÃO

1. Vestir o disco de grade com o pneu de motocicleta



2. Fixar o cano tubular e base de apoio no disco de grade



3. Realizar a pintura do disco e encaixar as garrafas no cano tubular



4. Acomodar a bateria na base de apoio

5. Realizar a instalação dos fios condutores

6. Instalar a placa solar, o sensor de luz, a lâmpada, controlador de carga e o interruptor

7. Realizar os testes experimentais



Fonte: O Autor.

3.1.3 (C) Elaboração de cartilha educativa

A qualidade da cartilha, bem como a adequação da linguagem e das ilustrações são aspectos considerados relevantes (REBERTE et al., 2012). Segundo Wilkinson e Miller (2007) a correspondência entre os interesses e as necessidades dos leitores de cartilhas é outro elemento fundamental no processo de construção desse tipo de recurso educativo.

Para o desenvolvimento da cartilha educativa, foi aplicado um questionário com 14 questões sobre o conhecimento das energias renováveis, energia solar, nível de escolarização dentre outras. Por intermédio das respostas foi realizada a construção e a análise dos dados em gráficos. Após a análise dos gráficos, foi efetuado a elaboração da cartilha que se encontra no Anexo 7.

A cartilha foi elaborada com o propósito de definir o conceito de energia renovável, enfatizando os principais tipos de fontes existentes, dando destaque para a energia solar fotovoltaica.

Com o intuito de facilitar o entendimento por parte do discente, a cartilha contemplou diversas imagens e textos curtos em linguagem de fácil interpretação.

Foi apresentado um manual simplificado para confecção de um sistema de iluminação sustentável, mostrando os tipos e quantidades de materiais utilizados e procedimentos de montagem.

Ao final, foram propostas duas atividades educativas sobre energias renováveis e energia fotovoltaica, sendo a primeira de “palavras cruzadas” e a segunda, um “caça-palavras”, ambas com os respectivos bancos de palavras relacionada ao assunto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Percepção dos estudantes - análise do questionário

O questionário aplicado foi composto por 14 questões sobre faixa etária, nível de escolaridade e, principalmente, o nível de conhecimento sobre energia solar fotovoltaica.

No desenvolvimento desta pesquisa, participaram do questionário 239 discentes, sendo 52% da Escola Estadual Eng^o Haroldo G. Bastos e 48% da Universidade Brasil. Quanto a idade, com até 14 anos, ou seja, do ensino fundamental (do 6^o ao 9^o anos) participaram 29% dos alunos, do ensino médio de 15 a 17 anos (da 1^a à 3^a séries) foram 23% e do ensino superior, com mais de 18 anos, foram 25% do curso de engenharia química (2^o, 4^o, 6^o, 8^o e 10^o semestres) e 23% do curso de direito (6^o, 8^o e 10^o semestres) conforme Tabela 7.

Tabela 7: Número de participantes da pesquisa.

| Instituição de Ensino | Discentes por Instituição | Curso | Faixa Etária | Discentes por Curso |
|---|---------------------------|--------------------|------------------|---------------------|
| E.E. Eng^o Haroldo G. Bastos | 125 (52%) | Fundamental | Até 14 anos | 70 (29%) |
| | | Médio | De 15 a 17 anos | 55 (23%) |
| Universidade Brasil | 114 (48%) | Engenharia Química | Acima de 18 anos | 60 (25%) |
| | | Direito | Acima de 18 anos | 54 (23%) |
| Total | 239 | - | - | 239 |

Fonte: O Autor.

Quanto a questão “Você sabe o que é energia renovável?”, 67% dos discentes afirmaram conhecer o que é energia renovável, enquanto 1/3 dos avaliados desconhecem um assunto amplamente divulgado na atualidade

Em relação aos ensinos fundamental e médio, 56% e 36%, respectivamente, desconhecem esta forma de energia. Quanto ao ensino superior, no curso de engenharia química, os que ignoram são 7% apenas, enquanto, no curso de direito, são 28%. Esse resultado era de certa forma esperado, onde quanto maior o grau de escolarização, maior o conhecimento do discente avaliado (Tabela 8).

Tabela 8: Conhecimento sobre o que é energia renovável.

| Opções | Ensino Fundamental | Ensino Médio | Ensino Superior | | Total |
|------------|--------------------|--------------|--------------------|---------|-------|
| | | | Engenharia Química | Direito | |
| SIM | 44% | 64% | 93% | 72% | 67% |
| NÃO | 56% | 36% | 7% | 28% | 33% |

Fonte: O Autor.

Do total de estudantes que afirmaram saber o que é energia renovável (161), 39% disseram que é “energia reaproveitável”, 9% “energia limpa”, 16% “energia sustentável”, 13% “energia proveniente de recursos naturais” e 23% como sendo um “recurso inesgotável/infinito” (Figura 43). Nos ensinos fundamental e médio e no curso de engenharia química, a maioria dos avaliados responderam que a energia renovável é uma “energia reaproveitável”, enquanto no curso de direito, seria uma “energia sustentável”.

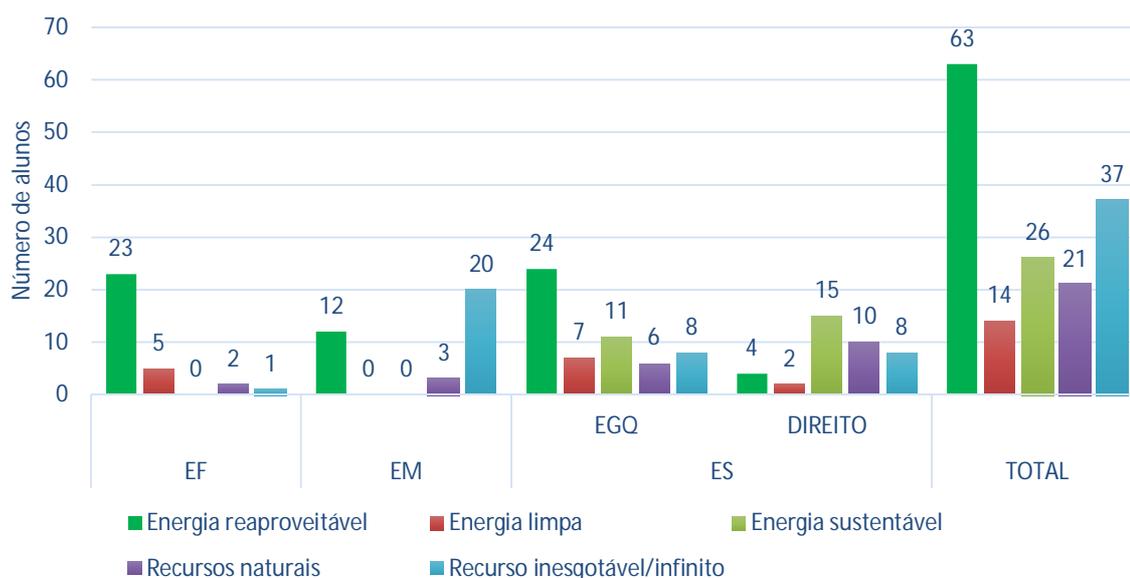


Figura 43: Conhecimento sobre energia renovável.

Fonte: O Autor.

Araújo (2016) avaliando 26 alunos do curso técnico em meio ambiente concomitante com o ensino médio com idade entre 16 e 19 anos, no Instituto Federal Fluminense campus Campos-Guarus, mostrou que todos os futuros técnicos em meio ambiente já leram ou ouviram falar sobre energia renovável e que essa temática foi adquirida nas aulas de Geografia do ensino fundamental.

Domingos et al. (2016) avaliando 200 alunos do ensino médio com idades entre 14 a 20 anos, em Pombal-PB, em 2016, sobre o que é energia limpa, indicaram que

98% dos estudantes consideraram como sendo aquela que não libera durante o seu processo de produção ou consumo, resíduos ou gases poluentes geradores do efeito estufa e do aquecimento global.

Quanto a percepção da questão “Que tipos de fontes renováveis você conhece?”, 38% dos estudantes citaram o Sol, 30% os ventos, 24% a água, 6% a biomassa e 2% mares e oceanos (Figura 44).

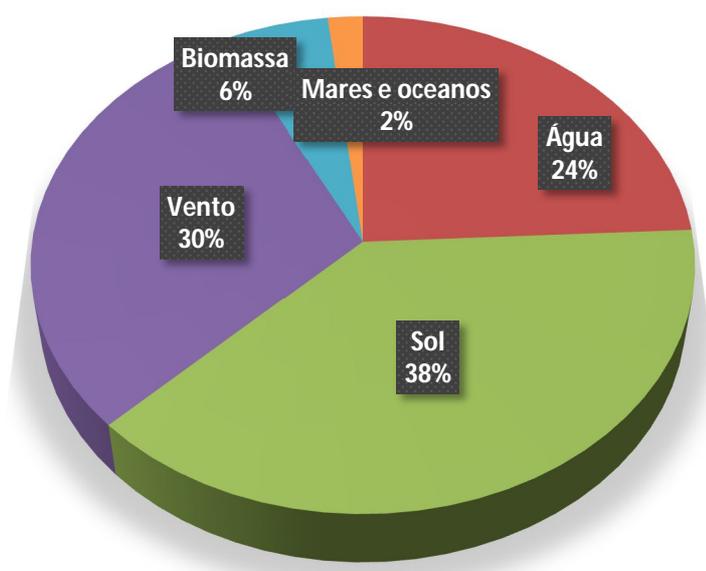


Figura 44: Conhecimento sobre os tipos de fontes renováveis.
Fonte: O Autor.

Domingos et al. (2016) questionando seus alunos sobre as fontes de energia renováveis, relataram que 62% responderam que seriam as inesgotáveis, 21% de fácil acesso, 12% poluentes e 5% seriam as fontes mais frequentes.

Dos 161 discentes que disseram o que é energia renovável, 19% pertencem ao ensino fundamental, 22% do ensino médio e 59% do ensino superior, que já era de se esperar. Percebeu-se um destaque maior para curso de engenharia química, que obteve cerca de 35% das opiniões, sendo que 19 alunos que destacaram o Sol como uma fonte renovável pertencem ao curso de engenharia química, 24% ao curso de direito e de ensino médio e 21% ao ensino fundamental (Figura 45).

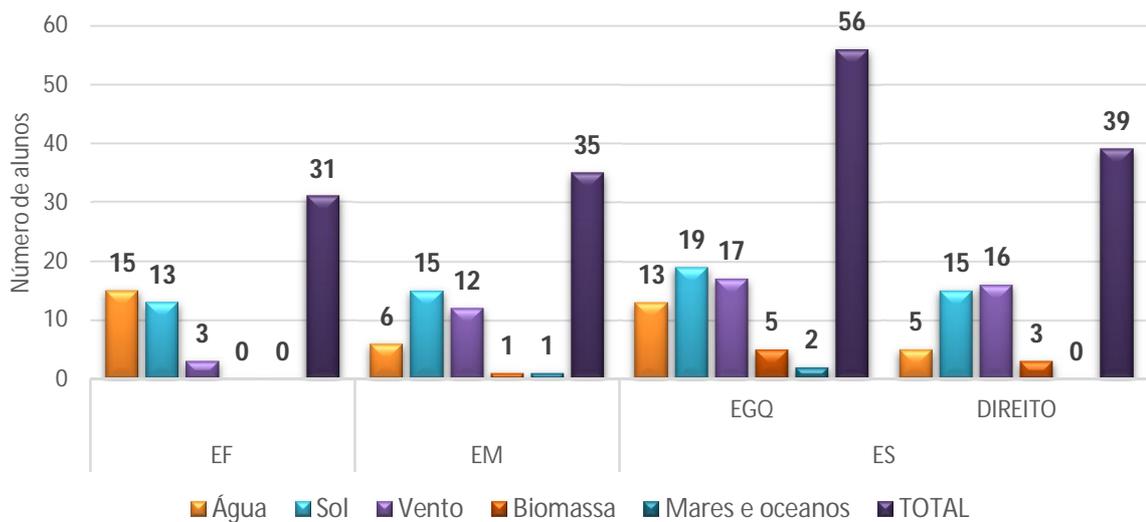


Figura 45: Conhecimento sobre os tipos de fontes renováveis por nível de ensino.
Fonte: O Autor.

Em relação ao entendimento dos alunos sobre a questão “Quais as aplicações da energia solar que você conhece?”, mostrado na Figura 46, 42% não souberam responder, 36% afirmaram que é aplicado no aquecimento de água e 22% na geração de energia elétrica.

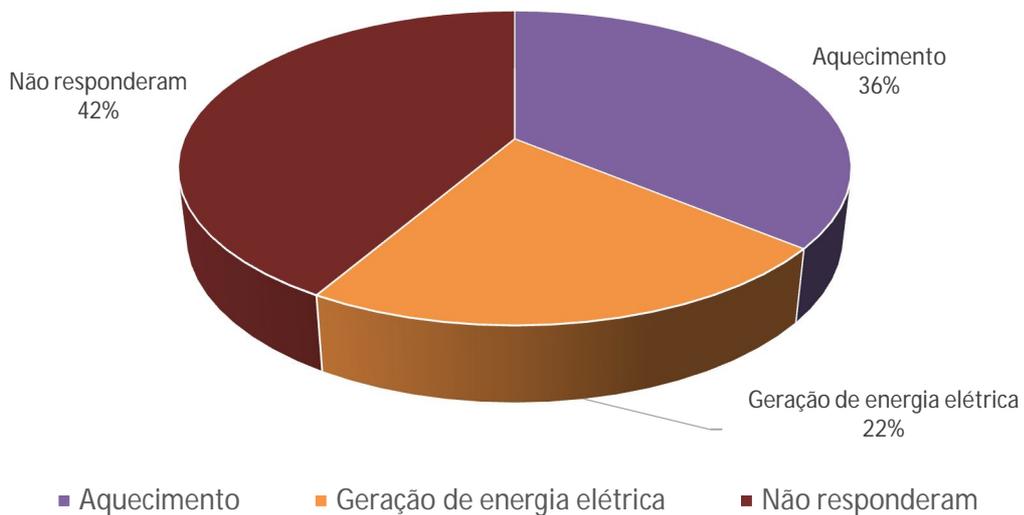


Figura 46: Conhecimento sobre as aplicações da energia solar FV.
Fonte: O Autor.

De acordo com dados da ANEEL (2011), entre os vários processos de aproveitamento da energia solar, os mais usados atualmente são o de aquecimento de água e a geração fotovoltaica de energia elétrica.

É notório que os discentes do ensino superior apresentaram maiores informações quanto as aplicações da energia solar, cerca de 60%, seguido de 24% do ensino médio e 16% do ensino fundamental, sendo 41% referente somente aos discentes do curso de engenharia química (Figura 47).

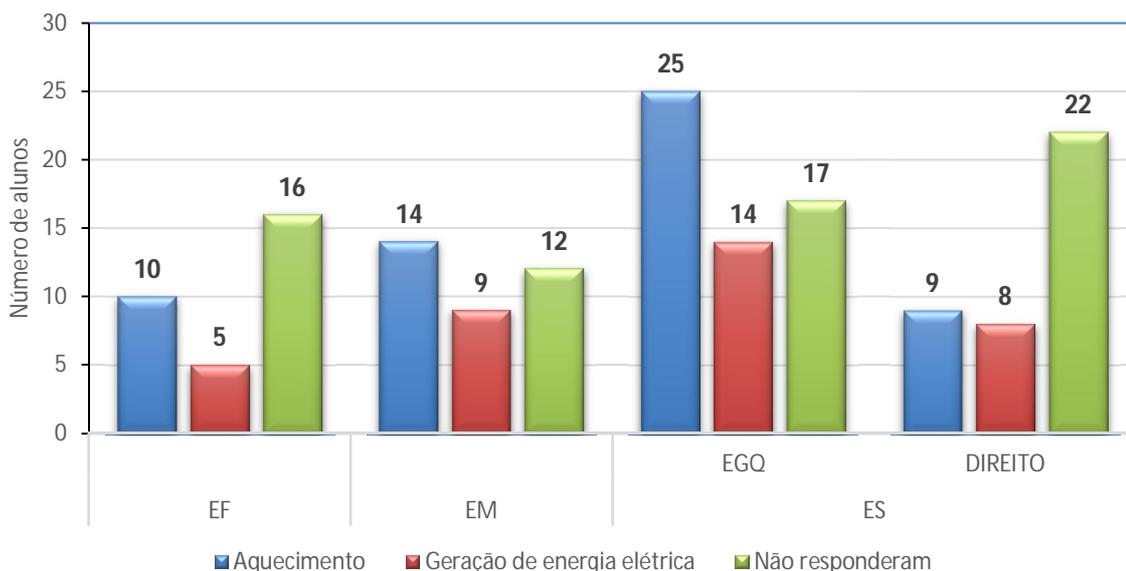


Figura 47: Conhecimento sobre as aplicações da energia solar por nível de ensino.
Fonte: O Autor.

Domingos et al. (2016) relataram que 53% dos discentes demonstraram ter conhecimento sobre os tipos de energia solar, sendo de apenas 24% nesta pesquisa e de 60% no ensino superior, valor baixo quando comparado ao dado do ensino médio.

Quanto a análise de cada nível de escolaridade sobre a questão “Você conhece a tecnologia da energia fotovoltaica?”, aproximadamente 62% dos estudantes responderam desconhecer a tecnologia da energia solar fotovoltaica, enquanto esta é a percepção de 70% somente de alunos do ensino fundamental. Já no ensino superior, um resultado não esperado foi o baixo conhecimento dos alunos de engenharia química 37%, que chega a ser inferior ao do ensino médio, ou seja, de 40%. Dos 92 discentes que afirmaram conhecer a tecnologia da energia fotovoltaica, 29% representam o curso de direito e 23% representam o ensino fundamental. O curso de engenharia química e o ensino médio apresentaram resultados iguais, 24% (Figura 48).

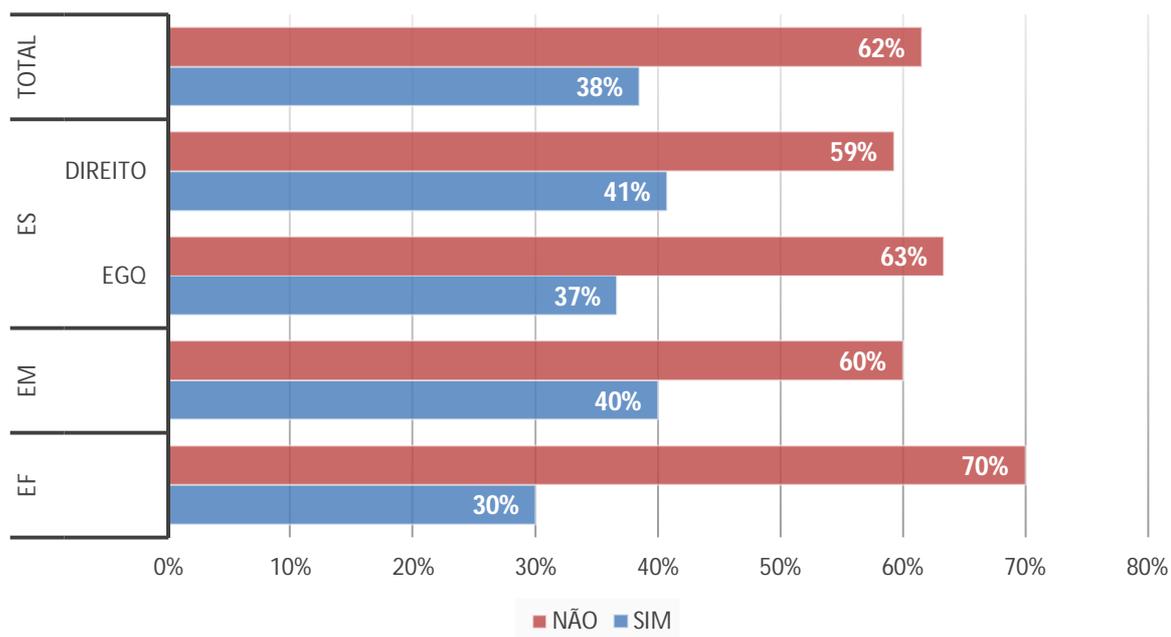


Figura 48: Conhecimento sobre a tecnologia da energia solar FV.
Fonte: O Autor.

Em relação a questão “Em caso afirmativo, descreva abaixo o que você sabe sobre energia fotovoltaica?”, 33% dos estudantes disseram que é uma forma de transformar a luz do Sol em energia elétrica por meio de placas solares, sendo esta a percepção de 23% dos discentes do curso de engenharia química, índice inferior ao do ensino fundamental 30% e médio 40% (Figuras 49 e 50).

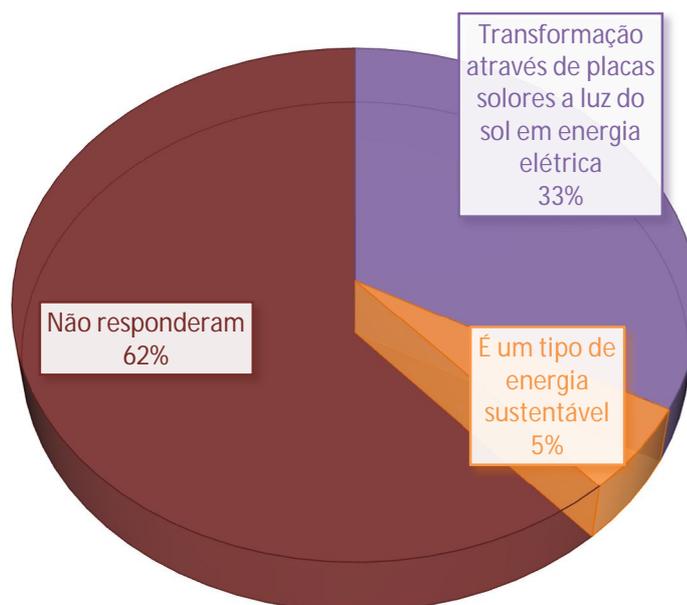


Figura 49: Conhecimento sobre o conceito de energia solar FV.
Fonte: O Autor.

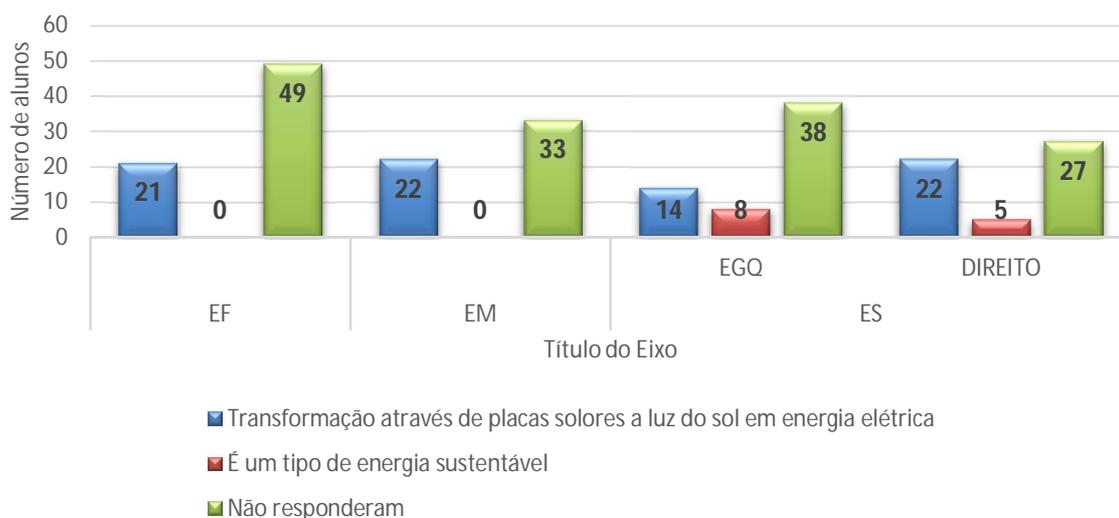


Figura 50: Conhecimento sobre o conceito de energia solar FV por nível de ensino.
Fonte: O Autor.

Quanto a questão “Na sua opinião, quais as vantagens do uso da energia solar fotovoltaica?”, 15% dos estudantes, consideraram que a maior vantagem do uso da energia fotovoltaica é quanto a economia financeira, seguido de 15% que acreditam que é uma tecnologia sem impactos ambientais, 2% se referem a disponibilidade solar e 61% não responderam (Figura 51).

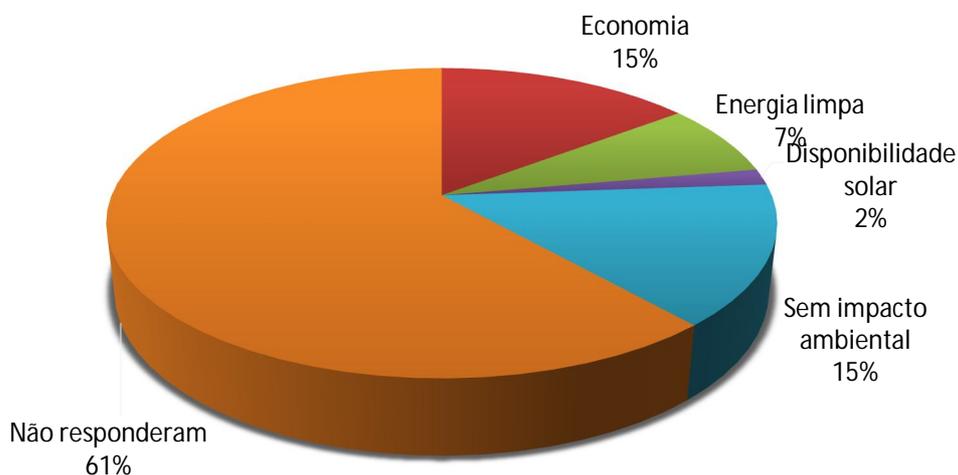


Figura 51: Vantagens do uso da energia solar FV.
Fonte: O Autor.

Percebeu-se pela Figura 52 que 43% dos discentes do ensino médio afirmam que a maior vantagem do uso da energia solar FV é “sem impacto ambiental”, sendo que 34% do ensino fundamental afirmam que é pela “economia”.

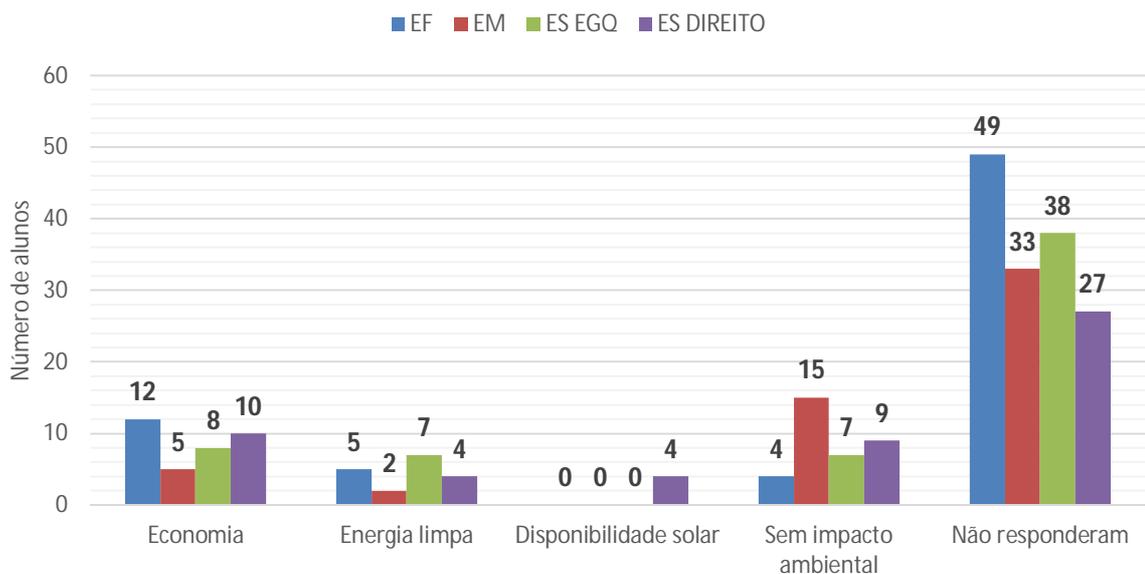


Figura 52: Vantagens do uso da energia solar FV por nível de ensino.

Fonte: O Autor.

Por outro lado, a percepção sobre a questão “E as desvantagens do uso da energia solar fotovoltaica?”, 62% dos entrevistados não souberam responder, 25% afirmaram que a principal desvantagem é o alto custo dos materiais e das instalações, para 8% seria a não produção de energia elétrica durante a noite e para 5% os períodos de chuva. Em relação aos discentes do ensino superior que destacaram o alto custo da energia solar fotovoltaica como desvantagem, 37% pertenciam ao curso de engenharia química e 26% ao curso de Direito (Figuras 53 e 54).

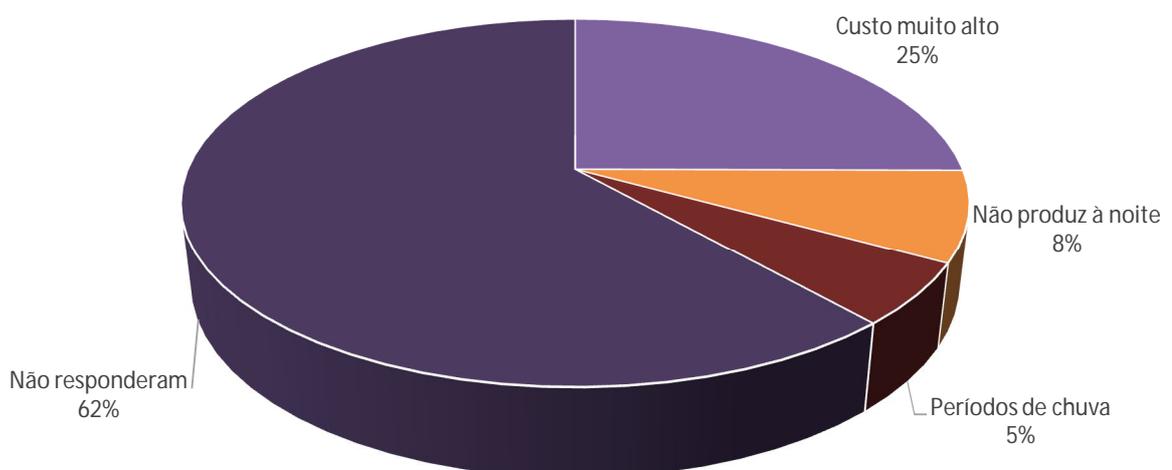


Figura 53: Desvantagens do uso da energia solar FV.

Fonte: O Autor.

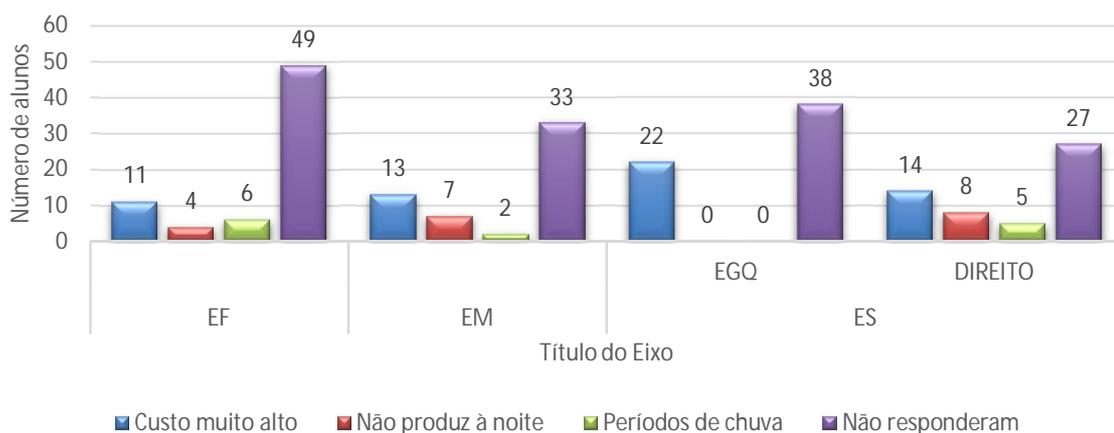


Figura 54: Desvantagens do uso da energia solar FV por nível de ensino.
Fonte: O Autor.

De acordo com Domingos et al. (2016), para 96% de seus alunos do ensino médio, a principal desvantagem do uso da energia solar seria a falta de insolação, pois como se sabe, em dias sem sol não há a geração de energia elétrica fotovoltaica.

Para Scherer et al. (2014), como desvantagem poderia ser citado o custo inicial para a montagem de um sistema solar, que pode ser bastante avultado e se não houver sol, não haverá energia solar.

Em relação a questão “Há sistemas solares fotovoltaicos em sua cidade”, 185 (77%) do total de alunos não souberam informar, sendo que especificamente para os alunos dos ensinos fundamental e médio este desconhecimento foi de 99% e 91%, respectivamente e de 55% no curso de engenharia química e 61% no de direito (Figura 55).

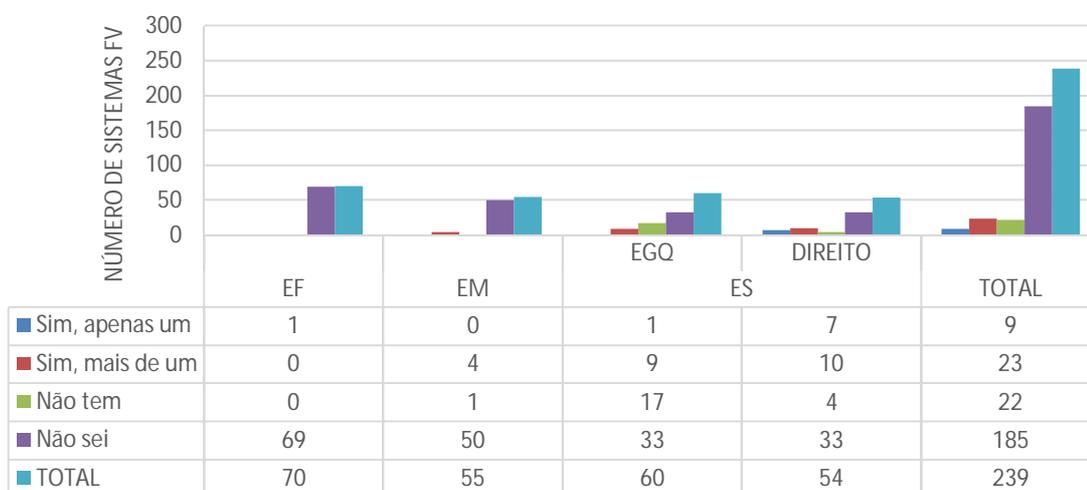


Figura 55: Sistemas de energia solar FV instalados na cidade por nível de ensino.
Fonte: O Autor.

Por sua vez, a percepção sobre a questão “Instalaria em sua casa um sistema de energia fotovoltaica?”, 32 (14%) não responderam, 113 (47%) não instalariam devido ao alto custo dos materiais, como as placas solares, os inversores e as baterias e 94 (39%) afirmaram que sim (Figura 56).

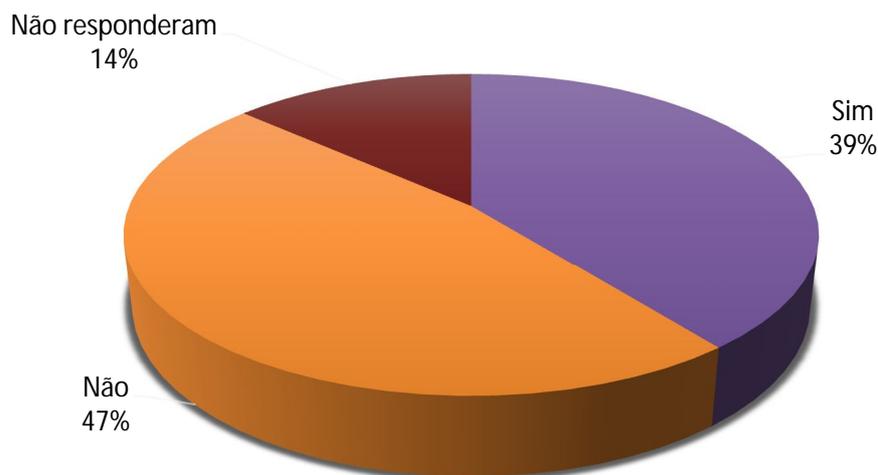


Figura 56: Instalaria um sistema FV?
Fonte: O Autor.

Dos favoráveis a instalação, 37 (69%) eram do curso de Direito, 27 (45%) do curso de Engenharia Química, 16 (29%) do Ensino Médio e 14 (20%) do Ensino Fundamental (Figura 57).

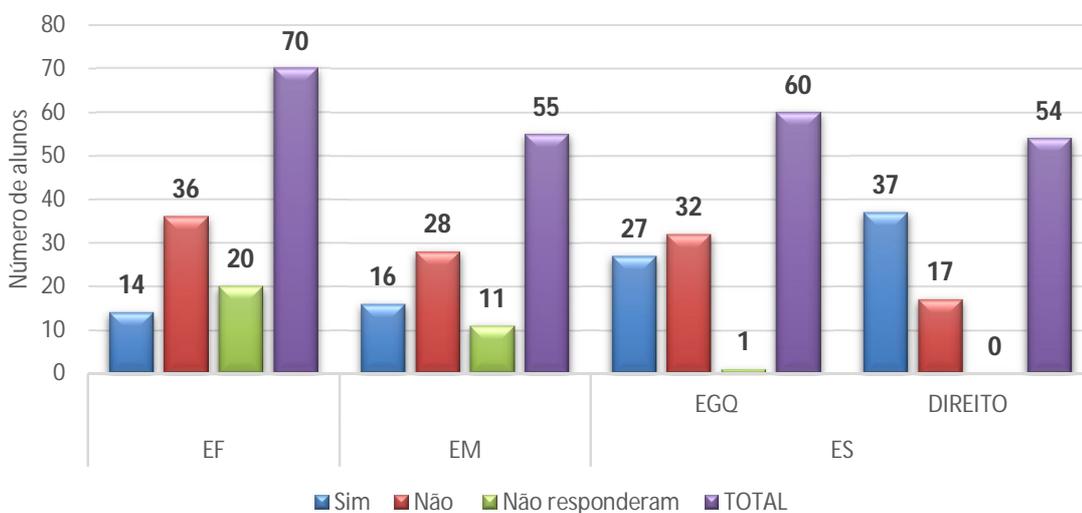


Figura 57: Instalaria um sistema FV?
Fonte: O Autor.

Quanto a questão “Em caso afirmativo, por quais motivos instalaria?”, 61% não responderam e para 30% dos discentes a “economia” seria o principal fator. Em relação ao nível de escolaridade, 54% dos alunos do curso de Direito e 35% do de Engenharia Química também destacaram a economia do sistema, sendo que 76% dos discentes dos Ensinos Fundamental e Médio não souberam responder (Figura 58).



Figura 58: Por quais motivos instalaria um sistema FV?
Fonte: O Autor.

Sobre o entendimento da questão “Atualmente, quais os motivos dos poucos projetos instalados de energia solar fotovoltaica?”, 45% dos alunos afirmaram que é pela falta de conhecimento, sendo deste total, 49% pertencentes ao ensino fundamental, 42% ao curso de Engenharia Química, 52% ao ensino médio e 37% ao curso de Direito. A falta de incentivo governamental foi a escolha de 22% dos 109 discentes do curso de Engenharia Química e 22% dos 73 do curso de Direito (Figuras 59 e 60).



Figura 59: Motivos dos poucos projetos FV instalados.
Fonte: O Autor.

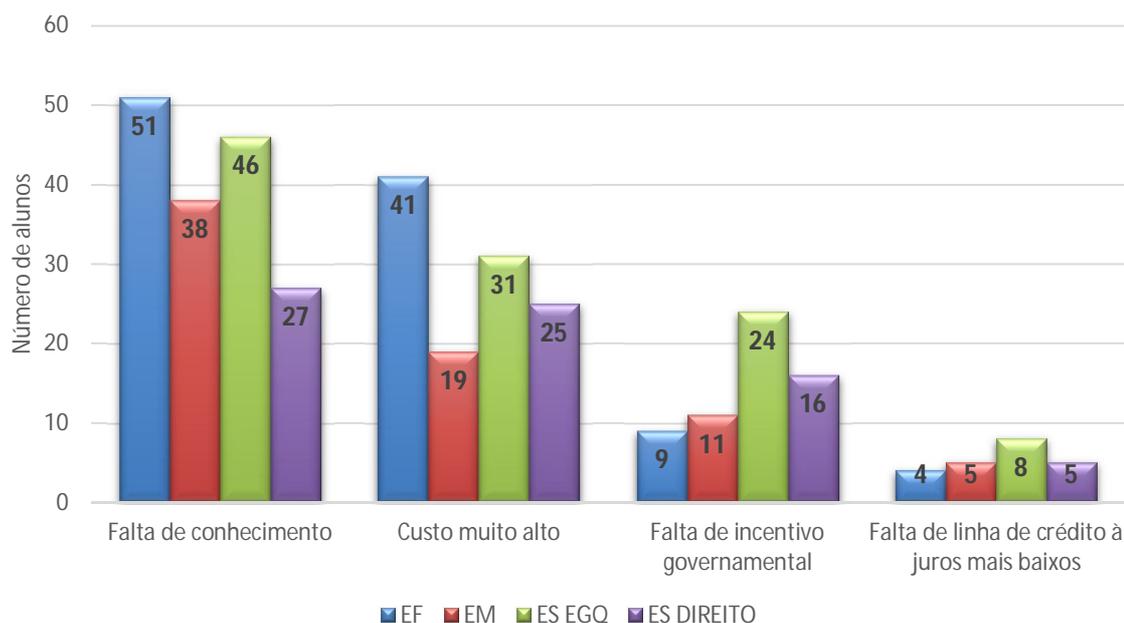


Figura 60: Motivos dos poucos projetos FV instalados por nível de ensino.
Fonte: O Autor.

Em seu trabalho “Estudo da percepção de alunos de uma escola pública de ensino fundamental sobre o uso racional de energia elétrica e suas formas alternativas” realizado na cidade de Pains/MG em 2013, Nativo (2014) cita que o conhecimento repassado pela grade curricular não é suficiente e menciona que são necessários alguns complementos como uma cartilha específica sobre o assunto e um treinamento para os professores para capacitá-los.

Rech e Shimin (2016) por meio de um projeto de intervenção pedagógica sobre energia limpa a 26 alunos do 9º Ano do Ensino Fundamental de uma escola em Vitorino/PR, concluíram que nem todos os alunos conseguem conceituar “Energia” e nem as classificar em renováveis e não renováveis.

Entende-se que o aluno precisa associar os conhecimentos que adquire em sala de aula com a realidade que vivencia em seu cotidiano, em uma compreensão de que a criança não é um cidadão apenas do futuro, mas é cidadão hoje, de modo que “conhecer a Ciência amplia a sua possibilidade presente de participação social” (FABRI; SILVEIRA, 2013).

4.2 Análise do sistema de iluminação

No desenvolvimento do sistema de iluminação sustentável foi investido um capital inicial de R\$ 534,00, incluindo o custo da mão-de-obra da instalação. Para a realização do projeto foram gastos 3,0 dias de efetivo trabalho, executando as atividades 8 horas/dia. A maior dificuldade foi a fixação do tubo no disco e do suporte da placa, onde foi necessário a soldagem das partes (Figura 61).



Figura 61: Sistema de iluminação sustentável.
Fonte: O Autor.

Foram utilizadas 10 garrafas pets de 2 litros, cortadas nas duas extremidades e encaixadas uma sobre a outra. O pneu de motocicleta usado foi revestido no disco com o objetivo de garantir a estabilidade do sistema.

O sistema funcionou tanto de forma manual, quando foi acionado por contato através do interruptor, como automático, por meio do sensor de luz, conforme mostrado na Figura 62.

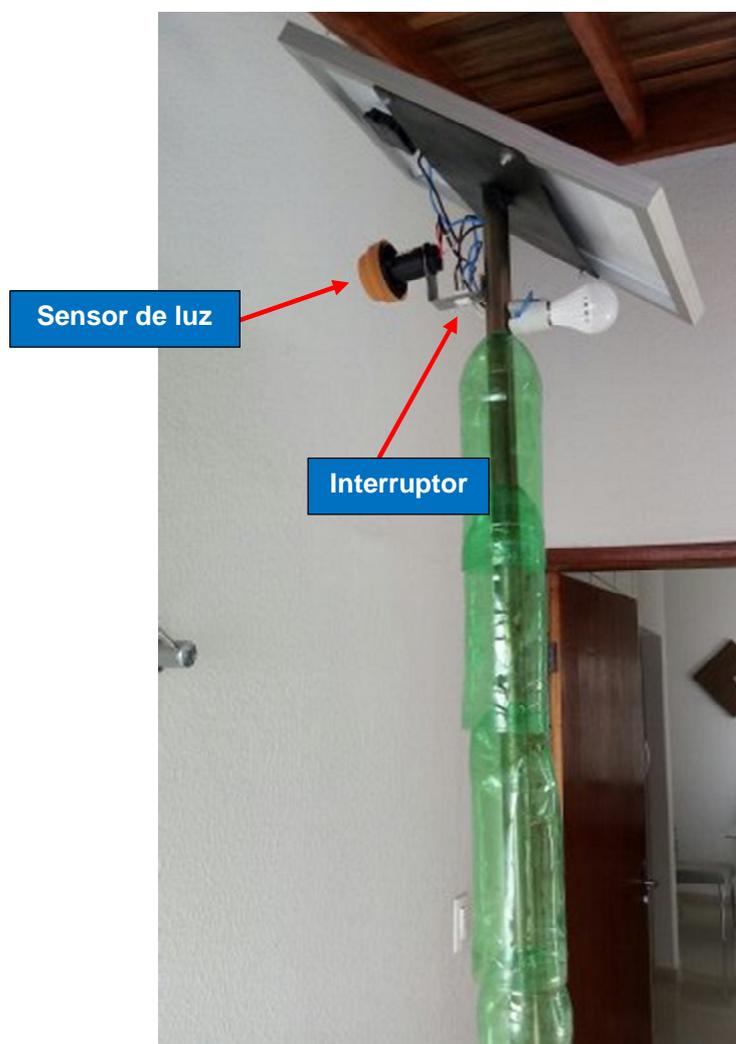


Figura 62: Interruptor e sensor de luz.
Fonte: O Autor.

Para o sistema de iluminação, foi adquirido uma placa solar com área de 0,18 m², com potência elétrica de 20 W, corrente elétrica máxima de 1,14 A e produção de potência de 2,50 kWh/mês. A placa solar deste projeto apresentou eficiência de 11,1%.

Considerando um consumo diário de 120Wh de uma lâmpada de 10W durante 12 horas, a energia produzida pelo módulo fotovoltaico foi de 103,7Wh/dia. De acordo com os cálculos, foi utilizado apenas um módulo fotovoltaico.

A taxa de descarga máxima adotada para a bateria foi de 50%. A bateria de 40Ah apresentou uma autonomia de 4,0 dias (consumo em 12h/dia), mantendo ligada uma lâmpada de 10W e levou cerca de 17,5 horas para o carregamento total, aproximadamente 2,0 dias, considerando uma média de 9 horas de insolação diária.

Considerando a concessionária local Elektro Distribuidora de Energia, foi realizado o cálculo do valor do consumo por meio da “Simulação da Conta” disponível no endereço eletrônico <https://simulador.elektro.com.br/index/simulacao>.

Conforme cálculo apresentado na Figura 63, o sistema de iluminação permitiu uma economia de R\$ 3,01 mensais, com retorno do projeto em 14,8 anos, sendo que a placa solar tem validade de eficiência de 30 anos e a bateria de 5 à 10 anos.

| | Quantidade | TE (R\$) | TU (R\$) | Valor Total (R\$) |
|--|------------|----------|----------|-------------------|
| Consumo | 3,60 kWh | 0,33735 | 0,26444 | 2,16 |
| Ad. B. Verm. ? | 3,60 kWh | 0,05000 | | 0,18 |
| Subtotal | | | | 2,34 |
| ICMS ? | 18,00% | | | 0,54 |
| PIS ? | 0,80% | | | 0,02 |
| COFINS ? | 3,67% | | | 0,11 |
| Subtotal tributos | | | | 0,67 |
| TE: Tarifa de Energia | | | | |
| TU: Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição | | | | |
| Total | | | | 3,01 |

Figura 63: Simulador de conta de energia elétrica.

Fonte: ELEKTRO DISTRIBUIDORA DE ENERGIA. Disponível em: <https://simulador.elektro.com.br/index/simulacao> Acesso em: 30 out. 2018.

Com a análise dos resultados dos questionários, o sistema de iluminação sustentável foi apresentado aos discentes como instrumento didático, para que os mesmos pudessem interagir com o equipamento, de modo a entender melhor a sua construção e o seu funcionamento. Ficou evidente o interesse dos alunos, uma vez que o contato direto com o projeto facilitou um melhor entendimento sobre energia solar fotovoltaica.

4.3 Análise da cartilha educativa

A cartilha educativa foi apresentada aos discentes logo depois do sistema de iluminação sustentável, com o objetivo de aperfeiçoar a compreensão das energias renováveis e principalmente das características da energia solar fotovoltaica.

Foi realizada uma leitura compartilhada em que cada aluno leu um determinado trecho da cartilha. Após, foi organizado uma roda de conversa para socialização de suas ideias e esclarecimento de tópicos mais técnicos. Por fim, os alunos puderam preencher as atividades de “palavras cruzadas” e de “caça-palavras”.

Com a aplicação da cartilha educativa, foi possível observar uma maior aquisição sobre o conceito de energias renováveis, suas principais fontes e principalmente, sobre as aplicações da energia solar, especialmente, a energia fotovoltaica, como também a conscientização das pessoas da importância do uso de fontes renováveis.

5. CONCLUSÕES

A conscientização da sociedade quanto aos problemas ambientais atuais é de fundamental importância para a sua mitigação, sendo a educação ambiental um instrumento capaz de fazer os cidadãos repensarem suas atitudes criando um modo de vida sustentável, contribuindo na preservação dos recursos naturais.

Fica evidente que a maioria dos pesquisados não sabem informar se na cidade onde reside há sistema fotovoltaico instalado. Quase que a metade dos estudantes afirmam que não instalariam um sistema fotovoltaico devido ao custo muito alto e aqueles que dizem que poderiam instalar, responderam como principal fator a economia financeira, a redução dos impactos ambientais e a disponibilidade de insolação na região.

Verifica-se que quase 50% dos entrevistados afirmam que o motivo dos poucos projetos instalados de energia solar fotovoltaica na região seria simplesmente a falta de conhecimento, que é um dos percursos dessa dissertação, seguidos do custo muito, falta de incentivo governamental e da falta de linha de crédito à juros mais baixos.

A percepção de estudantes sobre a tecnologia de energia solar fotovoltaica concentra-se, de modo geral, no nível de ensino superior, mais precisamente no curso de Engenharia Química. Isto se justifica pelo fato do assunto ter muita aderência à área de Engenharias. Nota-se ainda que, nos ensinos fundamental e médio, os discentes apresentam conhecimento muito significativo, porém ainda existem muitas dúvidas sobre energia solar, como por exemplo a geração de energia fotovoltaica, que poderia ser trabalhada no ambiente escolar.

Concluiu-se que 33% e 62% dos alunos dos Ensinos Fundamental e Médio de Macedônia/SP e do Ensino Superior de Fernandópolis/SP desconhecem o que é energia renovável e o que é energia solar fotovoltaica, respectivamente.

A maioria conceituou a energia renovável como sendo uma energia reaproveitável, indicando o Sol como a principal fonte utilizada somente no aquecimento da água, o que evidencia um desconhecimento da abrangência do assunto.

Apenas o saber adquirido por meio dos programas curriculares básicos das escolas dos níveis fundamental, médio e até superior não são suficientes, havendo, porém, avanços à medida que o estudante evolui no nível de ensino.

Portanto, são necessários materiais específicos e treinamento dos professores, sendo a construção de um sistema de iluminação sustentável com o reaproveitamento de materiais recicláveis e de uma cartilha educativa aqui propostos, instrumentos de educação ambiental que pode ser utilizado com êxito nas escolas.

Destaca-se ainda, a viabilidade do projeto de iluminação no sentido da economia, da redução de impactos ambientais e da geração de energia limpa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABINEE – Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. **Proposta para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira**. São Paulo: PSR, 2012. 176 p.

ABRAMOVAY, R. Inovações para que se democratize o acesso à energia, sem ampliar as emissões. **Revista Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. XVII, n. 3, p. 1-18, 2014.

ABSOLAR. Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. **Seminário Nacional CIGRÉ de energia solar fotovoltaica**. São Paulo, 2018. 45 p.

AIDÊ ARQUITETURA RESIDENCIAL. **Energia Solar Térmica**. Disponível em: <<http://www.aidearquitetura.com.br>>. Acesso em: 21 out. 2018.

AMARO, A. et al. **A arte de fazer questionários**. Departamento de Química da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Lisboa, 2005.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 2a ed. Brasília: ANEEL, 2005.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Relatório 2010**. Brasília: ANEEL, 2011.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Relatório 2013**. Brasília: ANEEL, 2014.

ARAÚJO, C. M. et al. O Sujeito na Pesquisa Qualitativa: Desafios da Investigação dos Processos de Desenvolvimento. **Revista de Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 33, p. 1-7, 2015.

ARAÚJO, G. S. **Energia renovável ou “limpa”?** Buscando a percepção dos alunos concluintes do curso técnico em meio ambiente do IFF campus Campos-Guarus. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação Lato Sensu em Educação Ambiental). Instituto Federal Fluminense, Campus Campos-Guarus, 2016. 23 p.

BATISTA, K. T. et al. O papel dos comitês de ética em pesquisa. **Revista Brasileira Cirurgia Plástica**, v. 27, n. 1, p. 150-155, 2012.

BEN - **Balanco Energético Nacional 2008: Ano base 2007**. EPE / Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2008. 288 p.

BEN - **Balanco Energético Nacional 2013: Ano base 2012**. EPE / Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2013. 288 p.

BEN - **Balanco Energético Nacional 2017: Ano base 2016**. EPE / Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2017. 292 p.

BOEFF, L. F. **Relé de potência reversa**. Salão UFRGS 2013: SIC - XXV Salão de Iniciação Científica da UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS, 2013.

BRAGA, R. P. **Energia solar fotovoltaica: fundamentos e aplicações**. Graduação (Engenharia Elétrica). Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, 2008.

BRANCO. S. M. **Energia e Meio Ambiente**. 2.ed. São Paulo: Moderna, 2004. 144 p. (Coleção polêmica).

BRANDÃO, B. B. **Coletor concentrador parabólico composto (CPC) como absorvedor V invertido completamente iluminado**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco. Pernambuco, 2004. 95 p.

BRASIL. Decreto nº 5163 de 30 Julho de 2004. **Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências.** 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5163.htm>. Acesso em: 18 ago. 2018.

BRASIL. **Grupo de trabalho solar fotovoltaico.** Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior. Secretaria de Desenvolvimento e Competitividade Industrial. Departamento de Competitividade Industrial. Relatório Final, 2018.

BRASIL. Lei nº 9795, de 27 de abril de 1999. **Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências.** 1999. Disponível em: <<http://www2.planalto.gov.br/presidencia/a-constituicao-federal/a-constituicao-federal>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Conselho Nacional da Saúde, CNS.** Resolução CNS nº 466, de 12 de dezembro de 2012 – In: Resoluções, 2012.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2030.** Ministério de Minas e Energia; Colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília, MME: EPE, 2007.

CAAMAÑO, E. et al. **State-of-the-art on dispersed PV power generation: Publications review on the impacts of PV Distributed Generation and Electricity networks.** PV Upscale. Issue PV in Urban Policies-Strategic and Comprehensive Approach for Longterm Expansion, 2007.

CIRIBELLI, M. C. **Como elaborar uma dissertação de Mestrado através da pesquisa científica.** Marilda Ciribelli Corrêa, Rio de Janeiro: 7 Letras, 2003.

COMETTA, E. **Energia Solar: utilização e empregos práticos.** Tradução: Norberto de Paula Lima. São Paulo: Hemus, 1978.

CONCEIÇÃO, M. M. et al. Rheological Behavior of Castor Oil Biodiesel. **Energy & Fuels**, v. 19, p. 2185-2188, 2005.

CRESESB - Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Grupo de Trabalho de Energia Solar – GTES. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, CRESESB, 2004.

CRESESB - Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Grupo de Trabalho de Energia Solar – GTES. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, CRESESB, 2006.

CRESESB - **Centro de Referência para Energia Solar e Eólica SÉRGIO BRITO - 2018**. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>>. Acesso em: 01 set. 2018.

DIAS, G. F. **Educação ambiental: princípios e práticas**. 9. ed. São Paulo: Gaia, 2004.

DIENSTMANN, G. **Energia solar: uma comparação entre tecnologias**. Projeto Diplomação (Graduação em Engenharia Elétrica). Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Rio Grande do Sul: 2009.

DGS. **Planning and installing photovoltaic systems: a guide for installers, architects, and engineers: Earthscan**. London, 2008.

DOMINGOS, A. T. S. et al. Escola solar: uma proposta para aprendizagem do ensino Médio. **I CONIDIS – Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido**, 2016.

DURAN BATERIAS. Disponível em: <<http://www.duranbaterias.com.br>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

ELEKTRO DISTRIBUIDORA DE ENERGIA. Disponível em: <<https://simulador.elektro.com.br/index/simulacao>>. Acesso em: 30 out. 2018.

EPIA. European Photovoltaic Industry Association. **Global Market Outlook for Solar Power 2015-2019**. Disponível em: <<http://www.solarbusinesshub.com/solar-industry-reports-outlook-for-power-2015-2019>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

EPIA. GREENPEACE. Solar Generation V - **2012 Eletricidad solar para más de mil millones de personas y dos millones de puestos de trabajo para el año 2020**. Disponível em: <http://www.asif.org/files/Solar_generation_Spanish_V_2012.pdf>. Acesso em: 27 mai. 2018.

FABRI, F.; SILVEIRA, R. M. F. O ensino de ciências nos anos iniciais do ensino fundamental sob a ótica cts: uma proposta de trabalho diante dos artefatos tecnológicos que norteiam o cotidiano dos alunos. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 1, p. 77-105, 2013.

FARIA, A C. **Iluminação sustentável: os benefícios do uso da tecnologia led nos projetos de iluminação**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável). Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2014.

FERNANDES, D. N. A importância da educação ambiental na construção da cidadania. **Revista Okara: Geografia em debate**, DGEOC/CCEN/UFPB – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, v. 4, n. 12, p. 77-84, 2010.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GALDINO, M. A. E. et al. Contexto das energias renováveis no Brasil. **Revista da Direng**, Ilha do Fundão, 2010.

GALVÃO, M. C. B. et al. Métodos de pesquisa mistos e revisões de literatura mistas: conceitos, construção e critérios de avaliação. **Revista InCID**, Ribeirão Preto, v. 8, n. 2, p. 4-24, 2018.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS, Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. 120 p.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 7-20, 2007.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. **Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento**. 3.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012.

GOOGLE CORPORATION. **Google Earth Pro**. Versão 7.3 - 2018. Disponível em: <<https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html>>. Acesso em: 23 out. 2018.

GOOGLE CORPORATION. **Google Maps** - 2018. Dados Cartográficos. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps>>. Acesso em: 23 out. 2018.

GOUVEIA, M. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**. v. 17, n. 6, 2012.

GREEN, M. A. Recent developments in photovoltaics. **Solar Energy**. Issue 1-3, v. 76, p. 3-8, 2004.

GUENA, A. M. O. **Avaliação Ambiental de Diferentes Formas de Geração de Energia Elétrica**. Dissertação (Mestrado), USP, 2007. 146 p.

GTM Research. **Global Solar Demand Monitor Q1 2017**. Executive Summary, 2017.

HINRICH, R. A.; KLEINBACH, M. **Energia e meio ambiente**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

IEA. International Energy Agency. Trends in Photovoltaic Applications. Survey report of selected IEA countries between 1992 and 2010. **Photovoltaic Power Systems Programme**. Report IEA-PVPS T1-20: 2010, Suíça, 2010.

IEA. International Energy Agency. **World Energy Outlook 2011, OECD/IEA**, Paris: 2011.

IMHOFF, J. **Desenvolvimento de Conversores Estáticos para Sistemas Fotovoltaicos Autônomos**. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007.

IST. DGS. UE. **Energia fotovoltaica, manual sobre tecnologias, projeto e instalação - 2004**. Disponível em: <<http://www.greenpro.de/po/fotovoltaico.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

JANNUZZI, G. M. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica no Brasil: Panorama da Atual Legislação**. International Energy Initiative para a América Latina. (IEI – LA) e Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas. 2009.

JANNUZZI, G. M.; SWISHER, J.N.P. **Planejamento integrado de recursos energéticos – meio ambiente, conservação de energia e fontes renováveis**. Campinas: Autores Associados, 1997. 174 p.

JARDIM, C. D. S. et al. The strategic siting and the roofing area requirements of building-integrated photovoltaic solar energy generators in urban areas in Brazil. **Energy and Buildings**, Issue 3, v. 40, p. 365-370, 2008.

JACOBI, P. Educação Ambiental, Cidadania e Sustentabilidade. Faculdade de Educação e do Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental da Universidade de São Paulo – USP. **Cadernos de Pesquisa**, n. 118, p. 189-205, mar. 2003.

KALOGIROU, S. A. **Solar energy engineering: processes and systems**. 1ª edição, Academic Press, Elsevier, EUA, 2009.

LAMARCA, M. R. **Políticas públicas globais de incentivo ao uso da energia solar para geração de eletricidade**. 2012. 180 f. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, PUC-SP, São Paulo, 2012. Disponível em: <<https://sapientia.pucsp.br/bitstream/handle/3447/1/Mariano%20Rua%20Lamarca%22Junior.pdf>>. Acesso em: 12 mai. 2018

LEFF, E. **Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. 9 ed. Petrópolis-RJ: Vozes, 2012. 494 p.

LOPES, W. et al. **Educação Ambiental nas Escolas: Uma estratégia de Mudança Efetiva**. Graduação (Gestão Ambiental). Faculdade Católica do Tocantins. Palmas, 2009.

LOPES, F. M.; NUNES, A. N.; Reutilização de materiais recicláveis para incentivo à educação ambiental e auxílio ao ensino didático de ciências em um colégio estadual de Anápolis-GO. **Revista de Educação**, v. 13, n. 15, p. 87-103, 2010.

LOUREIRO, C. F. B. **Trajetória e fundamentos da educação ambiental**. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2012.

LOMASSO, A. L. et al. Benefícios e desafios na implementação da reciclagem: um estudo de caso no centro mineiro de referência em resíduos (CMRR). **Revista Pensar Gestão e Administração**, v. 3, n. 2, 2015.

MAESTRI, H. G. **Dimensionamento de um sistema fotovoltaico autônomo para alimentação de um dispositivo de monitoramento de parâmetros elétricos em linhas de transmissão**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica). Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2018. 101 p.

MAGNOLI, D.; SCALZARETTO. R. **Geografia, espaço, cultura e cidadania**. São Paulo: Moderna, v. 1, 1998.

MARQUES, F. M. R. **Perspectivas para a energia solar no Brasil**. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo FEA/USP, 2006.

MAZZINI, A. L. D. de A. **Dicionário Educativo de Termos Ambientais**. O Lutador. Belo Horizonte, 2003. 394 p.

MONTENEGRO, A. A. **Avaliação do retorno do investimento em sistemas fotovoltaicos integrados à residências unifamiliares urbanas no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013. 177 p.

MPPT SOLAR. **Construa seu sistema solar fotovoltaico - 2015**. Disponível em: <<http://www.mpptsolar.com/pt/home.html>>. Acesso em: 10 ago. 2018.

MUCELIN, C. A.; BELLINI, M.; Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Revista Sociedade & Natureza**, v. 20, n. 1, p. 111-124, 2008.

MUCCIOLI, C. O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) e as Publicações Científicas. **Arq Bras Oftalmologia**, v. 67, p. 195-196, 2004.

NAÇÕES UNIDAS, **Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais, Divisão Populacional. Perspectivas da População Mundial: a revisão 2017**. Nova Iorque: 2017.

NATIVO, M. O. **Estudo da percepção de alunos de uma escola pública de ensino fundamental sobre o uso racional de energia elétrica e suas formas alternativas**.

Monografia (Pós-Graduação em Formas Alternativas de Energia). Universidade Federal de Lavras. Lavras, Minas Gerais, 2014. 36 p.

NEOSOLAR. Disponível em: <<http://www.neosolar.com.br>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

NOGUEIRA, R. **Elaboração e análise de questionários: uma revisão da literatura básica e a aplicação dos conceitos a um caso real / Roberto Nogueira**. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPEAD, 2002. 26 p.

OVELHA, R. M. R. V.; **Projeto, dimensionamento e instalação de solução fotovoltaica numa moradia offgrid**. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia de Energia e do Meio Ambiente). Universidade de Lisboa – Faculdade de Ciências. Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia. Lisboa: Portugal, 2017. 86 p.

PALZ, W. **Energia Solar e Fontes Alternativas**. São Paulo: Hemus, 2002.

PEREIRA, D. C. L.; MUELLER, C. M. Iluminação e Sustentabilidade. **Lume Arquitetura**. São Paulo: Ed. de Maio, Ano V, n. 26, p. 28-35, jun./jul. 2007.

PEREIRA, E. B. et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**: INPE. São José dos Campos, 2006.

PEREIRA, F.; OLIVEIRA, M. **Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica**. Porto: Publindústria, 2011.

PETROBRÁS – **Outras Fontes de Energia 2011**. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/energia-e-tecnologia/fontes-de-energia/outras-fontesenergia/>>. Acesso em: 4 ago. 2018.

PHILIPPI JUNIOR, A.; PELICIONI, M.C.F. **Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade**. Coleção Ambiental. 2. ed. rev. e atual., Barueri-SP: Manole, v. 14, p. 3-11, 2014.

PINHO, J.; GALDINO, M. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cepel-Cresesb, 2014.

PINTO, C. et al.; **Energia solar**. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto - Projeto FEUP. Porto, Portugal, 2015.

PORTO, M. F. S. et al. Injustiças da sustentabilidade: Conflitos ambientais relacionados à produção de energia “limpa” no Brasil. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, p. 37-64, 2013. Disponível em: <<https://journals.openedition.org/rccs/5217>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

PRAÇA, F. S. G. Metodologia da pesquisa científica: organização estrutural os desafios para redigir o trabalho de conclusão. **Revista Eletrônica Diálogos Acadêmicos**, v. 8, n. 1, p. 72-87, jan./jul. 2015.

PRASAD, D.; SNOW, M. **Designing with solar power - A source book for building integration photovoltaics (BiPV): Images Publishing**. Austrália, 2002.

REBECHI, S. H. **O potencial da geração solar fotovoltaica conectada ao sistema de distribuição urbano: estudo de caso para um alimentador com pico de carga diurno**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC Núcleo de Pesquisa em Construção Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008. 100 p.

REBERT, L. M. et al. O processo de construção de material educativo para a promoção da saúde da gestante. **Revista Latino-Americana Enfermagem**, v. 20, n. 1, 2012.

RECH, M. M.; SHIMIN, E. S. Abordagem à energia limpa e como ensinar na escola acerca de fontes alternativas e renováveis de energia. **Cadernos PDE**. Versão online. v. 1, 2016.

RENEWABLE POWER NEWS, 2009. **DII GmbH, a radical emerge and initiative for Sustainable Solar Energy.** 2009. Disponível em: <<http://www.renewablepowernews.com/archives/422>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

RIBEIRO, L. C. S. et al. Aspectos econômicos e ambientais da reciclagem: um estudo exploratório nas cooperativas de catadores de material reciclável do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Nova Economia**, v. 24, n. 1, 24 p., 2014.

RIOS, A. W. S. Educação em energia: fator essencial de mudança comportamental para o uso racional de energia. **Revista Ciências Exatas**, v. 12, n. 2, 2006.

ROOS, A.; BECKER, E. L. S. Educação Ambiental e Sustentabilidade. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental REGET**. UFSM – Universidade Federal de Santa Maria, v. 5, n. 5, p. 857 - 866, 2012.

RUTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial de geração solar fotovoltaica integradas às edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública do Brasil.** Editora UFSC/LABSOLAR, Florianópolis, 2004. 114 p.

SANTOS, F. R.; SILVA, A. M. A importância da educação ambiental para graduandos da Universidade Estadual de Goiás: Campus Morrinhos. **Revista Interações**, Campo Grande, v. 18, n. 2, p. 71-85, 2017.

SCHERER, L. A. et al. Fonte alternativa de energia: energia solar. **XX Seminário Interinstitucional de ensino, pesquisa e extensão**. Universidade de Cruz Alta/RS, 2015.

SILVA, P. R. A.; SILVA, V. O. Energia Solar: abordagem de uma fonte renovável de energia. **Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação**. Palmas – Tocantins, 2012.

SOUSA, D. C. G. et al.; A importância da reciclagem do papel na melhoria da qualidade do meio ambiente. **XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. João Pessoa-PB, 2016. 16 p.

SOUSA, T. L.; ZAMPERIN, J. L. B. Análise e dimensionamento de um sistema fotovoltaico off-grid em um food truck. **Revista Engenharia em Ação**. UniToledo. Araçatuba, SP, v. 2, n. 1, p. 119-135, jan./ago. 2017.

TEIXEIRA, N. F. F. et al. Práticas de educação ambiental e sustentabilidade aplicadas a formação da cidadania. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 10, n. 2, p. 30-40, 2016.

TIAGO FILHO, G. L. **Energias Renováveis – série energias renováveis**. Itajubá. FAPEPE: CERPCH. 2007. 44 p.

TIBA, C. et al. **Atlas Solarimétrico do Brasil: banco de dados solarimétricos**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2000.

TORRES, R. C. **Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia de São Carlos EESC/USP. São Carlos, 2012. 164 p.

US. DEPARTMENT OF ENERGY. **Report on the Basic Energy Sciences Workshop on Solar Energy Utilization**. (S.1). Estados Unidos, 2005.

VILLALVA, M. G. **Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações - Sistemas isolados e conectados à rede**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2015. 224 p.

WILKINSON, A.S.; MILLER, Y.D. Improving health behaviors during pregnancy: A new direction for the pregnancy handheald record. **Aust N Z J Obstet Gynaecol**. v. 47, p. 464-7, 2007.

WROBEL, F. C. M. O papel da educação ambiental no estudo das fontes renováveis de energia nas escolas brasileiras. **Revista Interfaces Científicas**. v. 3, n. 2, p. 73-87, 2015.

ZOMER, C. D. **Megawatt solar: geração solar fotovoltaica integrada a uma edificação inserida em meio urbano e conectada à rede elétrica**. Estudo de caso: edifício sede da Eletrosul, Florianópolis - Santa Catarina. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil PPGEC, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. 177 p.

ZULAUF, W. E. O meio ambiente e o futuro. **Revista Estudos Avançados**, v. 14, n. 39, 16 p., 2000.

9. Na sua opinião, quais as vantagens do uso da energia solar fotovoltaica?

10. E as desvantagens?

11. Na sua cidade, existe algum sistema instalado de energia fotovoltaica?

- () Sim, apenas um. () Sim, mais de um.
() Não tem. () Não sei.

12. Instalaria em sua casa um sistema de energia fotovoltaica?

- () Sim. () Não.

13. Em caso afirmativo, por quais motivos instalaria?

14. Atualmente, quais os motivos dos poucos projetos instalados de energia solar fotovoltaica? Marque mais de um.

- () Falta de conhecimento.
() Custo muito alto.
() Falta de incentivo governamental.
() Falta de linha de crédito à juros mais baixos.
() Outros, especificar: _____

ANEXO 2 - TERMO DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



UNIVERSIDADE BRASIL



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Energia Fotovoltaica: a percepção de estudantes e a confecção de um sistema de iluminação sustentável como proposta de educação ambiental.

Pesquisador: ALEXSANDER SAVES DOS SANTOS

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 91363218.2.0000.5494

Instituição Proponente: INSTITUTO DE CIENCIA E EDUCACAO DE SAO PAULO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.744.042

Apresentação do Projeto:

Projeto adequadamente apresentado

Objetivo da Pesquisa:

Estudar detalhadamente a tecnologia da energia fotovoltaica.

Avaliar a percepção de estudantes de ensino fundamental, médio e superior quanto as questões do uso de energia fotovoltaica e suas vantagens e limitações. Conscientizar a comunidade sobre a importância dos recursos renováveis por meio de uma cartilha técnica de fácil leitura (educação ambiental).

Construir um sistema de iluminação sustentável (poste) com o reaproveitamento de materiais recicláveis e implantá-lo em ambientes rurais e urbanos.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Durante a realização da referida pesquisa, o participante poderá em algum momento, devido a não interpretação de alguma questão, se sentir constrangido, o tempo dispendido para responder a pesquisa e a posterior fadiga em resposta ao questionário.

Benefícios:

O estudante despertará um maior interesse no estudo sobre energias renováveis, especialmente a energia solar fotovoltaica e aprenderá sobre questões ambientais.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa factível e relevante.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Folha de Rosto - OK

TCLE - maiores - OK

TCLE - menores - substituir "está sendo convidado" -> "estou sendo convidado"

Termo de assentimento - OK

Questionário - Ok

Termo de anuência da universidade e da escola - OK

Orçamento - OK

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Considera-se aprovado pelo relator.

Considerações Finais a critério do CEP:

O colegiado aprovou o parecer do relator ficando o protocolo na condição de APROVADO.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

| Tipo Documento | Arquivo | Postagem | Autor | Situação |
|---|--|------------------------|-----------------------------|----------|
| Informações Básicas do Projeto | PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1148320.pdf | 11/06/2018 14:46:32 | | Aceito |
| Outros | CurriculoLattes_DraGisele_2.pdf | 11/06/2018 14:45:22 | ALEXSANDER SAVES DOS | Aceito |
| Outros | CurriculoLattes_DraGisele_1.pdf | 11/06/2018 14:40:25 | ALEXSANDER SAVES DOS | Aceito |
| Outros | CurriculoLattes_Alexsander.pdf | 11/06/2018 14:31:54 | ALEXSANDER SAVES DOS | Aceito |
| Outros | Questionario_EnergiaFotovoltaica.docx | 05/06/2018 22:40:47 | ALEXSANDER SAVES DOS | Aceito |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | TCLE_TermodeConsentimentoMenoresdeidadeouincapazeslegais_EscolaEstadual.docx | 05/06/2018 22:39:44 | ALEXSANDER SAVES DOS SANTOS | Aceito |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | TCLE_TermodeConsentimento_Maiores_UniversidadeBrasil.docx | 05/06/2018 22:38:58 | ALEXSANDER SAVES DOS SANTOS | Aceito |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | TALE_TermodeAssentimento_EscolaEstadual.docx | 05/06/2018 22:38:28 | ALEXSANDER SAVES DOS | Aceito |
| | TALE_TermodeAssentimento_EscolaEstadual.docx | 05/06/2018 22:38:28 | ALEXSANDER SAVES DOS | Aceito |
| Folha de Rosto | FolhaDeRosto.pdf | 05/06/2018 22:35:16 | ALEXSANDER SAVES DOS | Aceito |
| Declaração de Instituição e Infraestrutura | TermodeAnuenciaUniversidade.pdf | 05/06/2018 22:33:55 | ALEXSANDER SAVES DOS SANTOS | Aceito |
| Declaração de Instituição e Infraestrutura | TermodeAnuenciaEscolaEstadual.pdf | 05/06/2018 22:33:00 | ALEXSANDER SAVES DOS SANTOS | Aceito |
| Projeto Detalhado / Brochura Investigador | ProjetoProposto.docx | 05/06/2018 22:31:59 | ALEXSANDER SAVES DOS SANTOS | Aceito |

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 28 de Junho de 2018

Assinado por:
SILVIA CRISTINA NUNEZ
(Coordenador)

Endereço: RUA CAROLINA FONSECA, 584

| | | |
|-------------------------|-------------------|--|
| Bairro: ITAQUERA | | CEP: 08.230-030 |
| UF: SP | Município: | SAO PAULO |
| Telefone: | (11)2070-0167 | E-mail: comite.etica.sp@universidadebrasil.edu.br |

ANEXO 3 - TERMO DE ASSENTIMENTO INFORMADO LIVRE E ESCLARECIDO

(Adolescentes com 12 anos completos, maiores de 12 anos e menores de 18 anos)

Informação geral: O assentimento informado para a criança/adolescente não substitui a necessidade de consentimento informado dos pais ou responsáveis legais. O assentimento assinado pela criança demonstra sua cooperação na pesquisa.

O que significa assentimento?

O assentimento significa que você concorda em fazer parte de um grupo de adolescentes, da sua faixa de idade, para participar de uma pesquisa. Serão respeitados seus direitos e você receberá todas as informações que quiser. Pode ser que este documento denominado TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO contenha palavras que você não entenda. Por favor, peça ao responsável pela pesquisa ou à equipe do estudo ou a seu responsável para explicar qualquer palavra ou informação que você não entenda.

Eu _____estou sendo convidado (a) a participar de uma pesquisa intitulada “Energia Fotovoltaica: a percepção de estudantes e a confecção de um sistema de iluminação sustentável como proposta de educação ambiental”, com objetivo de avaliar a percepção de estudantes de ensino fundamental, médio e superior quanto as questões do uso da energia fotovoltaica” a ser realizada na Escola Estadual Engenheiro Haroldo Guimarães Bastos pelos pesquisadores Alexsander Saves dos Santos (Pesquisador responsável) e Dr^a Gisele Herbst Vazquez (Pesquisadora Assistente) ambos vinculados a Universidade Brasil, com o objetivo de avaliar a percepção de estudantes de ensino fundamental, médio e superior quanto as questões do uso da energia fotovoltaica, conscientizando-os sobre a importância das energias renováveis através de uma cartilha e da construção de um sistema de iluminação sustentável como proposta de educação ambiental.

Eu concordo voluntariamente em participar da pesquisa e sei que as minhas informações e imagens serão confidenciais e utilizadas apenas para a finalidade desta pesquisa.

Eu sei que a pesquisa envolverá a aplicação de um questionário impresso com duração de dez minutos. Com essa pesquisa, o estudante despertará um maior interesse sobre o assunto e aprenderá sobre questões ambientais.

Eu sei também que posso me retirar da pesquisa a qualquer momento e que posso não querer participar sem sofrer nenhum tipo de prejuízo.

Contato para dúvidas:

Se eu ou meus responsáveis legais, tivermos dúvidas com relação ao estudo, devemos contatar pesquisador responsável Alexander Saves dos Santos pelo telefone (17) 99711 9339 e a pesquisadora assistente professora Dr^a Gisele Herbst Vazquez pelo telefone (17) 99706 2977. Podemos ainda falar com alguém do Comitê de ética em pesquisa que é formado por um grupo de profissionais de diversas áreas que realizam a revisão ética inicial e acompanham a pesquisa para me manter seguro e proteger meus direitos.

O Comitê de ética fica na Rua Carolina Fonseca, 235 Jd Santana, SP, o telefone é (11) 2070 0025 e o e-mail comite.etica.sp@universidadebrasil.edu.br.

Eu li e discuti com o investigador responsável pelo estudo os detalhes descritos neste documento. Entendo que eu sou livre para aceitar ou recusar, e que posso interromper a minha participação a qualquer momento sem dar uma razão. Eu concordo que os dados coletados para o estudo sejam usados para o propósito acima descrito.

Eu entendi a informação apresentada neste TERMO DE ASSENTIMENTO. Eu tive a oportunidade para fazer perguntas e todas as minhas perguntas foram respondidas.

Eu receberei uma cópia assinada e datada deste Documento DE ASSENTIMENTO INFORMADO.

| NOME DO ADOLESCENTE | ASSINATURA | DATA |
|-----------------------------|------------|------|
| ALEXSANDER SAVES DOS SANTOS | ASSINATURA | DATA |

ANEXO 4 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO MENORES DE 16 ANOS ou MAIORES DE 18 ANOS, PORÉM, SEM CONDIÇÕES DE MANIFESTAR O SEU CONSENTIMENTO

Eu _____, neste ato representado pelo representante legal _____, estou sendo convidado a participar de um estudo denominado “Energia Fotovoltaica: a percepção de estudantes e a confecção de um sistema de iluminação sustentável como proposta de educação ambiental”, cujo objetivo é avaliar a percepção de estudantes de ensino fundamental, médio e superior quanto as questões do uso da energia fotovoltaica, conscientizando-os sobre a importância das energias renováveis através de uma cartilha e da construção de um sistema de iluminação sustentável como proposta de educação ambiental.

A participação do meu representado no referido estudo será no sentido de contribuir respondendo a um questionário sobre o tema acima citado. Fui alertado de que é possível esperar alguns benefícios para o meu representado, tais como: conhecimento sobre o assunto e conscientização da importância da energia solar, recebi, por outro lado, os esclarecimentos sobre os possíveis desconfortos e os riscos decorrentes como o dispêndio do tempo para responder ao questionário.

Estou ciente de que a privacidade de meu representado será respeitada, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, identificá-lo, será mantido em sigilo. Além disso, sei que a qualquer momento o meu representado poderá se recusar a participar do estudo, retirando o consentimento, sem precisar haver justificativa, e de que, ao sair da pesquisa, não haverá qualquer prejuízo à assistência que este vem recebendo.

Os pesquisadores envolvidos com o referido projeto são Alexander Saves dos Santos (Pesquisador responsável) e Dr^a Gisele Herbst Vazquez (Pesquisadora assistente) ambos vinculados a Universidade Brasil e com eles poderei manter contato pelos telefones (17) 99711 9339 (Pesquisador responsável) e (17) 99706 2977 (Pesquisadora Assistente). É assegurada a assistência do meu representado durante toda a pesquisa, bem como me é garantido o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências.

Enfim, tendo sido orientado quanto ao teor do estudo e compreendido a natureza e o seu objetivo, autorizo a participação de meu orientado

_____na referida pesquisa, estando totalmente
ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, pela sua
participação.

Em caso de reclamação ou qualquer tipo de denúncia sobre este estudo devo
ligar para o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Brasil (11) 20700025
sediado a Rua Carolina Fonseca, 235, Jd Santana, SP - Capital ou mandar um e-mail
para comite.etica.sp@universidadebrasil.edu.br

MACEDÔNIA, dede 2018.

(Assinatura e RG do representante legal do sujeito da pesquisa - juntar documento
que comprove parentesco/tutela/curatela)

Alexsander Saves dos Santos

Dr^a Gisele Herbst Vazquez

ANEXO 5 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____estou sendo convidado (a) a participar do estudo “Energia Fotovoltaica: a percepção de estudantes e a confecção de um sistema de iluminação sustentável como proposta de educação ambiental”, com objetivo de avaliar a percepção de estudantes de ensino fundamental, médio e superior quanto as questões do uso da energia fotovoltaica, conscientizando-os sobre a importância das energias renováveis através de uma cartilha e da construção de um sistema de iluminação sustentável como proposta de educação ambiental. A minha participação no referido estudo será no sentido de contribuir respondendo a um questionário.

Fui alertado de que posso esperar alguns benefícios, tais como: conhecimento sobre o assunto e a conscientização da importância da energia solar. Recebi, por outro lado, os esclarecimentos sobre os possíveis desconfortos e riscos decorrentes do estudo como: o tempo dispendido para responder ao questionário, constrangimento da não interpretação de alguma questão e sentir fadiga durante o questionário.

Estou ciente de que minha privacidade será respeitada, ou seja, meu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, me identificar, será mantido em sigilo. Também fui informado de que posso me recusar a participar do estudo, ou retirar meu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar e por desejar sair da pesquisa, não sofrerei qualquer prejuízo.

Os pesquisadores envolvidos com o referido projeto são Alexander Saves dos Santos (Pesquisador responsável) e Dr^a Gisele Herbst Vazquez (Pesquisadora Assistente) ambos vinculados a Universidade Brasil e com eles poderei manter contato pelos telefones (17) 99711 9339 (Pesquisador responsável) e (17) 99706 2977 (Pesquisadora Assistente). É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como me é garantido o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo.

Tendo sido orientado quanto ao teor de todo o aqui mencionado e compreendido a natureza e o objetivo do estudo, manifesto meu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por minha participação.

Em caso de reclamação ou qualquer tipo de denúncia sobre este estudo devo ligar para o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Brasil (11) 2070 0025 sediado a Rua Carolina Fonseca, 235, Jd Santana, SP - Capital ou mandar um e-mail para comite.etica.sp@universidadebrasil.edu.br.

Fernandópolis, de de 2018.

Nome do sujeito envolvido/Assinatura

Alexsander Saves dos Santos

Drª Gisele Herbst Vazquez

ANEXO 6 - TERMOS DE ANUÊNCIA



SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO
DIRETORIA DE ENSINO - REGIÃO DE FERNANDÓPOLIS
E.E. "ENGº HAROLDO GUIMARÃES BASTOS"
Rua Lucí Ercília, Nº 335 – MACEDÔNIA – SP – CEP. 15.620-000 – TELEFONE/FAX (0XX17) 3849 - 1207
EMAIL: e026906a@educacao.sp.gov.br



CARTA DE ANUÊNCIA

Eu, Adriana Cristina da Silva Albregard, Diretora Substituta na Escola Estadual Engenheiro Haroldo Guimarães Bastos da cidade de Macedônia/SP, pertencente a Diretoria de Ensino da Região de Fernandópolis/SP, declaro estar ciente e de acordo com a realização da pesquisa intitulada "Energia Fotovoltaica: a percepção de estudantes e a confecção de um sistema de iluminação sustentável como proposta de educação ambiental", sob responsabilidade do(a) pesquisador(a) Alexander Saves dos Santos, nas dependências desta instituição, o qual possui as condições necessárias para a sua realização.

A aceitação está condicionada a autorização de um Comitê de Ética em Pesquisa credenciado pelo CONEP, pelo período de execução previsto no referido projeto e ao cumprimento pelo(a)s pesquisador(a)s dos requisitos da Resolução 466/12 e suas complementares, comprometendo-se com a confidencialidade dos dados e materiais coletados, utilizando-os exclusivamente para os fins da pesquisa.

Após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa, os prontuários serão disponibilizados mediante agendamento prévio.

Macedônia, 01 de Junho de 2018.


Adriana Cristina Albregard

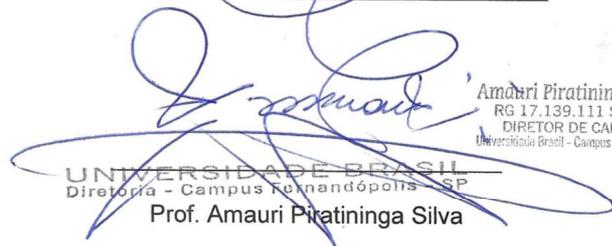
CARTA DE ANUÊNCIA

Eu, Prof. Amauri Piratininga Silva, Diretor do Campus Universitário da Universidade Brasil na cidade de Fernandópolis/SP, declaro estar ciente e de acordo com a realização da pesquisa intitulada "Energia Fotovoltaica: a percepção de estudantes e a confecção de um sistema de iluminação sustentável como proposta de educação ambiental", sob responsabilidade do(a) pesquisador(a) Alexsander Saves dos Santos, nas dependências desta instituição, o qual possui as condições necessárias para a sua realização.

A aceitação está condicionada a autorização de um Comitê de Ética em Pesquisa credenciado pelo CONEP, pelo período de execução previsto no referido projeto e ao cumprimento pelo(a)s pesquisador(a)s dos requisitos da Resolução 466/12 e suas complementares, comprometendo-se com a confidencialidade dos dados e materiais coletados, utilizando-os exclusivamente para os fins da pesquisa.

Após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa, os prontuários serão disponibilizados mediante agendamento prévio.

Fernandópolis, 5 de Junho de 2018.


Amauri Piratininga Silva
RG 17.139.111 SSP/SP
DIRETOR DE CAMPUS
Universidade Brasil - Campus Fernandópolis

UNIVERSIDADE BRASIL
Diretoria - Campus Fernandópolis - SP
Prof. Amauri Piratininga Silva

ANEXO 7 - CARTILHA EDUCATIVA

Energia fotovoltaica: uma proposta de educação ambiental



CARTILHA EDUCATIVA

Alexsander Saves dos Santos

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| O que são energias renováveis? | 05 |
| Energia eólica | 06 |
| Energia hidroelétrica | 07 |
| Energia geotérmica | 08 |
| Biomassa | 09 |
| Energia das marés | 10 |
| Energia solar | 11 |
| Materiais e montagem do sistema de iluminação | 13 |
| Sistema de iluminação | 15 |
| Palavras-cruzadas | 16 |
| Caça-palavras | 17 |



1. O QUE SÃO ENERGIAS RENOVÁVEIS?

AS **ENERGIAS RENOVÁVEIS**, são aquelas que utilizam fontes não esgotáveis, vindas de recursos que se regeneram ou que se mantêm ativas permanentemente.

Há vários tipos de fontes renováveis de energia, como: a eólica, a hídrica, a geotérmica, a das ondas e a das marés, a biomassa e a solar. A Figura 1 mostra esses tipos.

Figura 1: Tipos de fontes renováveis.



2. ENERGIA EÓLICA

A **ENERGIA EÓLICA** transforma a força promovida pelos ventos através de turbinas eólicas ou aerogeradores, para a produção de energia. Os ventos giram as hélices de grandes cata-ventos, que movem as turbinas, acionando os geradores.

Não há emissão de poluentes na atmosfera, mas apesar de bastante eficiente, apresenta limitações como a interrupção na produção, devido à atividade inconstante dos ventos durante o ano, bem como a dificuldade de armazenamento da energia produzida. Esse tipo de energia está representado na Figura 2.

Figura 2: Energia eólica.

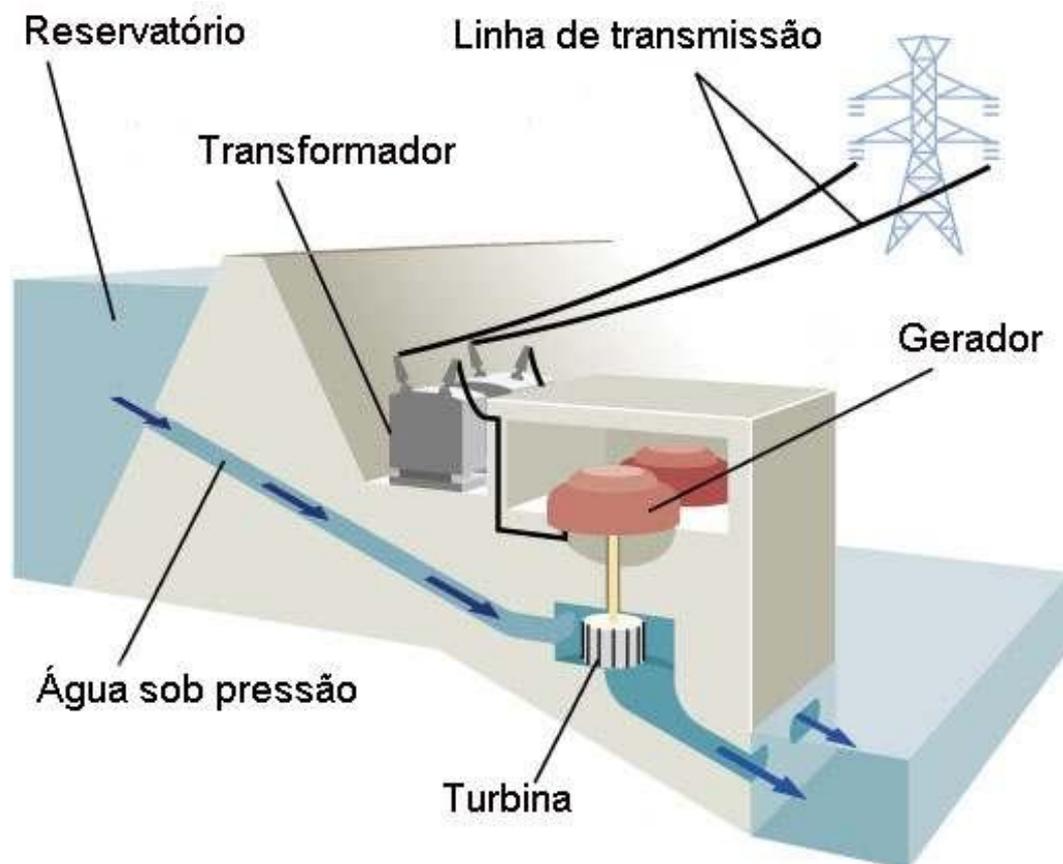


3. ENERGIA HIDROELÉTRICA

A **ENERGIA HIDROELÉTRICA** utiliza o movimento das águas dos rios para a produção de eletricidade (Figura 3).

Essa é uma eficiente forma de geração de eletricidade, pouco poluente, porém causa sérios prejuízos ambientais por causa da inundação de áreas, desvio de leitos de rios e emissão de dióxido de carbono emitido pela decomposição da matéria orgânica presente nas áreas alagadas.

Figura 3: Energia hidroelétrica.

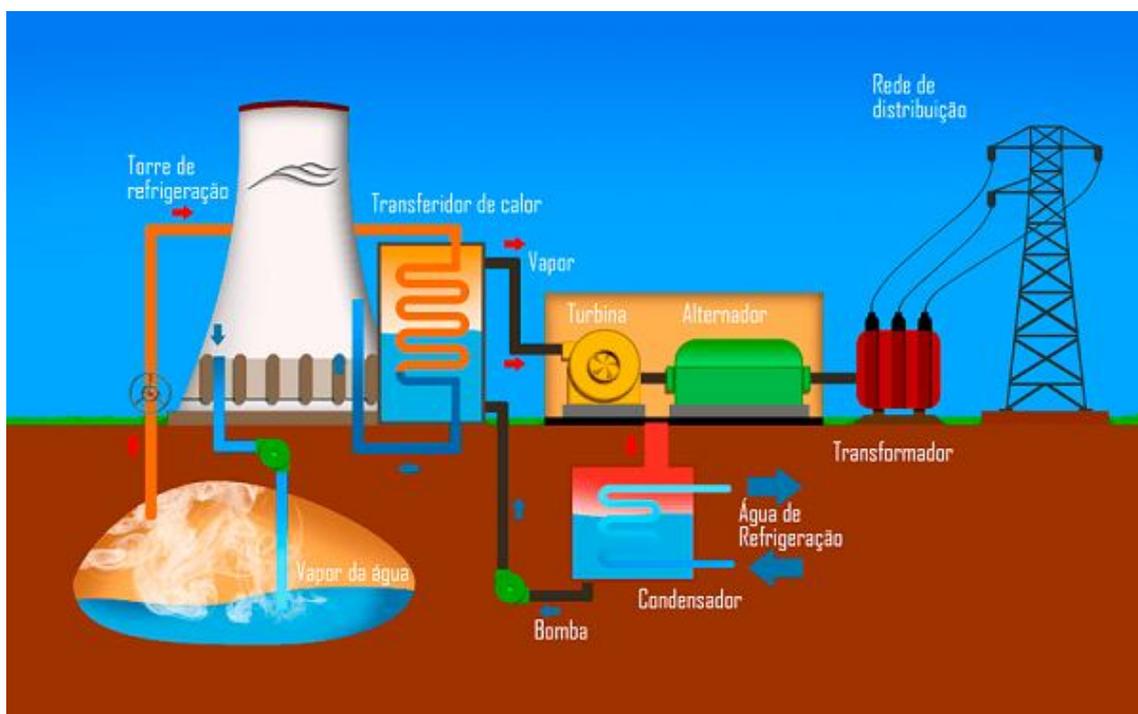


4. ENERGIA GEOTÉRMICA

A **ENERGIA GEOTÉRMICA** corresponde ao calor interno da Terra, em que as elevadas temperaturas do subsolo são utilizadas para a produção de eletricidade.

As usinas geotérmicas, conforme mostra a Figura 4, injetam água no subsolo por meio de dutos, essa água evapora e é conduzida pelos mesmos tubos até as turbinas, que geram a eletricidade através de seu movimento.

Figura 4: Energia geotérmica.



5. BIOMASSA

A **BIOMASSA** é a quantidade total da matéria viva existente em um ecossistema ou numa população quer animal quer vegetal (Figura 5).

É utilizada diretamente como combustível ou através da produção de energia a partir de processos de combustão de material orgânico que se encontra presente num ecossistema, como por exemplo a queima do bagaço da cana-de-açúcar, o eucalipto, a beterraba, o biogás (produzido pela biodegradação anaeróbica existente no lixo e dejetos orgânicos), lenha e carvão vegetal, óleos vegetais (amendoim, soja, dendê) e outros.

Figura 5: Tipos de biomassa.



6. MOVIMENTO DAS ONDAS E A ENERGIA DAS MARÉS

O MOVIMENTO DAS ONDAS E A ENERGIA DAS MARÉS também são utilizados para a produção de energia, aproveitando-se o próprio movimento ou criando-se barragens que captam a água das marés altas e a liberam quando diminuem, ativando geradores (Figura 6).

Figura 6: Energia das marés e movimento de ondas.

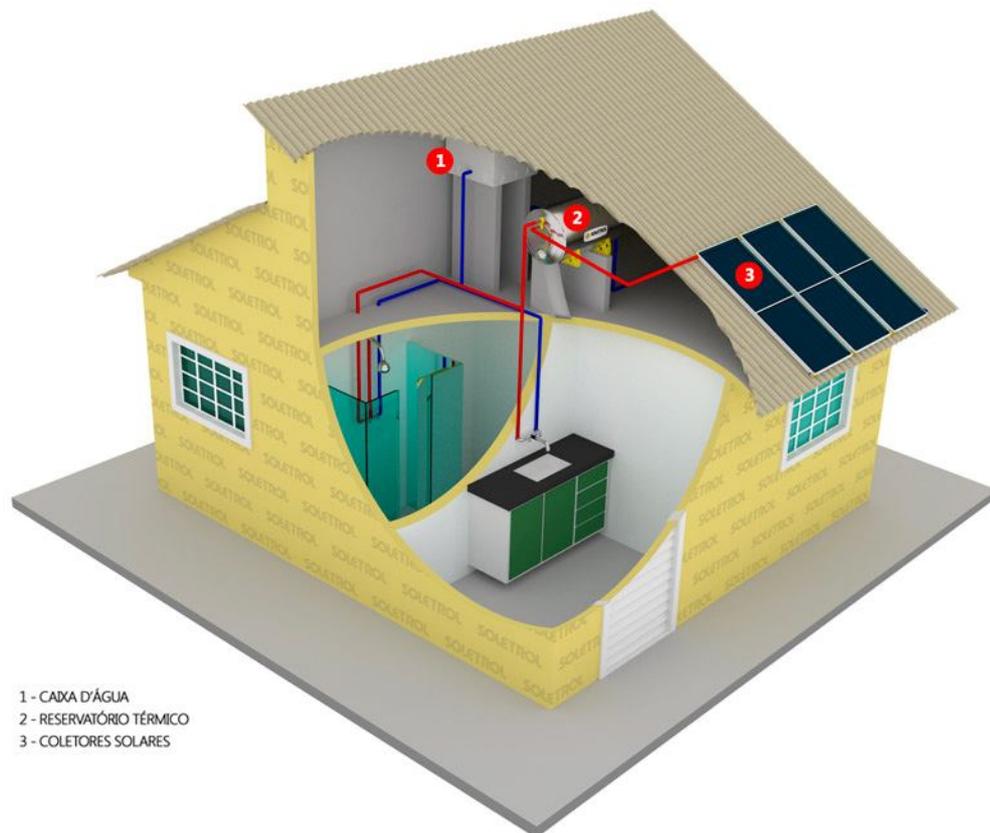


7. ENERGIA SOLAR

A **ENERGIA SOLAR** é a energia proveniente dos raios solares. Existem duas formas de utilização da energia solar, a fotovoltaica, em que placas fotovoltaicas convertem a radiação solar em energia elétrica e a térmica, que aquece a água e o ambiente.

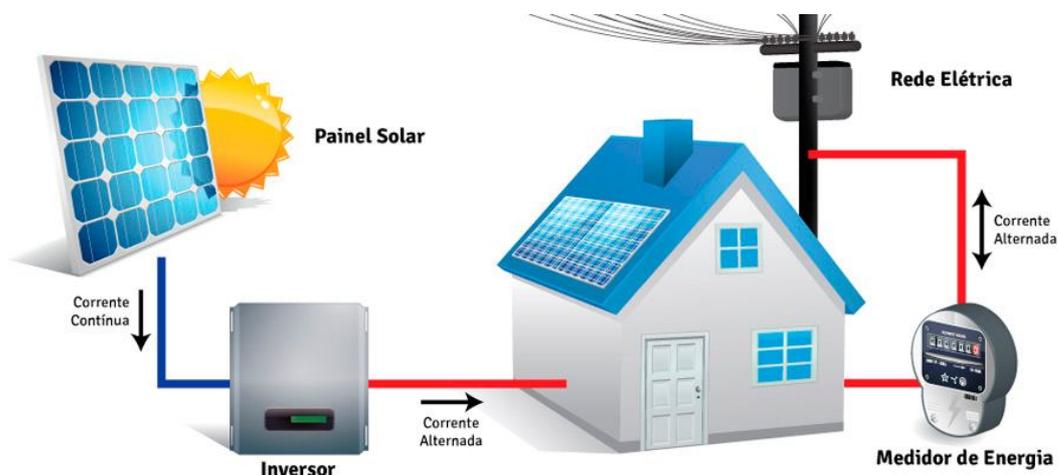
No sistema de aquecimento de água mostrado na Figura 7, os raios solares aquecem as placas instaladas no telhado, que por sua vez aquecem a água que flui através de tubulações, aquecendo por exemplo a água do chuveiro ou da piscina.

Figura 7: Sistema de aquecimento de água.



No sistema de geração de energia elétrica mostrado na Figura 8, os raios solares são convertidos através da placa fotovoltaica em eletricidade, sendo direcionada para as residências em forma de energia elétrica.

Figura 8: Sistema de energia solar fotovoltaica.



8. MATERIAIS E MONTAGEM DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

| MATERIAIS | |
|--|------------|
| Item | Quantidade |
| Garrafa pet (2L) | 10 un. |
| Pneu motocicleta (usado) | 1 un. |
| Disco de grade | 1 un. |
| Fio flexível | 10 m |
| Fita isolante | 1 un. |
| Cano de metal 1" (1,80m) | 1 un. |
| Lâmpada de Led de 12V (máximo de 20 W) | 1 un. |
| Interruptor pequeno | 1 un. |
| Placa solar (50 cm x 32 cm) | 1 un. |
| Bateria estacionária de 40 ampères | 1 un. |
| Controlador de carga | 1 un. |
| Sensor de luz | 1 un. |
| Spray de tinta preta automotiva | 1 un. |

MONTAGEM

| Etapa | Procedimentos |
|--------------|---|
| 1 | Vestir a base de apoio com o pneu de motocicleta e as garrafas no cano de metal |
| 2 | Pintar toda a estrutura do poste |
| 3 | Fixar a placa solar no suporte localizado na parte superior do cano de metal |
| 4 | Colocar a bateria no suporte da base da estrutura |
| 5 | Fixar o controlador de carga junto com a bateria |
| 6 | Conectar os fios da placa no controlador e na bateria |
| 7 | Fixar a lâmpada na parte superior do cano de metal |
| 8 | Colocar o poste exposto a luz solar |
| 9 | Ligar o interruptor |

9. SISTEMA DE ILUMINAÇÃO SUSTENTÁVEL

Figura 9: Sistema de iluminação sustentável.



10. PALAVRAS-CRUZADAS

FOTVOLTAICA
BIOMASSA
HIDRELÉTRICA
MATÉRIA ORGÂNICA
MOVIMENTO
OCEANOS

EÓLICA
MARÉS
ÁGUA
SOLAR
GEOTÉRMICA
TÉRMICA
CALOR DA TERRA
VENTO

11. CAÇA-PALAVRAS

| | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------|
| EDUCAÇÃO AMBIENTAL | ENERGIA FOTOVOLTAICA | CORRENTE ELÉTRICA | LÂMPADA |
| ELETRICIDADE | LUZ | INVERSOR | BATERIA |
| CONTROLADOR DE CARGA | PLACA SOLAR | FONTE RENOVÁVEL | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L | T | E | S | U | S | T | E | N | T | A | B | I | L | I | D | A | D | E | E | F | E |
| B | F | P | J | K | L | A | I | R | E | T | A | B | T | U | V | X | Y | W | Z | A | D |
| K | E | L | E | U | A | B | C | D | E | T | F | G | H | I | J | I | L | Z | M | N | A |
| L | W | A | W | A | B | C | D | E | C | G | A | A | A | W | X | N | C | X | A | W | D |
| A | X | C | X | V | K | L | W | X | O | H | C | Z | B | X | V | V | D | V | B | X | I |
| T | V | A | V | X | J | L | Z | V | R | I | I | X | C | V | U | E | E | U | C | V | C |
| N | U | F | U | W | I | A | X | U | R | J | R | V | D | U | T | R | F | T | D | U | I |
| E | T | S | T | Y | H | M | V | T | E | K | T | U | E | T | S | S | G | S | E | T | R |
| I | S | O | S | Z | G | P | U | S | N | L | E | T | F | S | R | O | H | R | F | S | T |
| B | R | L | R | A | F | A | T | R | T | M | L | S | G | R | Q | R | O | O | G | R | E |
| M | Q | A | Q | B | E | D | S | Q | E | N | E | S | H | Q | N | M | L | K | H | Q | L |
| A | P | R | P | C | D | A | R | Q | P | O | A | B | I | P | C | D | E | F | I | P | E |
| C | O | U | O | A | K | S | O | W | T | G | C | T | J | O | A | K | S | O | J | T | G |
| O | A | C | O | N | T | R | O | L | A | D | O | R | K | D | E | A | C | A | R | G | A |
| A | B | X | I | U | A | B | C | D | E | F | T | A | L | S | T | U | V | X | Y | W | Z |
| Ç | K | S | O | W | T | G | I | H | G | D | A | B | M | A | Z | X | T | D | J | H | P |
| A | B | E | F | G | H | I | Q | J | F | E | I | C | N | B | C | V | U | F | L | Y | Q |
| C | C | D | F | O | N | T | E | K | R | E | N | O | V | A | V | E | L | G | U | I | R |
| U | U | T | S | R | Q | P | O | L | M | N | S | A | K | S | O | W | T | G | Z | T | S |
| D | O | P | Q | R | S | T | U | V | X | Y | A | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N |
| E | G | A | C | I | A | T | L | O | V | O | T | O | F | S | A | I | G | R | E | N | E |

Energia Fotovoltaica: uma Proposta de Educação Ambiental

Objetivo

Conscientizar a comunidade sobre a importância dos recursos renováveis por meio da construção de um sistema de iluminação sustentável (poste) com o reaproveitamento de materiais recicláveis.

Elaborado por Alexander Saves dos Santos

Formado em Física pelo Centro Universitário de Votuporanga, Pedagogia pela Faculdade da Aldeia de Carapicuíba, Especialização em Educação Matemática pela UNESP Universidade Estadual Paulista e mestrando em Ciências Ambientais pela Universidade Brasil. É professor na Universidade Brasil e professor na Rede Municipal de Ensino. Tem experiência em docência, educação e energia renováveis.

saves.santos@gmail.com

alexander.santos@universidadebrasil.edu.br

Orientadora Prof. Dra. Gisele Herbst Vazquez

Apoio:

Universidade Brasil

