

Energias Alternativas e Sistemas de Iluminação de Alto Rendimento

Edwilson da Silva Souza
Engenheiro Eletricista pelo Centro Universitário CESMAC.

Marcos André dos Santos Ferreira
Graduando em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário CESMAC.

Sérgio Silva de Carvalho
Mestre em Ciência da Computação pela UFPE.

RESUMO

Este artigo realiza uma revisão sobre as principais fontes de energia alternativa com ênfase na energia fotovoltaica. Uma parte considerável da energia consumida é para fins de iluminação. Aqui surge um problema: muitos dos atuais sistemas de iluminação são de baixa eficiência energética. Assim o trabalho também revisa os conceitos de iluminação e de seus sistemas, com ênfase no uso dos Diodos Emissores de Luz (LED). Estes dispositivos possuem baixo consumo energético, baixa manutenção e alta durabilidade, não emitem raios ultravioleta, nem gases poluentes.

PALAVRAS-CHAVE: Energia alternativa. Energia Fotovoltaica. Iluminação. Diodos Emissores de Luz. Lumens.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho revisa alguns tipos de energia renovável, assim como as tecnologias mais avançadas atualmente conhecidas e os diversos tipos naturais de geração de energia elétrica. A energia solar fotovoltaica tem tido seu uso intensificado. A revisão mostrará os tipos de materiais utilizados na construção de placas solares, onde elas podem ser utilizadas e comparações com outros tipos de energia alternativa.

As fontes alternativas, quase sempre de baixo rendimento, quando usadas em sistemas de iluminação, demandam que estes sistemas sejam eficientes. Para tanto serão revisados os conceitos de iluminação, os seus diversos tipos e construções, os melhores locais para sua utilização e as potências exigidas pelos diversos tipos de lâmpadas. As lâmpadas a LED surgem como uma alternativa, e será revisada a sua construção e o seu funcionamento.

2. ENERGIAS ALTERNATIVAS

Segundo Mussa (2003) o aumento da demanda de energia no mundo será de aproximadamente 1,7% ao ano, de 2000 a 2030, alcançando 15,3 bilhões de toneladas equivalentes de petróleo por ano, de acordo com o cenário base traçado pelo Instituto

Internacional de Economia. Sem alteração da matriz energética mundial, os combustíveis fósseis responderiam por 90% do aumento projetado na demanda mundial, até 2030.

Entretanto, o esgotamento progressivo das reservas mundiais de petróleo é uma realidade cada vez menos contestada. A *British Petroleum*¹, em seu estudo “Revisão Estatística de Energia Mundial de 2004”, diz que atualmente as reservas mundiais de petróleo e gás natural durariam em torno de 41 e 67 anos, respectivamente, e as reservas brasileiras de petróleo, 18 anos. A matriz energética mundial tem participação total de 80% de fontes de carbono fóssil, sendo 36% de petróleo, 23% de carvão e 21% de gás natural.

O Brasil tem destaque entre as economias industrializadas pela elevada participação das fontes renováveis em sua matriz energética. Isso tem explicação por alguns privilégios da natureza, como uma bacia hidrográfica, com vários rios de planalto, essencial a produção de eletricidade, e o fato de ser o maior país tropical do mundo.

As energias alternativas têm o potencial técnico de atender grande parte da demanda incremental de energia do mundo, independente da origem da demanda eletricidade, aquecimento ou transporte. Há três aspectos importantes a salientar: a viabilidade econômica, a sustentabilidade de cada fonte e a disponibilidade de recursos renováveis para geração de energia, que variam entre as diferentes regiões do globo.

2.1 ENERGIA EÓLICA

Energia eólica é a transformação de energia cinética das massas de ar em energia elétrica através do emprego de turbinas eólicas também denominadas aerogeradores. Segundo Martins *et AL* (2008 *apud*, GASCH E J. TWELE, 2002), a evolução da tecnologia da energia eólica é analisada em detalhes a partir de 1700 a.C. até os atuais mega aerogeradores que geram energia elétrica.

Há cerca de 150 anos estudos científicos vêm sendo desenvolvidos para a conversão da energia cinética dos ventos em energia elétrica, sendo que atualmente a energia eólica afirma-se cada vez mais como a fonte de energia renovável ascendente em termos de produção de energia elétrica no curto prazo, ao considerarem-se os fatores de segurança energética, as questões de custo sócio-ambiental e as problemáticas da viabilidade econômica.

¹ É uma empresa multinacional sediada no Reino Unido que opera no setor de energia, sobretudo de petróleo e gás. Fez parte do cartel conhecido como Sete Irmãos, formado pelas maiores empresas exploradoras, refinadoras e distribuidoras de petróleo e gás do planeta.

Dutra (2008) descreve que já em 1888 Charles F. Brush², industrial pioneiro do segmento de eletrificação, foi quem deu início à adaptação dos cataventos existentes para a geração de energia elétrica na cidade americana de Cleveland, Ohio. No decorrer dos últimos 15 anos, comercialmente, os aerogeradores eólicos no mundo se desenvolveram rapidamente tanto na tecnologia como nos tamanhos. O mercado hoje oferece diversos tipos e modelo, frente à demanda de novos projetos de parques eólicos.

De acordo com Marcondes (2006), a energia eólica vem aumentando significativamente sua participação nos países da Europa e EUA, em virtude das grandes vantagens, como fonte renovável de energia e impacto ambiental mínimo que leva também à notável redução do uso de combustíveis fósseis com fonte de geração de energia elétrica.

Dados do *World Wind Energy*³ (2006) sinalizam para um aumento da capacidade instalada em energia eólica dando enfoque a cinco países que tiveram suas capacidades instaladas aumentadas em mais de 1.000 MW: EUA (2.454MW), Alemanha (2.194 MW), Índia (1.840 MW) e Espanha (1.587 MW) (DUTRA, 2008).

A Dinamarca lidera as instalações de aerogeradores:

a) Em 1991 foi instalado o primeiro parque eólico de Vinderby tendo locação no mar Báltico distante 2 Km da costa montado com 11 turbinas de 450KW;

b) Em 2002, entra em operação com 160 MW de potência dotado de 80 turbinas de 2 MW. No fim de 2006, a Dinamarca já possuía 400 MW de capacidade instalada eólica.

A Tabela 1 mostra as diversas capacidades instaladas eólicas em vários países a partir de 2000.

² Pioneiro da indústria elétrica e inventor norte-americano responsável pela criação do primeiro sistema eficaz de iluminação pública de lâmpadas de arco voltaico, e pela construção da primeira turbina eólica automática usada na produção de eletricidade.

³ Associação mundial de energia eólica

Tabela 1: Potência acumulada

PAIS	Potência acumulada ao final de cada ano (MW)							
	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000
Alemanha	22.247	20.622	18.428	16.628	14.609	12.400	8.754	6.095
EUA	16.819	11.603	9.149	6.752	6.352	4.685	4.258	2.564
Espanha	15.145	11.615	10.027	8.263	6.202	4.830	3.337	2.535
Índia	7.850	6.270	4.430	2.983	2.120	1.702	1.500	1.260
China	5.912	2.604	1.260	764	566	468	404	352
Dinamarca	3.125	3.136	3.128	3.118	3.115	2.880	2.534	2.415
Itália	2.726	2.123	1.717	1.265	891	785	697	427
França	2.455	1.567	757	390	240	131	116	63
Reino Unido	2.389	1.963	1.353	897	704	552	483	409
Portugal	2.130	1.716	1.022	523	299	194	153	111
Canadá	1.846	1.459	683	444	326	221	198	137
Holanda	1.747	1.219	1.219	1.078	912	686	497	442
Japão	1.538	1.394	1.040	940	644	415	316	142
Áustria	982	965	819	607	415	139	95	77
Grécia	873	746	573	466	398	276	299	274
Austrália	817	817	572	380	198	104	71	30
Irlanda	805	745	496	353	225	137	125	119
Suécia	789	572	510	442	399	328	290	241
Noruega	333	314	270	160	112	97	17	13
Nova Zelandia	322	171	170	170	38	35	35	35
Egito	310	230	145	145	69	69	69	69
Bélgica	287	193	167	97	68	44	31	13
Taiwan	280	188	104	nd	nd	Nd	nd	nd
Polônia	276	83	73	58	58	27	51	5
Brasil	247	237	29	29	29	24	24	22

Fonte: ANEEL, 2005, LOPES, 2005

2.1.1 Energia eólica no Brasil

Conforme Dutra (2008) demonstra cientificamente, no início da década de 1980, a Eletrobrás empreendeu um esforço diante do interesse maior na medição do potencial eólico brasileiro com fins específicos para estudos de viabilidade técnica em geração de energia elétrica, o que resultou na primeira versão do Atlas do Potencial Eólico Nacional.

Outros Atlas foram surgindo desde então. Várias instituições no Brasil, que tinham interesse no potencial eólico brasileiro lançaram-se no levantamento deste potencial de regiões bem específicas.

Em razão da enorme extensão territorial brasileira, havia diversos problemas para a monitoração de toda a extensão geográfica nacional do potencial eólico brasileiro, pois o número de estações anemométricas que estavam à disposição era insuficiente na cobertura do território nacional em sua totalidade. Ao longo do tempo os dados ficavam obsoletos devido à demora na coleta, porque com a densidade demográfica e com o surgimento de cidades e edificações com alterações no solo e próximo das estações anemométricas isto alterava em muito os dados antes coletados.

A Tabela 2 lista as usinas em operação.

Tabela 2 Usinas Eólicas em operação no Brasil

Usina Eólica	Início de Operação	Potência (Kw)	Proprietário	Município
Fernando de Noronha	1992	225	Centro Brasileiro de Energia Eólica - FADE / UFPE	Fernando de Noronha – PE
Olinda		225	Centro Brasileiro de Energia Eólica - FADE / UFPE	Olinda – PE
Prainha	1999	10.000	Wobben Wind Power Industria e Comércio Ltda	Aquiraz – CE
Taíba	1998	5.000	Wobben Wind Power Industria e Comércio Ltda	São Gonçalo do Amarante – CE
Morro de Camelinho	1994	1.000	Companhia Energética de Minas Gerais	Gouveia – MG
Palmas	1999	2.500	Centrais Eólicas do Paraná Ltda	Palmas – PR
Mucuripe	2002	2.400	Wobben Wind Power Industria e Comércio Ltda	Fortaleza – CE
Bom Jardim	2002	600	Parque Eólico de Santa Catarina	Bom Jardim da Serra – SC
Parque do Horizonte	2003	4.800	Central Nacional de Energia Eólica Ltda	Água Doce – SC
Macau	2003	1.800	PETROBRAS S/A	Macau – RN
RN 15 - Rio do Fogo	2006	49.300	Energias Renováveis do Brasil Ltda	Rio do Fogo – RN
Água Doce	2006	9.000	Central Nacional de Energia Eólica Ltda	Água Doce – SC
Osório	2006	50.000	Ventos do Sul Energia S/A	Osório – RS
Sangradouro	2006	50.000	Ventos do Sul Energia S/A	Osório – RS
Total: 14 Usinas	Potência Total: 18.6850 KW			

Fonte: ANEEL, 2005, LOPES, 2005

Por fim, a expansão da energia eólica requer incentivos e medidas que atraiam investimentos não só na geração de energia, mas na fabricação de equipamentos.

É preciso desenvolver pesquisas para criação de tecnologia competitiva que gere redução de custos de implantação da fabricação no Brasil, além de estudos institucionais, analisando as modalidades de contrato e condições de financiamento.

2.2 ENERGIA DE BIOMASSA

Os derivados recentes de organismos vivos utilizados como ou para a geração de energia elétrica. Devido ao aumento da necessidade por energia elétrica, surge a possibilidade por busca de alternativas para geração elétrica através de outras fontes de energia primária dentre elas o uso de biomassa para queima em pequenas centrais termelétricas.

A quantidade de biomassa existente na terra é de aproximadamente dois trilhões de toneladas o quer dizer, em termos energéticos, mais ou menos 3000 GJ (Giga Joule) por ano (MARCONDES, 2006).

Os problemas caracterizados pela escassez de áreas de depósitos de resíduos, causadas pela constante urbanização e alto custo no gerenciamento de resíduos, são favoráveis ao aumento da participação da biomassa na geração de energia elétrica. A consciência ecológica, não mais permite que resíduos urbanos, sólidos ou líquidos, sejam lançados diretamente no ambiente, sem os devidos tratamentos para serem devolvidos aos mananciais de água.

Tem sido defendida também a produção de energia elétrica a partir da biomassa como uma importante opção para os países em desenvolvimento. A necessidade de minimização das emissões globais de dióxido de carbono (CO₂), é o ponto comum nos setor elétrico de países em desenvolvimento e a necessidade de empréstimos internacionais para viabilizar a construção de novas obras, são colocadas como razões particulares.

DUTRA (2008) estima que com o aproveitamento de um terço de resíduos disponíveis seria possível gerar 10% do consumo elétrico mundial e que com o plantio de 100 milhões de hectares de culturas especialmente para esta atividade, seria possível atender 30% do consumo.

Entre os anos 70 e 80 a geração elétrica por pequenas centrais termoelétricas (PCTs) através da biomassa foi tema de discussão no Brasil, considerando tecnologias como gaseificação de carvão vegetal, visando capacidades acima de 5 MW. Nesta época, um fabricante de bens de capital e sistemas energéticos apresentou padronizações de centrais termelétricas a vapor, com unidades de 800, 1.500 e 2.400 KW, empregando caldeiras

aquotubulares⁴ e turbinas a vapor, com um consumo específico de 2,80 kg de lenha por kWh gerado.

A Tabela 3 indica sistemas de pequeno porte utilizando biomassa para geração de energia.

Tabela 3 Indicadores de pequenas centrais Termoelétricas

Potência Instalada (kW)	Tecnologia Recomendada	Consumo Anual de Lenha (ton)
48	Gasogênio	1.104
120	Gasogênio	2.760
240	Gasogênio	3.679
700	Turbina a vapor	13.735
1000	Turbina a vapor	16.863
1600	Turbina a vapor	25.019
3000	Turbina a vapor	45.622
5000	Turbina a vapor	71.483

Fonte: ANEEL, 2005

Estimativas da Agência Internacional de Energia (AIE) mostram que, a biomassa ocupará a menor proporção na matriz energética mundial, mais ou menos 11% em 2020 (AIE, 1998).

Ao contrário, Dutra (2008), indicam que o uso da biomassa deverá se manter estável ou aumentar, devido ao crescimento populacional, urbanização e melhoria nos padrões de vida.

Em alguns países em desenvolvimento parte da biomassa é de difícil contabilização, devido ao uso não comercial, em alguns países essa parcela pode aumentar para 34% do consumo mundial de energia primária (ANEEL, 2005).

A Tabela 4 mostra o consumo de biomassa em algumas regiões do mundo.

⁴ Nas caldeiras aquotubulares a água a ser vaporizada circula no interior dos tubos de troca térmica, enquanto o calor proveniente da queima do combustível circula na parte externa. As caldeiras de grande porte que operam em altas e médias pressões são todas aquotubulares.

Tabela 4 Consumo de biomassa

País ou Região	Biomassa	Outros	Total	1/2%
Mundial	930	5.713	6.643	14
China	206	649	855	24
Leste Asiático	106	316	422	25
Sul da Ásia	235	188	423	56
América Latina	73	342	415	18
África	205	136	341	60
Países em desenvolvimento	825	1.632	2.457	34

Fonte: AIE (1998) apud ANEEL (2005)

Atualmente, o recurso de maior potencial para geração de energia elétrica no País é o bagaço de cana-de-açúcar. A biomassa sucroalcooleira tem alcançado grande quantidade de matéria orgânica sob a forma de bagaço nas usinas e destilarias de cana-de-açúcar. Além disso, o período de colheita da cana coincide com o de estiagem das principais bacias hidrográficas brasileira.

2.3 ENERGIA SOLAR

A conversão direta da energia solar em energia elétrica ocorre através de radiação sobre determinados materiais semicondutores, destacando-se, os efeitos termoelétricos e fotovoltaicos, mais usados atualmente em aquecimento de água e geração de energia elétrica respectivamente (ANEEL, 2005).

No final do século passado, a utilização das energias alternativas renováveis passou a ganhar mais destaque, devido não apenas em diminuir a dependência de combustíveis fósseis, mas principalmente por motivos ambientais relacionados às mudanças climáticas e os efeitos dessas sobre a humanidade.

Com isso, a energia solar vem despertando ainda mais interesse em vários países do mundo, por se tratar de uma tecnologia considerada limpa, com reduzido impacto ambiental. A energia solar, sendo uma fonte de grande potencial no Brasil, que pode ser aproveitada para geração de energia elétrica através da tecnologia solar fotovoltaica.

Estímulos mostrados ao uso desta fonte ao longo dos anos através dos programas nacionais são criados no Centro Brasileiro para Desenvolvimento de Energia Solar Fotovoltaica.

Porém, a primeira iniciativa que efetivamente incorporou o uso da energia solar fotovoltaica em âmbito nacional foi o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e

Municípios (PRODEEM), sendo considerado um dos maiores programas de eletrificação rural utilizando sistemas fotovoltaicos nos países em desenvolvimento (HERNÁNDEZ, 2004).

O PRODEEM foi estabelecido em dezembro de 1994 pelo governo brasileiro e instalou aproximadamente 9 mil sistemas fotovoltaicos em cinco fases de geração de energia e uma de bombeamento de água. Os sistemas foram instalados de junho de 1996 a dezembro de 2001 e implantados por todos os 26 Estados Brasileiros, especialmente nas Regiões Nordeste e Norte (HERNÁNDEZ, 2004).

No entanto, a energia solar fotovoltaica não foi incluída entre as fontes alternativas contempladas pelo Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA). Dentre as razões estão o próprio escopo do programa, concebido para atender apenas o Sistema Interligado Nacional (SIN) e o elevado custo relativo desta tecnologia que, no momento, a torna mais competitiva economicamente apenas em regiões isoladas.

Nessas regiões, o baixo consumo local, a grande dispersão dos usuários, a dificuldade de acesso e as restrições ambientais são condições que tornam a tecnologia solar fotovoltaica uma das soluções adequadas de fornecimento de energia elétrica.

Os sistemas fotovoltaicos podem ser utilizados de forma individual ou de forma híbrida, permitindo a totalidade do suprimento ou a redução do consumo de óleo Diesel em motores geradores (PRINCON, 2004).

2.3.1 Sistemas fotovoltaicos

Muitos projetos nacionais de pequeno porte para geração fotovoltaica de energia elétrica, principalmente em áreas rurais e/ou isoladas. Quatro tipos de sistemas básicos são usados atualmente nesses projetos:

- a) Bombeamento de água para abastecimento doméstico;
- b) Iluminação pública;
- c) Sistemas de uso coletivo, como eletrificação de escolas, postos de saúde e centros comunitários.

A Tabela 5 mostra alguns sistemas fotovoltaicos em bombeamento de água.

Tabela 5 – Sistemas de bombeamento de água na região do Pontal do Paranapanema - SP

Comunidade	Município	Altura Man. (m)	Reservatório (l)	Potência (W)	Famílias
Santa Cruz I	Mte. Do Paranapan.	86	7.500	1.470	43
Santa Cruz II	Mte. Do Paranapan.	92	7.500	1.470	12
Santana I	Mte. Do Paranapan.	-----	7.500	2.241	22
Santana II	Mte. Do Paranapan.	74	27.500	2.490	35
Santa Rosa II	Mte. Do Paranapan.	92	7.500	1.890	30
Santa Isabel	Mte. Do Paranapan.	92	7.500	2.988	67
Palu	Pres. Bernardes	67	7.500	1.280	14
Santa Maria	Pres. Venceslau	80	7.500	-----	75
Santa Rita	Tupi Paulista	50	7.500	-----	31
Yapinary	Ribeirão dos Índios	85	7.500	1.494	20
Yapinary	Ribeirão dos Índios	68	7.500	1.494	19
Maturi	Caiuá	74	27.500	-----	50
Primavera I	Pres. Venceslau	74	7.500	1.743	23

Fonte: Instituto de Eletrotécnica e Energia – IEE 2000.

Esse projeto constitui uma ação estratégica do Programa Nacional de Eletrificação “Luz no Campo” e tem como objetivo a implantação, em localidades ribeirinhas na região amazônica, de sistemas baseados em fontes alternativas para geração de energia elétrica.

O projeto é conduzido pelo CEPEL e pela ELETROBRAS, em colaboração com a Universidade Federal do Amazonas.

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica ANEEL (2005):

Existem também sistemas híbridos, integrando painéis fotovoltaicos e grupos geradores a diesel. No município de Nova Mamoré, Estado de Rondônia, está em operação, desde abril de 2001, o maior sistema híbrido solar-diesel do Brasil. O sistema a diesel possui 3 motores de 54 kW, totalizando 162 kW de potência instalada. O sistema fotovoltaico é constituído por 320 painéis de 64 W, perfazendo uma capacidade nominal de 20,48 kW. Os painéis estão dispostos em 20 colunas de 16 painéis, voltados para o Norte geográfico, com inclinação de 10 graus em relação ao plano horizontal, ocupando uma área de aproximadamente 300 m². Esse sistema foi instalado pelo Laboratório de Energia Solar – Labsolar da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, no âmbito do Projeto BRA/98/019, mediante contrato de prestação de serviços, celebrado entre a ANEEL/PNUD e a Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária – FAPEU daquela Universidade.

2.3.2 Placas fotovoltaicas

A função de uma célula solar consiste em converter diretamente a energia solar em eletricidade. A forma mais comum das células solares realizarem esse efeito é através do efeito fotovoltaico.

Existem três tipos principais de células solares:

a) As células mono-cristalinas representam a primeira geração. O seu rendimento elétrico é relativamente elevado, aproximadamente 16%, podendo subir até cerca de 23% em laboratório, mas as técnicas utilizadas na sua produção são complexas e caras. Por outro lado, é necessária uma grande quantidade de energia na sua fabricação, devido à exigência de utilizar materiais em estado muito puro e com uma estrutura de cristal perfeita;

b) As células poli-cristalinas têm um custo de produção inferior por necessitarem de menos energia na sua fabricação, mas apresentam um rendimento elétrico inferior entre 11% e 13%, obtendo-se até 18% em laboratório;

c) As células de silício amorfo são as que apresentam o custo mais reduzido, mas em contrapartida o seu rendimento elétrico é também o mais reduzido aproximadamente 8% a 10%, ou 13% em laboratório. As células de silício amorfo são películas muito finas, o que permite serem utilizadas como material de construção, tirando ainda o proveito energético (PRINCON, 2004).

A Tabela 6 mostra o rendimento elétrico de vários tipos de células fotovoltaicas.

Tabela 6 - Rendimento elétrico dos vários tipos de células fotovoltaicas

	Rendimento típico	Máximo registrado em aplicações	Rendimento máximo registrado em laboratório
Mono-cristalina	12-15%	22.7%	24.0%
Poli-cristalina	11-14%	15.3%	18.6%
Silício amorfo	6-7%	10.2%	12.7%

Fonte: BP Solar

Painéis de baixa tensão e/ou baixa potência feito de 3 até 12 pequenos segmentos de silício amorfo, com uma superfície total de alguns centímetros quadrados. A voltagem alcança entre 1.5 e 6 V, e a potência é de alguns miliwatts. O uso de este tipo de módulos é frequente em relógios e calculadoras.

Pequenos painéis de 1-10 W e 3-12 V. A utilização principal destes módulos é feita em rádios, jogos e pequenas bombas de água.

Grandes painéis de 10 até 60 W, com uma tensão de 6 a 12 V. A utilização principal é feita essencialmente em grandes bombas de água, para responder às necessidades de eletricidade no setor de iluminação e refrigeração de casas.

2.3.3 Vantagens e desvantagens

A tecnologia solar fotovoltaica apresenta um grande número de vantagens:

- a) Alta confiabilidade, não tem peças móveis, o que é muito útil em aplicações em locais isolados;
- b) A fácil portabilidade e adaptabilidade dos módulos;
- c) Permite montagens simples e adaptáveis a várias necessidades energéticas;
- d) Os sistemas podem ser dimensionados para aplicações de alguns miliwatts ou de kiloWatts, o custo de operação é reduzido;
- e) A manutenção é quase inexistente: não necessita combustível, transporte, nem trabalhadores altamente qualificados;
- f) A tecnologia fotovoltaica apresenta qualidades ecológicas, pois o produto final é não poluente, silencioso e não perturba o ambiente.

No entanto esta tecnologia apresenta também algumas desvantagens:

- a) A fabricação dos módulos fotovoltaicos necessita de tecnologia muito sofisticada, necessitando de um custo de investimento elevado;
- b) O rendimento real de conversão de um módulo é reduzido, diante do custo do investimento;
- c) Os geradores fotovoltaicos raramente são competitivos do ponto de vista econômico, diante de outros tipos de geradores;
- d) É necessário instalar armazenadores de energia sob a forma química (baterias), o custo do sistema fotovoltaico torna-se ainda mais elevado.

Uma das restrições técnicas à realização de projetos de aproveitamento de energia solar é a baixa eficiência dos sistemas de conversão de energia, o que torna necessário o uso de grandes áreas para a captação de energia em quantidade suficiente para que o empreendimento se torne economicamente viável.

Comparada a outras fontes, como a energia hidráulica, por exemplo, que muitas vezes requer grandes áreas inundadas, observa-se que a limitação de espaço não é tão restritiva ao aproveitamento da energia solar (ANEEL, 2005).

A figura 1 mostra a ilustração de um sistema de geração de energia fotovoltaica.

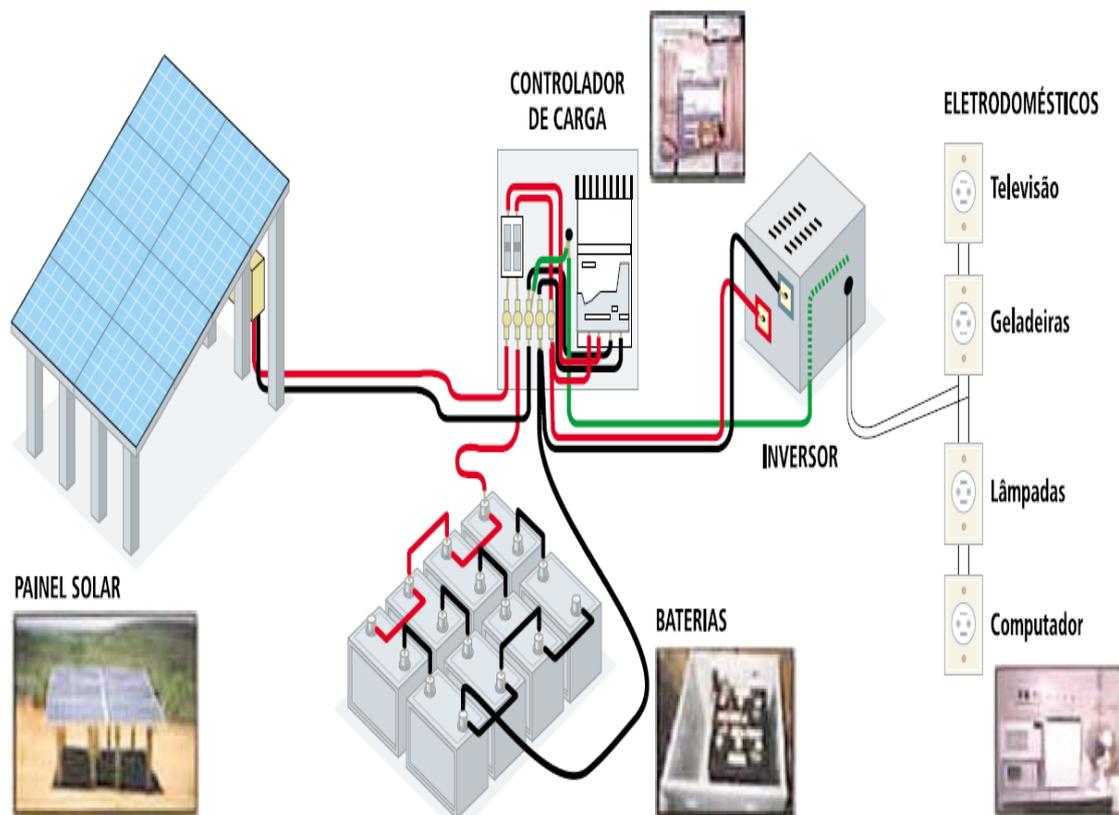


Figura 1 Ilustração de um sistema de geração de energia fotovoltaica
 Fonte ANEEL 2005

A sequência de instalação mostrada na figura acima é a mesma para os sistemas de energia eólica, trocando apenas o meio de geração, que na figura mostra as placas fotovoltaicas e na geração eólica seriam os aerogeradores, pois, o sistema eólico também é gerado em corrente contínua.

3. ILUMINAÇÃO

Segundo Costa (2006), a energia em forma de luz é de vital importância para a sobrevivência do ser humano. A história, ao longo do tempo, permite concluir que o homem desenvolveu muitas profissões com a intenção de solucionar problemas que o próprio homem criou em seu desenvolvimento. Para lugares inadequados, a iluminação passa a representar não apenas proteção e segurança, como também o trabalho em ambientes escuros.

Com a necessidade de melhor iluminação para o desenvolvimento do homem, cria-se um novo ramo especializado de conhecimento definido como Engenharia de Iluminação. Esse tipo de conhecimento contribuiu para o advento da eletricidade com o posterior desenvolvimento das lâmpadas incandescentes.

A iluminação artificial passa a ter um crescimento contínuo, já que o homem é ser essencialmente visual. Em sistema de iluminação artificial encontram-se dois ramos da ciência: a produção de luz e a utilização de luz.

Para o projetista, o primeiro, mais simples, está diretamente ligado com os artefatos luminosos produzidos pela indústria como lâmpadas, luminárias e acessórios. Já o segundo é bem mais complexo, pois envolve o homem e a sua visualização no ambiente que o cerca (COSTA, 2006).

Segundo Filho (2002), cerca de 17% da energia consumida no Brasil é para o setor da iluminação, deste, aproximadamente 2% é no setor de iluminação industrial, o que representa a energia produzida pela Hidrelétrica de Sobradinho no Rio São Francisco, no Nordeste brasileiro.

3.1 LÂMPADAS CONVENCIONAIS

Para Filho (2002) eficiência luminosa é a relação entre fluxo luminoso emitido por uma fonte luminosa e a potência, em Watts, consumida. Fluxo luminoso é a potência de radiação liberada por fontes luminosas em todas as direções do espaço. A iluminância, ou o nível de iluminamento é o limite entre a razão do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado.

Um bom projeto de iluminação requer a adoção de alguns pontos fundamentais, tais como o nível de iluminamento suficiente para cada atividade específica, a distribuição espacial da luz sobre o ambiente, a escolha da cor da luz e seu respectivo rendimento, a escolha apropriada dos aparelhos de iluminação, o tipo de execução das paredes e pisos, e a iluminação de acesso.

Para plantas industriais, além dos projetos de iluminação da área de produção, há também projetos de iluminação dos escritórios, almoxarifados, laboratórios e área externa, tais como estacionamentos e jardins.

De acordo com os estudos para a utilização de lâmpadas elétricas, elas são classificadas quanto ao processo de emissão de luz e quanto ao seu desempenho. Para o processo de emissão de luz existem as incandescentes e as de descargas.

3.1.1 Lâmpadas incandescentes

Lâmpadas incandescentes são constituídas por um filamento de tungstênio em forma de espira, que fica incandescente com a passagem de corrente elétrica.

As principais características desse tipo de lâmpada são sua vida útil entre 600 a 1000 horas, dependendo da tensão de alimentação, e a eficiência luminosa média de aproximadamente 15 Lúmens/Watt⁵ (FILHO, 2002).

A cada 10% de sobretensão, a vida útil reduz-se em 50%, ficando a sua utilização restrita a banheiros, instalações decorativas, vitrines, entre outras, onde o consumo de energia seja pequeno.

A Tabela 7 mostra as características das lâmpadas incandescentes.

Tabela 7 Característica das lâmpadas incandescentes

Lâmpadas incandescentes		
Potência	Fluxo (lúmen)	
Watts	120V	220V
40	510	430
60	840	720
100	1570	1380
150	2520	2190
200	3460	3120
300	5310	5040
500	9400	8650

Fonte: Mamede Filho, 2002

3.1.2 Lâmpadas Halógenas

Ainda segundo Filho (2002), a lâmpada halógena é um tipo de lâmpada incandescente que possui filamento de Tungstênio contido em tubo de quartzo, no qual é colocada certa quantidade de iodo.

Em seu funcionamento o tungstênio evapora-se do filamento e mistura-se com o gás contido no tubo formando assim o iodeto de tungstênio.

A Tabela 8 mostra as características das lâmpadas halógenas.

⁵ É a unidade de medida para eficiência luminosa

Tabela 8 Características das lâmpadas Halógenas

Lâmpadas Halógenas	
Potência	Fluxo (lúmen)
Watts	
300	5.100
500	10.000
1000	22.000
2000	44.000

Fonte: Mamede Filho, 2002

3.1.3 Lâmpadas de descarga

As lâmpadas de descargas podem ser classificadas como, fluorescente, vapor de mercúrio, vapor de sódio e vapor metálico. Sendo a fluorescente constituída por um longo cilindro de vidro, cujo interior é revestido por camadas de fósforos de diversos tipos, produto esse, que possui a capacidade de emitir luz quando injetado energia ultravioleta, que é uma energia invisível ao olho humano.

3.1.3.1 Lâmpadas fluorescentes

A vida útil dessas lâmpadas pode variar muito de acordo com o tipo, chegando a 7.500 horas. Essas lâmpadas apresentam elevada eficiência luminosa, de 40 a 80 Lumen/Watt e podem ter tipos diferentes de cores: azul escura, amarelo verde, rósea clara (FILHO, 2002).

Na década de 1980, as lâmpadas fluorescentes eram comercializadas como T12 (12/8 de polegada de diâmetro), posteriormente veio a ser substituída por lâmpadas de T8 (8/8 de polegadas de diâmetro) e hoje vêm perdendo mercado para as T5 (5/8 de polegadas de diâmetro) de maior eficiência que as anteriores.

A Tabela 9 mostra as características das lâmpadas fluorescentes.

Tabela 9 Características das lâmpadas fluorescentes

Lâmpadas fluorescentes	
Potência	Fluxo (lúmen)
Watts	
20	510
40	840
65	1570
110	2520

Fonte: Mamede Filho, 2002

Segundo o fabricante de lâmpadas fluorescentes LUMILUX, com uma eficiência energética de até 104 lumens/watt, o sistema T5 representa 20% de economia em relação ao sistema T8 e 40% em relação aos T10/T12 e apresenta apenas 8% de depreciação do fluxo luminoso no final de sua vida útil, conseguindo obter 50% a mais de luz quando comparado à linha T8.

As lâmpadas fluorescentes tubulares, ao contrário das incandescentes, não podem controlar o fluxo de corrente sozinhas, será preciso instalar em conjunto com a lâmpada um reator, o que pode aumentar o consumo da instalação.

3.1.3.2 Lâmpadas vapor de mercúrio

Lâmpadas de vapor de mercúrio são constituídas por um pequeno tubo de quartzo, onde são instalados nas extremidades eletrodos ligados em série com uma resistência de alto valor. O uso desse tipo de lâmpada fica limitado a ambientes que não haja necessidade de boa reprodução de cores, pois, essas lâmpadas não emitem a luz vermelha.

Filho (2002) afirma que lâmpadas de vapor de mercúrio tem uma elevada eficiência, cerca de 55 Lumens / Watt, porém essa eficiência cai para cerca de 35 Lumens / Watt com o passar de sua vida útil, que é de apenas 18.000 horas.

Outro ponto importante é o tempo necessário para que a lâmpada possa ser religada, que pode ser de 5 a 10 minutos, pois é o tempo necessário para que o mercúrio seja reionizado.

A Tabela 10 mostra característica do fluxo luminoso para algumas potências de lâmpadas de vapor de mercúrio.

Tabela 10 Características das lâmpadas de vapor de mercúrio

Lâmpadas de vapor de mercúrio	
Potência	Fluxo (lúmen)
Watts	
125	6.000
250	12.000
400	22.000
700	35.000

Fonte: Mamede Filho, 2002

3.1.3.3 Lâmpadas de vapor de sódio

São lâmpadas fabricadas em dois tipos, baixa pressão e alta pressão. As lâmpadas de vapor de sódio, a baixa pressão é formada por um tubo de vidro especial em forma de U,

que é colocado no interior de uma ampola tubular de vidro que atua como proteção mecânica e térmica, além das paredes internas que são recobertas por uma fina camada de óxido de estanho, com a intenção de refletir as radiações infravermelhas durante o processo de descarga.

Para Mamede, (2002) essas lâmpadas são responsáveis por emitir uma radiação monocromática, apenas na cor amarela, possuindo uma eficiência de aproximadamente 200 Lúmens / Watt com aproximadamente 18.000 horas de vida útil.

Já as lâmpadas de alta pressão são constituídas por um tubo de descarga que em seu interior contém excesso de sódio, que é vaporizado durante o processo de acendimento. Um gás inerte é utilizado para se obter uma baixa tensão de ignição. Esse gás é o xenônio (FILHO, 2002).

Segundo Filho, (2002) essas lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão apresentam um espectro visível contínuo, produzindo uma razoável reprodução de cor, cuja eficiência luminosa é de 130 Lúmens / Watt e com cerca de 18.000 horas de vida, podendo ser utilizada em interiores de instalações industriais, onde a necessidade de fidelidade de cores não seja essencial.

A Tabela 11 e 12 mostram as características do fluxo luminoso das lâmpadas de vapor de sódio de baixa e alta pressão.

Tabela 11 Características das lâmpadas de vapor de sódio

Lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão	
Potência	Fluxo (lúmen)
Watts	
250	25.000
400	46.000
1000	130.000

Fonte: João Mamede Filho 6ª ed, 2002

Tabela 12 Características das lâmpadas de vapor de sódio

Lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão	
Potência	Fluxo (lúmen)
Watts	
250	25.000
400	46.000
1000	130.000

Fonte: João Mamede Filho 6ª ed, 2002

3.1.3.4 Lâmpadas de vapor metálico

As lâmpadas de vapor metálico possuem o mesmo princípio de funcionamento das lâmpadas de vapor de mercúrio, porém são adicionados iodeto de índio, tálio e sódio.

Esses compostos misturados no interior do tubo de descarga proporcionam uma excelente reprodução de cores, elevada eficiência luminosa e uma vida útil longa, porém para seu funcionamento é necessário de 400 a 2.000 Watts de potência.

Esses tipos de lâmpadas são indicadas para utilização em áreas de pátios de estacionamento, quadras esportivas, campos de futebol e galpões destinados a produtos em exposição, entre outros.

A Tabela 13 mostra as características do fluxo luminoso para lâmpadas de vapor metálico.

Tabela 13 Características das lâmpadas de vapor metálico

Lâmpadas de vapor metálico	
Potência	Fluxo (lúmen)
Watts	
400	28.500
1000	90.000
2000	182.000

Fonte: João Mamede Filho 6ª ed. 2002

3.1.3.5 Lâmpadas de luz mista

As lâmpadas de luz mista são feitas com um tubo de descarga a vapor de mercúrio, em série com um filamento de tungstênio, encapsulados por um bulbo ovóide, cujas paredes internas são cobertas por uma camada de fosfato de ítrio vanadato⁶.

Esse tipo de lâmpada tem as características básicas das lâmpadas incandescentes. O seu filamento atua como fonte de luz de cor quente, ao mesmo tempo em que funciona como limitador do fluxo de corrente.

As lâmpadas de luz mista são comercializadas nas potências de 160 a 500 watts. Essas lâmpadas combinam a elevada eficiência das lâmpadas de descarga com as vantagens da excelente reprodução de cor características das lâmpadas de filamento de tungstênio (FILHO, 2002).

A Tabela 14 mostra o fluxo de luminosidade desse tipo de lâmpada.

Tabela 14 Características das lâmpadas de luz mista

⁶ O Ítrio é um elemento químico de símbolo Y, número atômico 39, com massa atômica 89 u. Na temperatura ambiente o ítrio encontra-se no estado sólido. É um metal da série metal de transição pertencente ao grupo 3 (3B) da Classificação Periódica dos Elementos. É comum em minérios lantanídeo, e dois de seus componentes são usados para a obtenção da imagem vermelha em televisão a cores. Foi descoberto por Johan Gadolin em 1794 e isolado por Friedrich Wöhler em 1828.

Lâmpadas de luz mista	
Potência	Fluxo (lúmen)
Watts	
160	3.000
250	5.500
500	13.200

Fonte: Mamede Filho. 2002

3.1.3.6 Lâmpadas PL

As lâmpadas fluorescentes compactas, conhecidas como lâmpadas PL, tornam-se sinônimo de economia de energia e de uso ambientalmente correto. Alguns países já começam a estabelecer legislações proibindo definitivamente as lâmpadas incandescentes.

Um grupo de pesquisadores da Universidade Queens, no Canadá, encontrou uma forma de tornar a eficiência dessas lâmpadas ainda melhores, como por exemplo, controlar a luminosidade (FILHO, 2002).

Um pequeno aparelho, conhecido como *dimmer*, muito utilizado em lâmpadas incandescentes que são capazes de controlar a luminosidade, ou seja a intensidade luminosa, conseqüentemente, o seu gasto de energia de acordo com as necessidades, já está disponível para lâmpadas fluorescentes.

Na sua forma atual, as lâmpadas fluorescentes PL domésticas jogam fora os benefícios para o sistema de geração de eletricidade que se supõe que elas ofereçam.

A Europa e o Japão estabeleceram padrões mínimos para os fatores de potência⁷ para as lâmpadas PL acima de 25 watts, já no Canadá e nos Estados Unidos, que planejam banir definitivamente as lâmpadas incandescentes em 2012, ainda não têm esses padrões, o que significa que seus sistemas energéticos não terão os benefícios que se supõe.

A Tabela 15 mostra algumas potências possíveis com o fluxo obtido.

⁷ Fator de Potência é um parâmetro de medição da defasagem entre a tensão e corrente de uma rede elétrica.

Tabela 15 Características das lâmpadas fluorescentes compactas PL

Lâmpadas fluorescentes compactas PL	
Potência	Fluxo (lúmen)
Watts	
16	1.000
20	1.300
23	1.500

Fonte: Duluxstar, 2010

3.2 LÂMPADAS DE LED

Para o fabricante, a empresa Uniled Componentes Optoeletrônicos Ltda., a definição do termo LED, vem do termo em inglês *Light Emitter Diode*, traduzido como Diodo Emissor de Luz.

É um componente eletrônico semicondutor, de mesma tecnologia utilizada nos chips dos computadores, que possuem a capacidade de transformar energia elétrica em luz. Essa transformação é diferente da encontrada nas lâmpadas convencionais que utilizam filamentos metálicos, radiação ultravioleta e descarga de gases, dentre outras.

O LED é um componente do tipo bipolar, com dois terminais chamados de anodo e catodo, positivo e negativo, respectivamente. Dependendo de como for polarizado, permite ou não a passagem de corrente elétrica e, conseqüentemente, a geração ou não de luz.

Em um LED o componente mais importante é o chip semicondutor chamado de *ledframe* que é responsável pela geração de luz. Os LEDs têm algumas particularidades, como o contato positivo, anodo, geralmente o mais comprido, que deve ser ligado ao pólo positivo da bateria, enquanto o contato negativo, catodo, normalmente o mais curto, deve ser ligado ao pólo negativo, contudo, se a ligação for feita ao contrário, o LED poderá ser danificado.

O fabricante de LEDs Uniled, afirma que a voltagem dos LEDs dependem da sua cor, assim como o fluxo de corrente necessária para o seu funcionamento correto. Os LEDs vermelhos, verdes e amarelos precisam de uma voltagem entre os 2,2V e os 2,4V, enquanto os azuis e os brancos brilhantes necessitam de mais do que 3,4V.

Quanto ao fluxo de corrente, a maioria dos LEDs utilizam apenas 20 mA, sendo necessário sempre usá-los com resistor, para reduzir a corrente que passará por ele. Nos *datasheets*, que são manuais de instalação dos LEDs, sempre se encontrará informações específicas sobre a tensão mínima e a máxima requerida para que o LED funcione. Esta propriedade é conhecida como *Forward Voltage* (VF), e a corrente de que o LED precisa é também indicada como *Forward Current* (IF).

Os *datasheets* fornecem ainda informações sobre as características do próprio LED, a sua intensidade luminosa e ao ângulo de visão. Quanto maior for o ângulo de visão, mais difuso é o foco de luz emitido pelo LED, enquanto que um ângulo de visão menor resulta num foco mais direcionado (UNILED).

A Figura 2 mostra a parte interna de um LED.

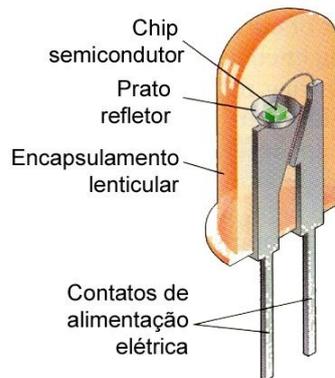


Figura 2 Parte interna e os componentes de LED, em corte.
Fonte: Uniled Componentes Optoeletrônicos Ltda. disponível em <http://www.uniled.com.br>

3.2.1 Benefícios no uso dos LEDs

O uso dos LEDs terá uma gama de vantagens, algumas delas então relacionada a seguir:

- a) Em função de sua longa vida útil, a manutenção dos LEDs é bem menor, reduzindo os custos de manutenção, apresentam maior eficiência se comparado às lâmpadas convencionais de hoje, é muito próxima da eficiência das fluorescentes e ainda tende a aumentar futuramente;
- b) Baixa voltagem de operação, não representando perigo para o instalador, resistência choques mecânicos, pois utiliza uma tecnologia de estado sólido, sem filamentos, vidros, e outros comuns em lâmpadas convencionais;
- c) Possui controle dinâmico da cor, podendo-se obter um espectro variado de cores, incluindo tonalidades de branco, permitindo um ajuste perfeito da cor desejada;
- d) Acionamento instantâneo, mesmo quando está operando em temperaturas baixas;

- e) Controle do fluxo luminoso em função da variação da corrente elétrica aplicada a ele, possibilitando, com isto, um ajuste preciso da intensidade de luz da luminária;
- f) Os LEDs coloridos dispensam a utilização de filtros que causam perda de intensidade e provocam uma alteração na cor, principalmente em luminárias externas, em função da ação da radiação ultravioleta do sol;
- g) Ecologicamente correto, pois não utiliza mercúrio ou qualquer outro elemento que cause dano à natureza, também não emitem radiação infravermelha, fazendo com que o feixe luminoso seja frio;
- h) Com tecnologia adequada, é possível a dimerização entre 0% e 100% de sua intensidade, e utilizando-se controladores próprios, obtêm-se novas cores, originadas das misturas das cores básicas;
- i) Ao contrário das lâmpadas fluorescentes que tem um maior desgaste da sua vida útil no momento em que são ligadas, nos LEDs é possível o acendimento e apagamento rapidamente, sem detrimento da vida útil;
- j) Maior vida útil, dependendo da aplicação, pode chegar a 100.000 horas de uso;
- l) Lâmpadas a LED são frias ao toque e não acrescentam calor excessivo aos cômodos da casa, significando menor uso de ar condicionado ou ventilador. E ainda funcionam por milhares de horas antes que precisem ser trocadas.

Em termos de custo, tamanho e iluminação, as Lâmpadas com Tecnologia a LED estão ficando cada vez melhores, e tendo várias aplicações no dia a dia. A grande vantagem das Lâmpadas a LED é o seu alto custo-benefício. Embora sejam mais caras do que as lâmpadas convencionais, elas chegam a durar até 35 vezes mais.

Em média, elas se pagam em dois anos, havendo aproximadamente mais oito ou nove anos para você aproveitar a economia gerada. Essas estimativas variam conforme os seus níveis de consumo.

Além disso, as lâmpadas emitem pouquíssimo calor, o que aumenta a sua eficiência, pois elas não precisam desviar parte da energia para essa função. Enquanto uma lâmpada comum tem vida útil de 1.000 horas e uma fluorescente de 10.000 horas, a LED rende entre 40.000 e 100.000 horas de uso ininterrupto.

Uma lâmpada incandescente converte em luz apenas 5% da energia elétrica que consome. As lâmpadas LED convertem até 40%. Essa diminuição no desperdício de energia traz benefícios evidentes ao meio ambiente. Estudos sugerem que a conversão completa para a tecnologia LED diminuiria em até 50% as emissões de CO₂ a partir do uso de energia elétrica para iluminação em pouco mais de 20 anos.

As lâmpadas LED são mais de duas vezes mais eficientes do que as lâmpadas fluorescentes compactas, atualmente vistas como o padrão da iluminação “verde”.

No entanto, o grande benefício do LED é o seu baixo impacto ambiental, pois, ele não contém mercúrio ou outros metais pesados na sua composição, ao contrário das lâmpadas fluorescentes. Todos esses dados foram obtidos pelo fabricante de LEDs, Uniled Componentes Optoeletrônicos LTDA.

A Tabela 16 mostra uma comparação entre lâmpadas incandescentes e fluorescentes com as lâmpadas de LED.

Tabela 16 Comparação entre Lâmpadas

LED	Incandescente	Fluorescente
Potência (Watts por Lâmpada)		
7W	40W	9W
Consumo de Energia (em KWh)		
0,007KWh	0,04 KWh	0,009 KWh
Vida útil (Em Horas)		
50,000h	1,000h	10,000h
Preço Médio (Reais)		
R\$120,00	R\$1,50	R\$10,00

Fonte: Uniled Componentes Optoeletrônicos LTDA disponível em <http://www.uniled.com.br>

3.2.2 Tecnologia de LEDs SMD

A tecnologia *Surface Mounted Diode* (SMD), sendo traduzido como Diodo Montado em Superfície, faz com que esses componentes sejam instalados em placas junto a superfície, evitando a utilização de pinos nas soldagens de componentes além de reduzir consideravelmente o tamanho das placas.

Para os LEDs a tecnologia SMD faz com eles possuam alto brilho e menor consumo de energia se comparado ao LED comum sendo recomendado a sua utilização em locais que necessitem de grande luminosidade e de grande visibilidade, como salas de aula, porem seu custo pode se tornar alto se comparado ao LED comum.

A identificação de um LED SMD pode ser feita através de sua nomenclatura, onde ela é baseada no tamanho comprimento e largura em polegadas:

- a) SMD 0603, esta no sistema de polegadas, convertendo no sistema métrico ele se tornará SMD 1005 onde o componente possui 1,0 mm de comprimento por 0,5mm de largura;
- b) SMD 0805, esta em polegadas, convertendo para o sistema métrico ele se tornará SMD 2125, onde o componente possui 2,1mm de comprimento por 2,5mm de largura.

3..2.3 LEDs quente e frio

A temperatura de cor de uma lâmpada a LED é baseada na relação entre a temperatura de um material hipotético e estandardizada conhecido por corpo negro radiador, e a distribuição de energia da sua luz emitida à medida que a temperatura deste corpo negro é elevada do zero absoluto até temperaturas cada vez mais elevadas.

A unidade de medida é o Kelvin⁸ (K). Quanto mais alta a temperatura de cor, mais clara é a tonalidade de cor da luz. Quando falamos em Lâmpadas a LED quentes ou frias, não estamos nos referindo ao calor físico da lâmpada, e sim a tonalidade de cor que ela apresenta ao ambiente.

Luz com tonalidade de cor mais suave torna-se mais aconchegante e relaxante, luz mais clara mais estimulante.

A temperatura de cor é uma analogia entre a cor da luz emitida por um corpo negro aquecido até a temperatura especificada em Kelvin e a cor que estamos comparando, ou seja, para uma lâmpada de temperatura de cor de 2.700 K tem tonalidade suave, já outra de 6.500 K tem tonalidade clara.

O ideal em uma residência é variar entre 2.700 K e 5.000 K, conforme o ambiente a ser iluminado. Nos LEDs brancos, existem duas formas de se referir a temperatura de cor, que são os LEDs branco frio, ou os LEDs branco quente, que são baseados exatamente na Tabela 17 abaixo.

⁸ Kelvin é o nome da unidade de base do Sistema Internacional de Unidades (SI) para a grandeza temperatura termodinâmica.

Tabela 17 Temperatura das cores

Temperatura da Cor			
Cor	Temperatura (K)	Cor	Temperatura (K)
Branco Frio	6500	Branco Quente	3500
	6000		3000
	5000		2500

Fonte: Uniled Componentes Optoeletrônicos Ltda. disponível em <http://www.uniled.com.br>

Os LEDs apresentam inúmeras vantagens em relação às lâmpadas convencionais. Eles são fontes frias de luz, o que permite sua utilização em alarmes, sensores, mostradores, são também dispositivos de pequeno porte e com alta emissão de luz, maior resistência a choques mecânicos, maior tempo de vida útil, redução de impactos ambientais, facilidade para sua incorporação em ambientes domésticos e industriais.

Além de todas essas vantagens, que já justificariam o seu uso, os LEDs ainda operam em baixa tensão, um grande avanço comparado às lâmpadas convencionais considerando-se o tempo de vida das baterias como um fator limitante (COSTA, 2006).

4. CONCLUSÃO

Este estudo teve como objeto principal mostrar a importância que um sistema de geração fotovoltaica poderá ter na geração convencional de energia, podendo contribuir para a redução do efeito estufa que tem como um dos principais causadores a queima de combustíveis fósseis, inclusive para geração de energia elétrica.

A necessidade da redução do efeito estufa já é um problema discutido por líderes do mundo inteiro, assim como a geração de energia convencional, pois em muitos casos, para haver eletricidade é necessário a queimas de combustíveis fósseis, logo, temas como geração limpa de energia, tornou-se assunto principal em reuniões mundiais.

Uma fonte inesgotável de energia como o Sol não pode ser desprezada, porém a limitação em seu uso torna um ponto fraco para seu investimento, contudo, utilizando-a para sistemas que necessitam de pouca energia pode se tornar viável. Iluminação a LED, por exemplo, poderia se tornar um grande aliado para uso de sistemas fotovoltaicos, pois, para o funcionamento adequado da iluminação a LED são necessários poucos Watts de potência.

REFERÊNCIAS

MARTINS, FR, *et all.* **O aproveitamento da Energia Eólica-** 2008. Revista Brasileira de Ensino de Física – São José dos Campos – SP - Artigo Científico – Disponível em: [HTTP://www.sbfísica.org.br](http://www.sbfísica.org.br). Acessado em 24 de Maio de 2011.

DUTRA, Marques Ricardo. **Propostas de Políticas Específicas para Energia Eólica no Brasil após a Primeira Fase do PROINFA.** (TESE DOUTORADO). Rio de Janeiro, 2008.

MARCONDES Mônica, *et all-* **Panorama dos Investimentos em Energia Eólica no Brasil e no Mundo** – Artigo Científico – 2006. Disponível em: [HTTP:// www.nuca.ie.ufrj.br](http://www.nuca.ie.ufrj.br). Acessado em 24 de Maio de 2011.

MME – **Ministério de Minas e Energia.** Brasília: MME, 2008. Disponível em: <http://www.mme.gov.br>. Acessado em 24 de Maio de 2011.

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

QUINTEROS, André Ricardo **Aquecimento de Água por Energia Solar,** SOLETROL. Aquecedores solares. 2000.

HERNÁNDEZ, Krenzinger, **Análise Experimental e Simulação de sistemas Híbridos e Eólico-Fotovoltaicos,** Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, 2004.

PRINCON - Energia Fotovoltaica – **Manual sobre tecnologias, projeto e instalação** Portugal, 2004.

MALLMANN, A. P. Comunicação via e-mail. Núcleo Tecnológico de Energia Solar (NT-SOLAR). **Centro Brasileiro para Desenvolvimento de Energia Solar Fotovoltaica** (CB-SOLAR). Abril, 2008.