

# TRABALHOS SELECIONADOS PARA PLENÁRIAS

## EIXO TEMÁTICO: ENERGIAS RENOVÁVEIS



# III Congresso Internacional de Gestão Estratégica e Controladoria de Organizações – III CIGECO

26 e 27 de outubro de 2017

## ECONOMIA E ENERGIA FOTOVOLTAICA: UM RECURSO SUSTENTÁVEL E INOVADOR COMO UMA FERRAMENTA DE ESTRATÉGIA DENTRO DAS EMPRESAS

### ECONOMY PHOTOVOLTAIC ENERGY: A SUSTAINABLE AND INNOVATIVE RESOURCE AS A STRATEGY TOOL WITHIN THE COMPANIES.

Thainara Aparecida Correa Mello, Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões, URI São Luiz Gonzaga, RS, Brasil, contato\_tacm@outlook.com

Jonas da Silva Souza, Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões, URI São Luiz Gonzaga, RS, Brasil, j-1s@live.com

Roberto Carlos Dalongaro, Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões, URI São Luiz Gonzaga, RS, Brasil, robertocarlosad@hotmail.com

Yuri dos Santos Barcelos, Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões, URI São Luiz Gonzaga, RS, Brasil, yuri.barcelos@hotmail.com

Alexandre Thomaz Veiga, Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões, URI São Luiz Gonzaga, RS, Brasil, veeiga@hotmail.com

#### RESUMO

A matriz energética nacional passa por inúmeras transformações, diariamente muita energia chega ao planeta de forma gratuita e limpa, os raios solares além de trazerem a luz e o calor para a vida na terra, podem gerar energia, tanto na forma de calor, quanto de eletricidade. Com isso, o mercado de energia solar fotovoltaica cresceu nos últimos anos, além de ser uma opção sustentável, se torna muito atrativa, principalmente pelo alto valor da energia elétrica cobrado nas grandes indústrias, com isso, o mercado nacional aumenta progressivamente sua busca pela diversificação. Por esse motivo, o presente artigo tem como principal objetivo, analisar as vantagens de uma organização quando opta por esse recurso, já a problemática do estudo está embasada em responder o seguinte questionamento: “Como gerar economia através da energia fotovoltaica?”. Para consolidar a dissolução da problemática proposta, é realizada uma revisão bibliográfica na literatura relacionada a sustentabilidade, energias renováveis, meio ambiente, e uma breve abordagem sobre a importância do desenvolvimento sustentável, fomentando uma discussão sobre os principais pontos abordados no estudo, e acima de tudo, mostrar que vale a pena investir em sistemas fotovoltaicos porque oferecem diversas vantagens, além de contribuir para o desenvolvimento do país.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade; Desenvolvimento; Inovação; Energia Fotovoltaica.

#### ABSTRACT

The national energy matrix undergoes numerous transformations, daily energy arrives to the planet in a free and clean way, solar rays as well as bringing light and heat to life on earth, can generate energy, both in the form of heat and in electricity. As a result, the market for photovoltaic solar energy has grown in recent years, in addition to being a sustainable option, it becomes very attractive, mainly due to the high value of electric energy charged in large industries, with this, the national market progressively increases its search for diversification. For this reason, the main objective of this article is to analyze the advantages of an organization when it opts for this resource, since the problem of the study is based on answering the following question: "How to generate savings through photovoltaic energy?". In order to consolidate the dissolution of the proposed problem, a bibliographical review is carried out in the literature related to sustainability, renewable energies, environment, and a brief approach on the importance of sustainable development, encouraging a discussion on the main points addressed in the study, and above All, show that it is worth investing in photovoltaic systems because they offer several advantages, besides contributing to the development of the country.

**Keywords:** Sustainability; Development; Innovation; Photovoltaics Energy.

#### 1 INTRODUÇÃO

Com a conscientização da escassez dos recursos naturais, a sustentabilidade, meio ambiente, energias renováveis, e economia são assuntos amplamente discutidos no país, durante muitos anos a raça humana se beneficiou dos recursos naturais para manter suas necessidades básicas. No Brasil a energia fotovoltaica já existe a muito tempo, porém, muitas vezes falta conhecimento do seu real valor.

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética - EPE: A energia proveniente do Sol vem sendo apropriada pelo homem ao longo de toda sua história. Através dele, por exemplo, são supridas as necessidades básicas de aquecimento, iluminação e alimentação (via fotossíntese e cadeias

alimentares). No entanto, o uso do Sol como fonte direta para a produção de eletricidade é relativamente recente, datando de meados do século passado (EPE, 2016).

A humanidade está ligada à energia solar desde muitos séculos, quando se utilizava o sol para secar peles e alimentos, achados históricos de arqueólogos comprovam que, já no século VII A.C se utilizavam simples lentes de vidro para concentrar a luz do sol e desta forma queimar pequenos pedaços de madeira e assim obter fogo (SOUZA, 2005).

O constante crescimento da sociedade em geral, faz com que refletimos sobre pensamentos da evolução da humanidade, evolução essa que caminha a passos largos diante a expansão intelectual e tecnológica, de certa forma beneficiando a economia. Os assuntos relacionados ao meio ambiente, principalmente pela conscientização de sociedade e governo quanto à finitude dos recursos naturais, têm dado força à criação de políticas ambientais, de fundamental importância para que os agentes econômicos sejam menos agressivos ao meio ambiente (LUSTOSA, MAY e DA VINHA, 2010).

Analisando esses fatos pelo motivo da natural escassez dos recursos naturais, tem-se uma necessidade de aproveitamento de todos os meios disponíveis no mundo para o desenvolvimento, assim, novas técnicas de seguimento renováveis foram criadas beneficiando o meio ambiente e a sociedade. Dessas tecnologias, a fotovoltaica é a que vem conquistando mais mercado nos últimos anos, representando 98% da capacidade instalada (REN21, 2015).

Diariamente raios solares fornecendo grande quantidade de energia, incidem em nosso planeta, sendo responsáveis pela manutenção da vida na terra, mas a grande parte dessa energia se perde por meio natural, o sistema fotovoltaico se tornou uma solução para converter a energia que era perdida. Dito isso, vem tirando o sono de muitas pessoas e despertando a curiosidade de outras sobre o seu poder de aproveitamento.

O objetivo geral da pesquisa é analisar o desenvolvimento econômico da energia fotovoltaica, seus aspectos, suas vantagens, entre outros fatores. Contraditório a isso, vem nosso problema de pesquisa: como gerar economia através dos recursos fotovoltaicos?

Estudos foram realizados, e formas de converter esta energia foram expostas para avaliar o projeto, no intuito de torná-lo válido para a execução nas empresas.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 BREVE RESGATE SOBRE A SUSTENTABILIDADE**

O desenvolvimento sustentável é um conceito normativo que foi denominado como eco desenvolvimento no começo da década de 1970. O surgimento decorre do argumento posto em debate sobre as relações entre crescimento econômico e meio ambiente. O mesmo emerge deste argumento como uma proposta conciliadora, onde se identifica que o desenvolvimento técnico é condição necessária, mas não suficiente para a eliminação da pobreza e desigualdades sociais (LUSTOSA, MAY e DA VINHA, 2010).

A questão da sustentabilidade é um tema abordado frequentemente no mundo inteiro, a preocupação da sociedade com os recursos naturais, meio ambiente e o desenvolvimento sustentável deve-se ser levado muito a sério. Nas empresas isso não é diferente, uma vez que a escassez dos recursos naturais começou a preocupar, a saída que se tem é de buscar novas fontes renováveis, nunca esquecendo a importância de uma empresa ser desenvolvidamente sustentável.

O tratamento dado ao consumo sustentável tem um sentido de prevenção, onde é assegurada a garantia de consumo, mas, com modificações importantes nos padrões deste, objetivando minimizar os impactos ambientais de descarte e do uso exagerado dos recursos naturais (CORTEZ e ORTIGOZA, 2007, p. 13).

O termo sustentabilidade tem constituído assunto de debates acirrados no meio acadêmico, empresarial e governamental, tanto no Brasil como nas demais nações do mundo, em vista das questões socioambientais se tornarem cobradas principalmente daqueles que se utilizam dos recursos naturais e do meio social para permanecerem e se perpetuarem em mercado competitivos (LANG, 2009). Por isso entendemos que toda organização, indústria, empresas de pequeno porte, até as grandes empresas, precisam estar atentos quando o assunto é ser sustentável, além de que, a empresa que tem como responsabilidade social a preservação do meio ambiente, tem maior visibilidade da sociedade.

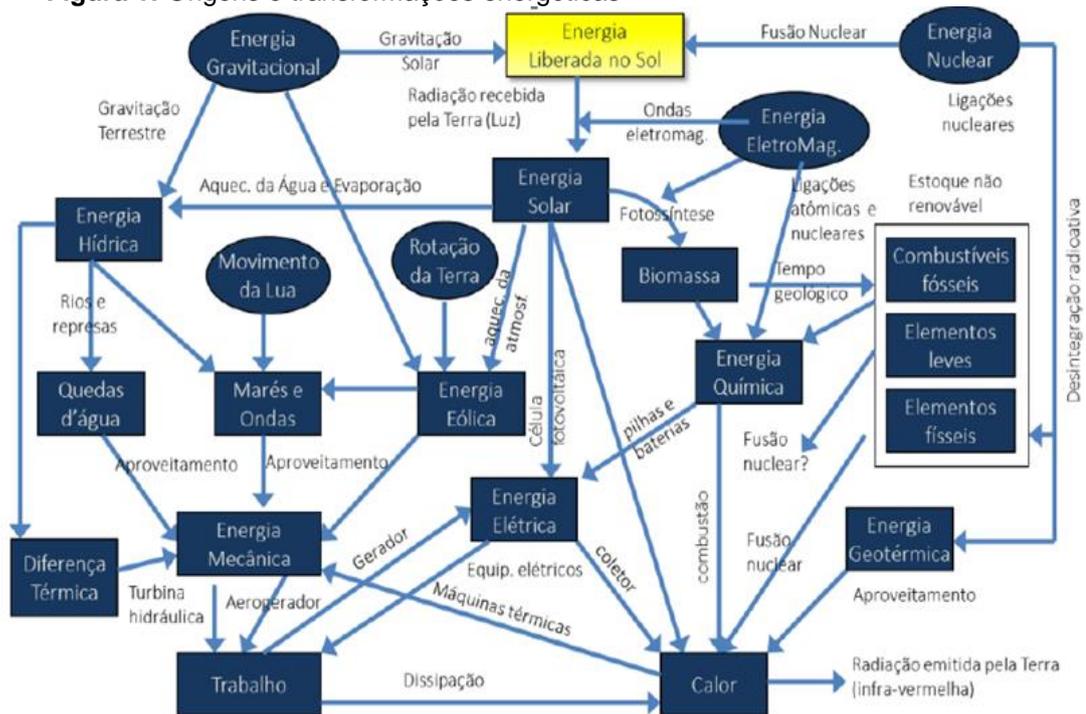
De acordo com Santos (apud Sgarbi et al, 2008), os primeiros estudos teóricos sobre a sustentabilidade iniciaram-se no campo das ciências ambientais e ecológicas, trazendo à discussão contribuições de diferentes disciplinas, tais como Economia, Sociologia, Filosofia, Política e Direito. No entanto, a questão da sustentabilidade ambiental passou a ocupar lugar de importância no debate acadêmico e político, sobretudo a partir do final dos anos 1960, porém, as duas últimas décadas testemunharam a emergência do discurso da sustentabilidade como a expressão dominante no debate que envolve as questões de meio ambiente e de desenvolvimento social em sentido amplo.

Sustentabilidade seria fruto de um movimento histórico recente que passa a questionar a sociedade industrial enquanto modo de desenvolvimento. Seria o conceito síntese desta sociedade cujo modelo se mostra esgotado. A sustentabilidade pode ser considerada um conceito importado da ecologia, mas cuja operacionalidade ainda precisa ser provada nas sociedades humanas (ROSA, 2007).

## 2.2 A ENERGIA FOTOVOLTAICA

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2016): O Sol é composto de uma mistura de gases, em cujo interior a fusão nuclear converte hidrogênio em hélio, elemento de menor massa atômica, da qual resulta a liberação de energia, dessa liberação de energia derivam várias fontes energéticas primárias existentes na Terra, como a hidráulica, eólica, biomassa e os combustíveis fósseis, ilustradas na Figura 4.

**Figura 1:** Origens e transformações energéticas



**Fonte:** Adaptado pelos autores de (LA ROVERE; ROSA; RODRIGUES, 1985).

A energia proveniente do Sol é uma forma de energia renovável e praticamente inesgotável que pode ser aproveitada pela sociedade para suprir suas necessidades energéticas. De toda energia solar que chega à Terra, aproximadamente metade atinge a superfície, totalizando cerca de 885 milhões de TWh/ano (IEA, 2014a), mais de 8.000 vezes o consumo final total de energia mundial em 2013 (IEA, 2015). Esses valores conferem à fonte solar, considerando seus múltiplos usos, o maior potencial técnico de aproveitamento frente a outras fontes renováveis (IPCC, 2012).

O aparecimento de uma diferença de potencial entre duas extremidades de um material semicondutor após a inserção de raios solares é um fato relatado por Edmond Becquerel em meados de 1839, efeito este que converte energia solar em energia elétrica usualmente conhecida como fotovoltaica. A energia solar fotovoltaica é definida como a energia gerada através da conversão direta da radiação solar em eletricidade. Isto se dá, por meio de um dispositivo conhecido como célula fotovoltaica que atua utilizando o princípio do efeito fotoelétrico ou fotovoltaico (IMHOFF, 2007).

O desenvolvimento dos sistemas fotovoltaicos teve seu início anteriormente a corrida aeroespacial em 1957, com a finalidade de garantir a energia em uma subestação por maior período de funcionamento fora da órbita terrestre (CRESESB, 2006).

Devido ao colapso de 1973, o sistema elétrico alavancou o entusiasmo por um sistema implantado no meio terrestre. Mas devido aos altos valores de produção dos painéis solares necessitaria ser viável em relação ao sistema implantado nos projetos aeroespaciais. Consequente a isso, com os avanços tecnológicos reduziu-se os custos de produção e progrediu juntamente com a melhoria da eficiência e qualidade dos produtos.

Historicamente, o aproveitamento energético do Sol não é novidade. No início do processo de civilização, a apropriação da energia pela humanidade se deu através da agricultura e da

pecuária, as quais por meio do aproveitamento controlado da fotossíntese e da cadeia alimentar processam a energia direta do Sol (SAUER; AMADO; MERCEDES, 2011).

Conforme a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2016): O Brasil está situado numa região com incidência mais vertical dos raios solares. Esta condição favorece elevados índices de irradiação em quase todo o território nacional. Adicionalmente, a proximidade à linha do equador faz com que haja pouca variação na incidência solar ao longo do ano. Dessa forma, mesmo no inverno pode haver bons níveis de irradiação. Essas condições conferem ao país algumas vantagens para o aproveitamento energético do recurso solar. No país, o aproveitamento do Sol para geração elétrica esteve historicamente ligado à geração fotovoltaica. No final do século passado o Brasil começou a desenvolver programas de eletrificação rural fazendo uso dessa tecnologia. Mas somente na década atual é que ela começou a ganhar abrangência nacional, com a regulamentação da geração distribuída conectada à rede e a realização de leilões específicos para sua contratação na forma de plantas centralizadas.

Em busca de novas tecnologias para o uso de energias renováveis, os sistemas fotovoltaicos encontram-se em crescente utilização. Com isso, tem-se explorado novos materiais e realizado pesquisas para o avanço da tecnologia fotovoltaica. (CEMIG, 2012). Segundo CRESESB (2006), as primeiras células foram produzidas com o custo de US\$600/W para o programa espacial. Com a ampliação dos mercados e várias empresas voltadas para a produção de células fotovoltaicas, o preço tem reduzido ao longo dos anos podendo ser encontrado hoje, para grandes escalas, o custo médio de US\$ 8,00/W.

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2016) fala que: No final da década de 1990, alguns países lançaram programas de estímulo à geração fotovoltaica conectada à rede, em conjunto com o pagamento de tarifas-prêmio pela energia gerada por esses sistemas. Tais medidas levaram a uma forte redução dos custos dos sistemas fotovoltaicos, viabilizando ao longo da década atual o terceiro estágio de desenvolvimento: paridade tarifária na geração distribuída. Esse estágio deve ser alcançado na maior parte do mundo até 2020 (BREYER; GERLACH, 2013).

Com sistemas em operação por mais de 35 anos (HEINEMANN et al., 2011), a geração fotovoltaica se mostra como uma tecnologia robusta para atendimento elétrico. No entanto, a falta de conhecimento tecnológico em energias renováveis, por parte de todos os agentes, inclusive consumidores, prejudica sua maior inserção (KARAKAYA; SRIWANNAWIT, 2015; NEGRO; ALKEMADE; HEKKERT, 2012). O desafio de entender e mensurar os riscos desses ativos faz com que os bancos, por exemplo, tenham dificuldades em financiar projetos de geração fotovoltaica, em especial de geração distribuída.

Portanto, a disseminação do conhecimento em energias renováveis é uma importante medida para que esses parceiros invistam nessas tecnologias (OVERHOLM, 2015).

### 2.2.1 EFEITO FOTOVOLTAICO

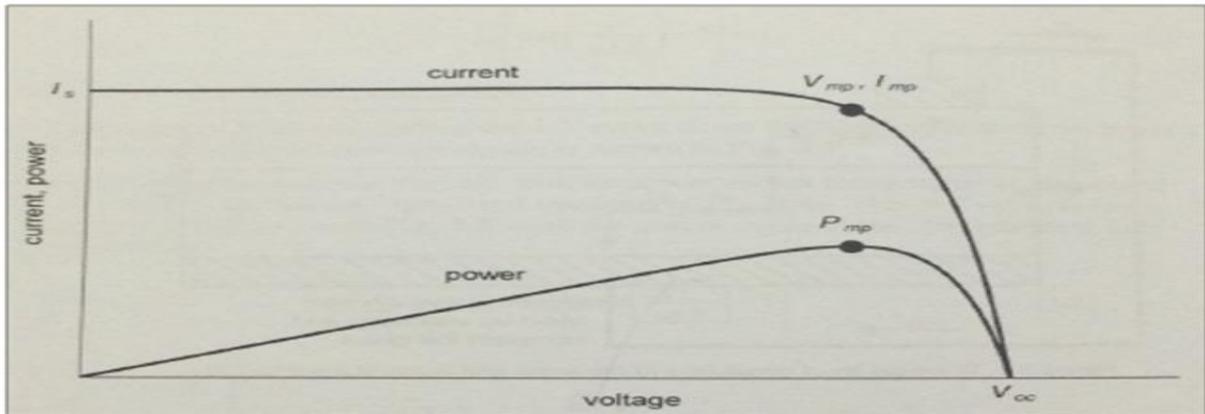
O efeito fotovoltaico acontece por meio de matérias semicondutoras, tendo como material mais utilizado o silício, que é encontrado com abundância na crosta terrestre. Os átomos deste têm uma característica que conta com quatro elétrons ligados entre si, que juntos formam uma rede cristalina (EPE, 2016). O silício (Si) é o principal material na fabricação das células fotovoltaicas (FV), e se constitui como o segundo elemento químico mais abundante na terra. O mesmo tem sido explorado sob diversas formas: cristalino, policristalino e amorfo (CEMIG, 2012).

O uso da energia fotovoltaica esteve inicialmente voltado às aplicações espaciais – em satélites, por exemplo. Posteriormente, a tecnologia passou a ser alternativa para o atendimento de locais isolados, funcionando em conjunto com baterias (sistemas *off-grid*). No século XXI, no entanto, foi quando se observou um grande salto na utilização desta tecnologia, sendo aplicada em sistemas conectados à rede (*on-grid*), tanto de forma distribuída (pequenas unidades residenciais e comerciais), como centralizada (grandes plantas geradoras). Atualmente, a tecnologia ainda é utilizada em sistemas isolados, porém, a capacidade instalada conectada à rede supera 99% do total (IEA PVPS, 2014).

Segundo Severino e Oliveira (2010), o efeito fotovoltaico é gerado através da absorção da luz solar, que ocasiona uma diferença de potencial na estrutura do material semicondutor. Acrescentando esta informação, Nascimento (2014, p.14) afirma que “Uma célula fotovoltaica não armazena energia elétrica. Apenas mantém um fluxo de elétrons num circuito elétrico enquanto houver incidência de luz sobre ela. Este fenômeno é denominado “Efeito Fotovoltaico”.

A figura a baixo apresenta uma representação típica de uma curva de corrente-tensão:

Figura 2: Curva típica do comportamento da célula

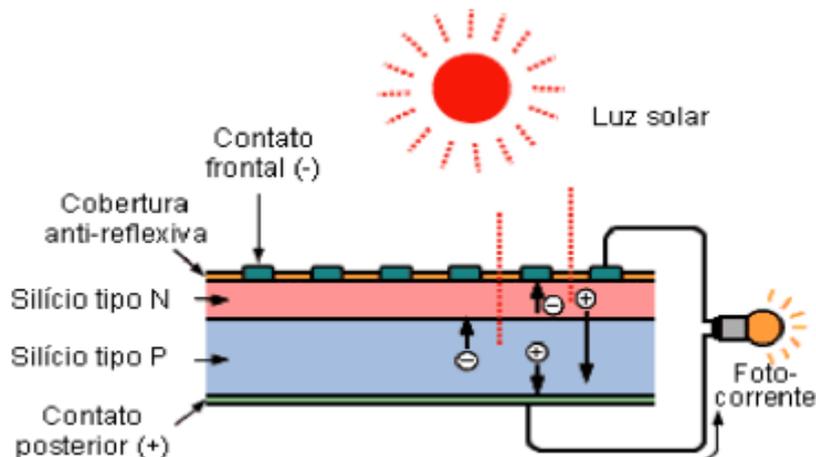


Fonte: (WENHAM ET AL, 2000).

Para fins de análise a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2016) nos diz: que a radiação solar que atinge a superfície terrestre pode ser decomposta em planos. No plano horizontal, a radiação global consiste na soma das componentes direta e difusa, enquanto que num plano inclinado, além das duas componentes citadas, é acrescida de uma parcela refletida na superfície e nos elementos do entorno. Para o aproveitamento fotovoltaico, a de maior interesse é a Irradiação Global Horizontal (HHOR), que quantifica a radiação recebida por uma superfície plana horizontal, composta pela Irradiação Difusa Horizontal (HDIF) – parcela dispersa e atenuada por reflexões em nuvens, poeira, vapor d'água e outros elementos em suspensão na atmosfera - e pela Irradiação Direta Normal (HDIR) – parcela que atinge o solo diretamente, sem reflexões. Em dias nublados, a principal parcela é a HDIF, enquanto que em dias claros prevalece a HDIR. Para a geração heliotérmica (CSP), assim como aplicações fotovoltaicas com concentração (CPV), a HDIR é a parcela de maior importância (EPE, 2016).

Sobre o funcionamento da energia fotovoltaica, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2016): Se, partindo de um silício puro, forem introduzidos átomos de boro em uma metade e de fósforo na outra, será formado o que se chama junção *pn*. O que ocorre nesta junção é que elétrons livres do lado *n* passam ao lado *p* onde se encontram os “buracos” a serem ocupados; isto faz com que haja um acúmulo de elétrons próximo à interface, no lado *p*, tornando essa região negativamente carregada, e uma redução de elétrons na região da interface do lado *n*, o que o torna essa parcela eletricamente positiva. Essas cargas aprisionadas dão origem a um campo elétrico permanente que dificulta a passagem de mais elétrons do lado *n* para o lado *p*; este processo alcança um equilíbrio quando o campo elétrico forma uma barreira capaz de barrar a movimentação dos elétrons livres remanescentes no lado *n*.

Figura 3: Efeito Fotovoltaico em uma célula.

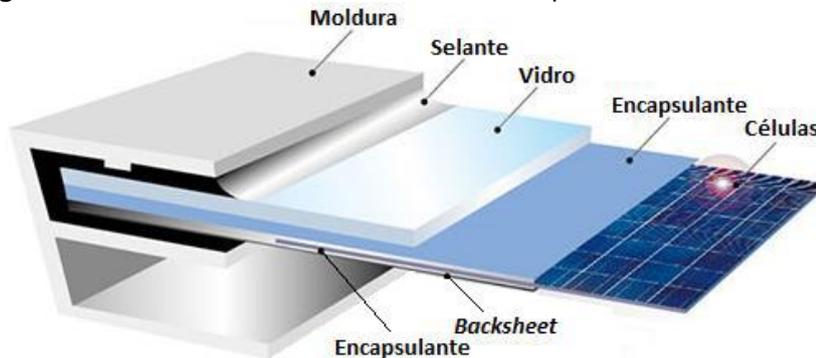


Fonte: (ADAPTADO ZILLES ET AL, 2012).

Outra explicação apresentada é referente as camadas, o elemento principal para a geração fotovoltaica é a célula fotovoltaica. Porém, o aproveitamento em escala comercial desse tipo de

energia se faz com o auxílio de outros componentes, as células são agrupadas e revestidas para formar os módulos fotovoltaicos (EPE, 2016).

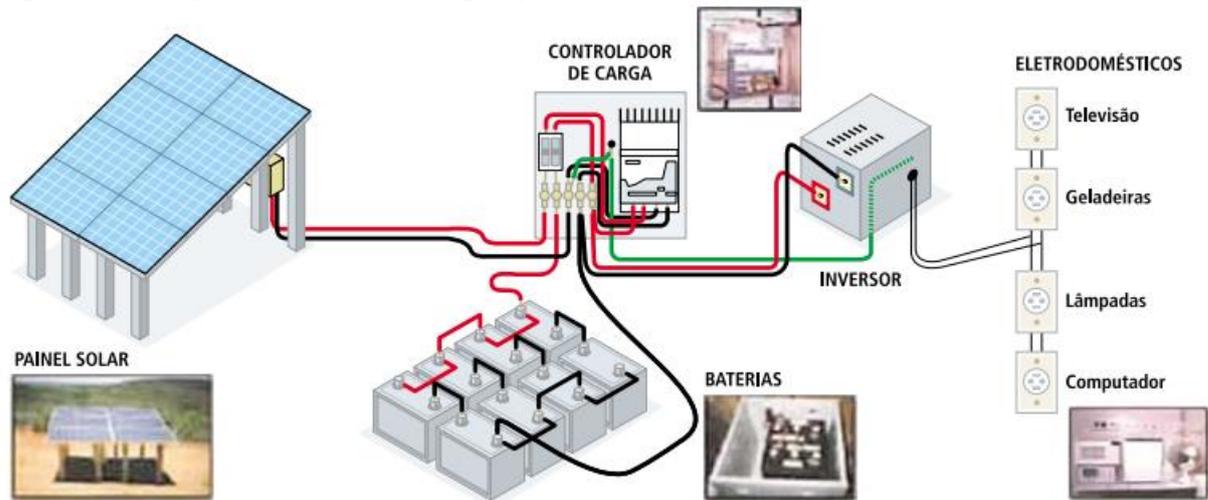
**Figura 4:** Camadas de um módulo fotovoltaico típico.



**Fonte:** ADAPTADO ([http://www.riteksolar.com.tw/eng/p2-solar\\_modules.asp](http://www.riteksolar.com.tw/eng/p2-solar_modules.asp).)

Para ficar mais compreendido, o Centro de Referência para a Energia Solar e Eólica, nos ilustra um sistema completo de geração fotovoltaica de energia elétrica (Figura 5).

**Figura 5:** Ilustração de um sistema de geração fotovoltaica de energia elétrica.



**Fonte:** CENTRO DE REFERÊNCIA PARA A ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO, DISPONÍVEL EM: [WWW.CRESESB.CEPEL.BR/CRESESB.HTM](http://WWW.CRESESB.CEPEL.BR/CRESESB.HTM) (ADAPTADO).

### 2.3 PORQUE INVESTIR NA ENERGIA FOTOVOLTAICA?

Neste capítulo serão apresentados aspectos positivos da Energia Fotovoltaica nas organizações, que afetam diretamente e indiretamente a sociedade e o desenvolvimento da empresa.

Segundo Tiekio Naruto (2017): Um exemplo marcante dos benefícios é o desenvolvimento do conceito de rede inteligente ou também denominada smart-grid. Esse conceito trata de uma nova topologia de rede que almeja monitorar e controlar remotamente os inúmeros parâmetros existentes no sistema com o único propósito de torná-lo mais resiliente, mensurável e seguro para seus operadores e consumidores.

Conforme CP FEUP (2014): as vantagens da energia fotovoltaica são; renovável; abundante; não polui o ambiente, isto é, não emite gases poluentes para a atmosfera; manutenção mínima; útil em locais com difícil acesso.

Sobre a preocupação com o meio ambiente, R. A., OLIVEIRA, M. D., & Camargo, I. D. T. (2006), diz que: A utilização de recursos fósseis para geração de energia é reconhecidamente danosa ao meio ambiente. A elevada emissão de gases para a atmosfera tem como consequência o aquecimento global. A forma de energia que substituirá o combustível fóssil tem que ter a preocupação com a sustentabilidade e, evidentemente, diminuir a atual degradação ambiental. O desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer as necessidades das gerações futuras. Sob este ângulo, a utilização de fontes de energia renováveis merece atenção especial.

O Brasil possui um excelente recurso solar entre 1.550 e 2.350 kWh m<sup>-2</sup>. Os valores máximos de radiação solar no país (Fig. 5) são observados em regiões do estado da Bahia (5,9 kWh m<sup>-2</sup> ano-

26 e 27 de outubro de 2017

1). Há, durante todo o ano, condições climáticas que conferem um regime estável de baixa nebulosidade e alta incidência de radiação solar para essa região semiárida (PEREIRA et al., 2006).

**Figura 6:** Radiação global das regiões brasileiras.



**Fonte:** PEREIRA (et al; 2006)

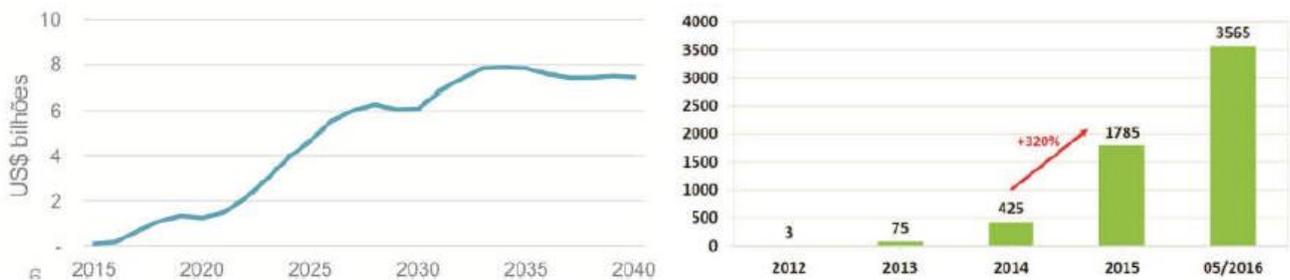
Em particular, a região Centro-Oeste do país ocupa a segunda melhor região do país (Fig. 6) quando se considera índice de radiação média global (5,7 kWh m<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup>), e divide o posto de melhor região quando se trata de radiação média global sob o plano inclinado.

Desta forma, investimentos em sistemas alternativos para geração de energia elétrica (matriz solar) mostra-se interessantes do ponto de disponibilidade deste recurso natural no Brasil (PEREIRA 2006).

Conforme BNEF (2016) citado por CELA (2016) e Barbosa (2016), entre 2020 e 2040, espera-se que 96 gigas watts de pequenos sistemas solares serão implantados no país. Isso representa 9,5 milhões de residências. Atualmente, existem pouco mais de 2 mil instalações solares no país. Imagina-se que certos entraves que ainda existem irão ser resolvidos, como os custos de financiamento, ainda altos, e questões de regulação.

CELA (2016) indica que a capacidade instalada de energia solar brasileira crescerá 4.059 vezes até 2040. O mercado fotovoltaico brasileiro está em ascensão. No entanto, o país está mais de 10 anos atrasado frente a outros mercados internacionais. A Fig. 6 mostra alguns elementos sobre o crescimento do mercado fotovoltaico brasileiro.

**Figura 7:** Crescimento do mercado fotovoltaico no Brasil; a) investimento anual e b) número acumulado e previsão de crescimento de sistemas conectados.



**Fonte:** ANEEL (2016) citado por ABSOLAR (2016).

Estudos reportam que até o ano de 2050 que 50% da geração de energia elétrica mundial virá de fontes de energias renováveis. A energia solar fotovoltaica irá corresponder a 25% desta demanda (CGEE, 2009).

### 2.3.1 RELAÇÃO DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS E ECONOMIA

Segundo Marinowski (2004) a tecnologia fotovoltaica é um caminho ideal para a geração de energia, através de uma fonte inesgotável e não poluente, oferecendo economia nas contas de energia através da produção de energia limpa, sustentável e amigável ao meio ambiente, o sistema

# III Congresso Internacional de Gestão Estratégica e Controladoria de Organizações – III CIGECO

26 e 27 de outubro de 2017

fotovoltaico está cada vez mais sendo utilizado por países desenvolvidos, não somente para uso residencial, mas também em edificações comerciais e industriais.

Conforme Bronzatti & Neto, 2008 o Brasil se encontra em um período de mudanças no desenvolvimento econômico estruturando a econômica do país e a produção de energia, investindo mais nas fontes de energias renováveis, minimizando os impactos ambientais e fortalecendo o desenvolvimento sustentável. De acordo Braga (2005) as fontes renováveis provem direto ou indiretamente da energia solar, ou seja, há usos dessas fontes como a geração de energia elétrica por meios de células solares, sendo o sol o fornecer dessa energia, durante o dia que conduz a um grande aumento da oferta energética.

Para a geração de eletricidade em escala comercial, o principal obstáculo tem sido o custo das células solares. Segundo B (2000), atualmente os custos de capital variam entre 5 e 15 vezes os custos unitários de uma usina a gás natural que opera com ciclo combinado. Contudo, nos últimos anos tem-se observado redução nos custos de capital. Os valores estão situados na faixa de US\$ 200 a US\$ 300 por megawatt-hora e entre US\$ 3 e US\$ 7 mil por quilowatt instalado (Figura 8).

**Figura 8:** Eficiência de conversão e custo de células solares.

Tipo de célula	Eficiência (%)			Custo (US\$/Wp)
	Teórica	Laboratório	Comercial	
Silício de cristal simples	30,0	24,7	12 a 14	4 a 7
Silício concentrado	27,0	28,2	13 a 15	5 a 8
Silício policristalino	25,0	19,8	11 a 13	4 a 7
Silício amorfo 17,0	13,0	4 a 7	3 a 5	-

**Fonte:** GREEN, M. A. (et al. Solar cell efficiency tables).

O Painel fotovoltaico conectado à rede é uma forma ambientalmente correta de produzir eletricidade e uma forma inteligente de investimento, o valor investido na aquisição de um sistema grid-tied se converte em uma economia imediata na conta de energia elétrica. Cada unidade de energia que é produzida pelo sistema fotovoltaico se traduz em uma economia do mesmo montante que a CELG cobraria para fornecer ao consumidor (ANELL, 2012).

A energia fotovoltaica já é uma realidade de muitos países com o incentivo de políticas públicas a exemplo da Alemanha que já possui cerca de 35% da produção anual de energia fotovoltaica contando com uma forte política de tarifas fixas e incentivos para estimular a instalação de equipamentos em residências particulares e empresas (Instituto ECOD). A energia anual gerada por painéis fotovoltaicos ligados à rede elétrica vem aumentando sua disponibilidade e consolidando-se como uma forma eficiente e sustentável de obtenção de energia elétrica (LISITA, 2005).

A vida útil do painel solar fotovoltaico é de 25 anos até 30 anos, onde o custo na instalação é mínimo, quase não precisa de manutenção, com um retorno rápido, significativo e positivo, relacionando os parâmetros custo e benefício, porque se tem uma economia imediata na conta de energia, o imóvel (casa) fica mais valorizado e é um sistema sustentável que não agride a natureza (ANEEL. Resolução N° 482, 2012).

A energia solar, não necessita ser extraída e nem transportada para o local da geração, próximo à carga, evitando os custos com a transmissão em alta tensão por utilizar células solares, responsáveis pela geração de energia, e um inversor para transformar a tensão e frequência, sem emissão de gases poluentes ou ruídos e com necessidade mínima de manutenção (SHAYANI et al, 2006).

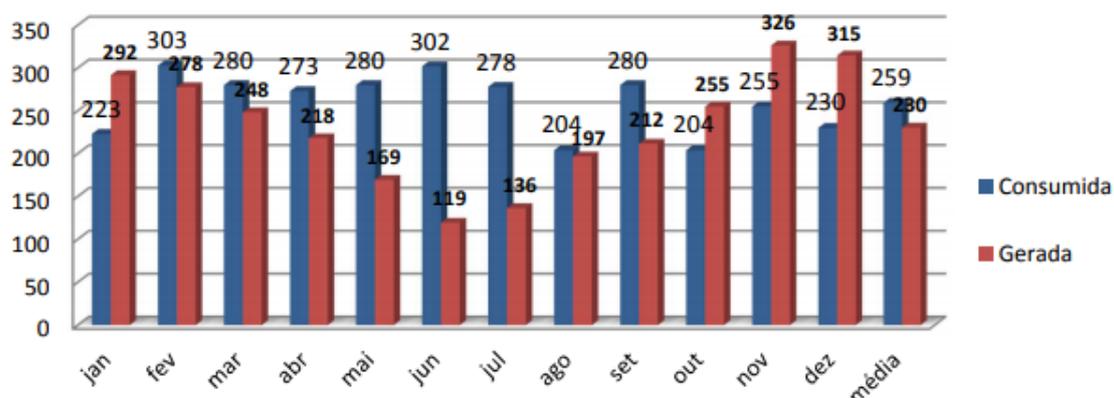
Segundo ANEEL (2012) o sistema de compensação de energia, deverá ser cobrado, no mínimo, o valor referente ao custo de disponibilidade para o consumidor do grupo B pequenos geradores de energia elétrica, podendo aproveitar a opção por instalar um sistema fotovoltaico em um endereço e economizar na fatura de energia de outro endereço, desde que ambas as propriedades sejam do mesmo proprietário. Os eventuais créditos de energia gerada pelo sistema solar fotovoltaico após compensação no relógio instalado para receber e armazenar a energia gerada terão 36 meses após a data do faturamento para serem utilizadas ou consumidas, caso isso não ocorra, os créditos serão revertidos em prol da modicidade tarifária sem que o consumidor faça jus a qualquer forma de compensação após esse prazo (ANEEL, 2012).

A geração de energia solar fotovoltaica conectada à rede apresenta uma considerável redução de custos, devido ao grande aumento de produção resultante dos efeitos de programas de incentivo promovidos por vários países desenvolvidos, essa expectativa de energia elétrica gerada por sistemas fotovoltaicos terá custo competitivo com outras formas tradicionais de geração e a escolha da tecnologia fotovoltaica mais adequada (VIANA, 2010). O investimento no painel de energia solar fotovoltaica é um investimento seguro, regulamentado pela própria ANEEL. Os equipamentos têm vida útil longa e quase não precisam de manutenção. O Brasil é um dos países

com maior radiação solar, sempre que houver sol, o sistema produzirá energia elétrica (ANEEL, 2012).

Segundo FAEDO, (2014): Uma economia de energia de R\$ 1.160,83 que corresponde a 88% do total consumido de R\$ 1.301,50 pagos a concessionária local ao longo do período de coleta de dados do estudo de caso, foi possível analisar a viabilidade do sistema comparando com o valor de aquisição que totalizou em R\$ 13.120,00. Os módulos garantem 100% de geração máxima por 10 anos, decaindo para cerca de 80% após 25 anos de utilização, analisando uma condição ótima de exportação de energia para a concessionária, a compensação dos créditos ao longo do período e o valor economizado obteve-se um tempo de retorno do investimento de 11 anos e 3 meses. Ainda, FAEDO, (2014), nos diz que: Os custos do sistema foram de R\$ 5.200,00 para compra dos 6 módulos fotovoltaicos de 250W de potência, R\$ 3.120,00 para compra do inversor de 1,5kW de potência e custos com projeto e instalação somaram R\$ 4.800,00, totalizando R\$13.120,00 para aquisição do sistema.

**Figura 9:** Energia Consumida x Gerada



**Fonte:** FAEDO 2014 (Viabilidade de um sistema de energia fotovoltaica residencial ligado à rede)

Ainda sobre o estudo de caso de FAEDO (2014), como mostra a figura 9, o consumo de energia que somaram 3.098,80 kWh ao longo do período de estudos com média de 259 kWh/mês pela energia a ser gerada pelo sistema proposto. O gasto com energia no período totalizou R\$ 1.301,50. Verificou-se nos meses de verão uma geração maior do que a que foi consumida, esta energia fica como crédito ao consumidor podendo ser utilizada em até 36 meses após a fatura da geração de acordo com a resolução nº 482 da ANEEL, porém verifica-se um consumo maior do que a geração nos meses de inverno quando esta energia em forma de crédito é compensada.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 TIPO DE PESQUISA

O desenvolvimento deste artigo fundamenta-se na revisão bibliográfica. Por meio da abordagem qualitativa das referências pesquisadas, e quantitativas por meio de gráficos, procurou-se desencadear embasamentos, relações e interpretações acerca do tema abordado. Argumenta-se que pesquisa qualitativa e seus métodos de coleta e análise de dados são apropriados para uma fase exploratória da pesquisa. A pesquisa qualitativa também é apropriada para a avaliação formativa, quando se trata de melhorar a efetividade de um programa, ou plano, e também quando se trata de relatar uma evolução histórica de determinado tema e construir considerações críticas sobre o seu aspecto evolutivo (ROESCH, 2015). A pesquisa bibliográfica foi realizada em livros, monografias, revistas científicas, e sites especializados com a temática em destaque. Com os dados e informações obtidas realizou-se as considerações críticas, buscando produzir sua adequada interpretação e desdobramentos relacionados a evolução e contribuições do tema estudado.

### 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

#### 4.1 DADOS DA PESQUISA

Devido pesquisa bibliográfica exposta no presente artigo, validamos a proposta inicialmente apresentada. Conforme os gráficos exibidos na figura 7, 8, 9 e seus conceitos, concluímos também que a geração de energia elétrica através das placas fotovoltaicas possui um mercado muito amplo, mas ainda assim, está em pleno desenvolvimento. Acreditamos que em um futuro próximo haverá mais investimentos por parte das empresas na geração de energia elétrica. Porém, o nosso estudo mostrou respostas de que apesar das grandes dificuldades a energia fotovoltaica gera economia e desenvolvimento sustentável para as organizações.

O Brasil conta com seu clima tropical, a maior parte do ano em algumas regiões, e isso é bastante favorável, os resultados mostram que nos meses de verão há uma geração maior do que a consumida de energia, ficando em crédito para o consumidor. Outro fator que levamos em consideração foi a vida útil de um painel fotovoltaico, foi possível analisar que os módulos garantem 100% da geração máxima por 10 anos, decaindo para 80% após 25 anos, desse modo, faz valer o investimento que possui viabilidade comparando com o valor da aquisição. Durante a elaboração do trabalho, vimos que não são só resultados positivos que a fotovoltaica mostra, mas apesar disso, continua sendo uma fonte de energia que contribui para o planeta. A problemática exposta inicialmente foi apresentada de várias maneiras durante o presente artigo, concluímos nosso trabalho com a solução que buscávamos para as empresas, futuramente em outro artigo iremos mostrar os rumos que a Energia fotovoltaica alcançou no Brasil, e se os resultados obtidos continuaram sendo alcançados durante os anos seguintes.

### 5 CONCLUSÕES

Através do presente artigo, percebemos a importância do sucessivo investimento de células fotovoltaicas, a produção de energia elétrica por meio de fontes renováveis é hoje no país uma promissora tecnologia, que além de limpa é uma opção consciente para o desenvolvimento sustentável. O Brasil, em especial, oferece condições climáticas exemplares para a utilização da energia fotovoltaica.

Para que a expansão fotovoltaica seja crescente, é fundamental que haja investimentos nas empresas e nas indústrias do setor solar, estudos e planejamentos devem ser feitos para que a fonte de energia solar se tornar mais viável, com um menor custo de produção e venda para o consumidor final. Na realização desse estudo, reconhecemos o tema abordado da atualidade como sendo da maior importância para a sociedade e para o país que vivemos. Dada a proposta, esperamos que a energia fotovoltaica cresça continuamente, gerando economia para as empresas que optam por esse tipo de energia, em um futuro não muito distante, sua instalação será mais flexível e se tornará mais prática a implantação das plantas solares. Em alguns anos com tecnologias mais avançadas, o rendimento da energia proveniente do sol será maior, à medida que o Brasil se torna mais sustentavelmente desenvolvido.

O artigo apresentou uma opção sustentável de investimento e geração de economia dentro das empresas, mostremos uma breve abordagem referente à o seu custo, e seu rendimento, dessa forma, identificamos a necessidade do seu uso e seus benefícios. É importante salientar que ser sustentável é dever do homem, preservar os recursos é fundamental para as gerações futuras, é ofício de todo cidadão proteger o meio ambiente em que vive e contribuir assim, para o desenvolvimento.

### REFERÊNCIAS

ABSOLAR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. *Políticas Estaduais e Municipais para a Energia Solar Fotovoltaica. Apresentação de Rodrigo Lopes Savaia (presidente executivo)*. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, p. 15

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Resolução N° 482, de 17 de abril de 2012. Biblioteca virtual. Acesso em: 13 de outubro de 2015.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. 2016. *Dados Geração Distribuída no Brasil*. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/scg/rcgMicro.asp> Julho de 2016> acessado em Janeiro/2016 e Janeiro/2017.

BARBOSA, V. 2016. *Solar e eólica vão 'eclipsar' hidrelétricas no Brasil*. Revista Exame.com, disponível em <<http://exame.abril.com.br/economia/solar-e-eolica-va-eclipsar-hidreletricas-no-brasil>> acessado em Setembro/2016.

BNEF. 2016. - Frankfurt School-UNEP Centre/ *Global Trends in Renewable Energy Investment 2016*, disponível em <<http://www.fs-unep-centre.org> (Frankfurt am Main)>.

BRAGA, Benedito. et al. *Introdução à engenharia ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável*. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRONZATTI, Fabricio Luiz; NETO, Alfredo Iarozinski. XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 2008, Rio de Janeiro. *Matrizes energéticas no Brasil: Cenário 2010-2030*.

CELA - CLEAN ENERGY LATIN AMERICA. 2016. Congresso de GD: *Modelos de Negócios*. Apresentação de Camila Ramos (diretora). São Paulo, Brasil, p. 14 Disponível em: <[http://www.zonaeletrica.com.br/bsp/apresentacoes/plenaria2/Modelos\\_de\\_Negocio\\_GD\\_CELA.pdf](http://www.zonaeletrica.com.br/bsp/apresentacoes/plenaria2/Modelos_de_Negocio_GD_CELA.pdf) > acessado em Outubro/2016.

CEMIG - COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. *Alternativas Energéticas: uma visão Cemig*. Belo Horizonte: CEMIG, 2012.

# III Congresso Internacional de Gestão Estratégica e Controladoria de Organizações – III CIGECO

26 e 27 de outubro de 2017

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA A ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO - CRESESB. 2000. Disponível em: <[www.cresesb.cepel.br/cresesb.htm](http://www.cresesb.cepel.br/cresesb.htm) (adaptado)>.

CEPEL – CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA. As energias solar e eólica no Brasil. 2013. Disponível em: <<http://cresesb.cepel.br/download/casasolar/casasolar2013.pdf>>. Acesso em: 03 de out. 2015.

CEPEL – CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA; CRESESB – CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro, RJ: Especial 2014.

CGEE. Energia Solar Fotovoltaica no Brasil. Propostas para Ação. Brasília, DF. Jun/2009. 20p.

Ch. Breyer, A. Gerlach, J. Mueller, H. Behacker, A. Milner, Grid-Parity Analysis for EU and US regions and market segments – Dynamics of GridParity and Dependence on Solar Irradiance, local Electricity Prices and PV Progress Ratio, Proceedings 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Hamburg, 2009, September 21 – 25, DOI:10.4229/24thEUPVSEC2009-6DV.2.34

CORTEZ, A. T. C.; ORTIGOZA, S. A. G. (Orgs). *Consumo Sustentável: conflitos entre necessidade e desperdício*. São Paulo: Unesp, 2007.

CP FEUP, M Firmino, A Sousa, C Pinto, J Catarino, 2014 - Energia Solar

CRESESB - Centro De Referência Para Energia Solar E Eólica Sérgio De Salvo Brito; *Energia Solar: Princípios e Aplicações. Tutorial Solar*, 2006.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA(EPE). *Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica / Mauricio Tiomno Tolmasquim (coord.)* – EPE: p. 310, Rio de Janeiro, 2016.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). *Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica / Mauricio Tiomno Tolmasquim (coord.)* – EPE: p. 321, Rio de Janeiro, 2016.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA(EPE). *Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica / Mauricio Tiomno Tolmasquim (coord.)* – EPE: p. 311; 312, Rio de Janeiro, 2016.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA(EPE). *Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica / Mauricio Tiomno Tolmasquim (coord.)*. – EPE: Rio de Janeiro, pág. 322, 2016.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA(EPE). *Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica; Mauricio Tiomno Tolmasquim (coord.)*. – EPE: Rio de Janeiro, 2016.

FAEDO. Alessandro. "Viabilidade de um sistema de energia fotovoltaica residencial ligado a rede" 2014.

GREEN, M. A. et al. Solar cell efficiency tables: version 16. Progress in Photovoltaics: Research and Applications, Sydney, v. 8, p. 377-384, 2000

HEINEMANN, D. et al. 30 Years at the Service of Renewable Energies. Einblicke, n. 54, p. 39, 2011. Disponível em: <[http://www.zonaeletrica.com.br/bsp/apresentacoes/plenaria1/20160630\\_ABSOLAR\\_Politicas\\_Estadaais\\_e\\_Municipais\\_para\\_Energia\\_Solar\\_Fotovoltaica-Dr-Rodrigo\\_Lopes\\_Sauaia.pdf](http://www.zonaeletrica.com.br/bsp/apresentacoes/plenaria1/20160630_ABSOLAR_Politicas_Estadaais_e_Municipais_para_Energia_Solar_Fotovoltaica-Dr-Rodrigo_Lopes_Sauaia.pdf) > acessado em Dezembro/2016.

IEA PVPS. Trends 2014 in PV Applications - Report IEA-PVPS T1-25:2014, 2014.

IEA PVPS. Trends 2015 in Photovoltaics Applications - Report IEA-PVPS T1-27:2015, 2015. Disponível em: [http://www.iea-pvps.org/Trends\\_2015\\_-\\_-](http://www.iea-pvps.org/Trends_2015_-_-)

IEA. The Power of Transformation - Wind, Sun and the Economics of Flexible Power Systems, 2014d.

IEEE - INSTITUTO DE ENGENHEIROS ELETRICISTAS E ELETRÔNICOS. *Energia solar fotovoltaica de terceira geração*. 2014. Disponível em: <<http://www.ieee.org.br/wpcontent/uploads/2014/05/energia-solar-fotovoltaica-terceira-geracao.pdf>>. Acesso em: 17 agost. 2017.

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. 146 f.

INSTITUTO ECOD. Panorama da Sustentabilidade Energética Mundial. Mar/2013. Disponível em: <[http://www.ecodesenvolvimento.org/listagem\\_arquivo?mes=11&ano=2013](http://www.ecodesenvolvimento.org/listagem_arquivo?mes=11&ano=2013)>. Acesso em 23 de junho de 2014.

IPCC. Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Nova Iorque, NY, EUA: Cambridge University Press, 2012.

KARAKAYA, E.; SRIWANNAWIT, P. Barriers to the adoption of photovoltaic systems: The state of the art. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 49, p. 60–66, set. 2015.

LA ROVERE, E.; ROSA, L. P.; RODRIGUES, A. P. *Economia e tecnologia da energia*. Rio de Janeiro, RJ: Editora Marco Zero, 1985.

# III Congresso Internacional de Gestão Estratégica e Controladoria de Organizações – III CIGECO

26 e 27 de outubro de 2017

LANG, J. *Gestão ambiental: estudo das táticas de legitimação utilizadas nos relatórios da administração das empresas listadas no ISE. Dissertação de mestrado.* Universidade Regional de Blumenau, 2009.

LISITA, O. *Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede: Estudo de caso – 3 kWp instalados no estacionamento do IEE-SP. São Paulo: USP, 2005. 87 p. Tese (Mestrado) – Instituto de Física, Programa de Mestrado em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://almashriq.hiof.no/lebanon/600/610/614/solarwater/idrc/01-09.html>>. Acesso em: 11 de maio de 2014.*

LUSTOSA, M. C.; MAY, P.; DA VINHA, V. *Economia do Meio Ambiente. 2. ed.* Rio de Janeiro: Campus, 2010.

LUSTOSA, M. C.; MAY, P.; DA VINHA, V. *Economia do Meio Ambiente. 2. ed.* Rio de Janeiro: Campus, 2010.

MARINOSKI, Luiz. et al. *I Conferência latino-americana de construção sustentável x encontro nacional de tecnologia do ambiente construído. 1, 2004, São Paulo. Pré- 10 dimensionamentos de sistema solar fotovoltaico: estudo de caso do edifício sede do CREA-SC... Santa Catarina: ISBN 85-89478-08-4. 2004.*

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 60p.

Naruto, Denise Tieko - *Vantagens e Desvantagens da Geração Distribuída e Estudo de Caso de um Sistema Solar Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica/Denise Tieko Naruto – Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2017.*

NASCIMENTO, C. *Princípio de Funcionamento da Célula Fotovoltaica. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2004. 23 f.*

Overholm, H. (2015), “Alliance formation by intermediary ventures in the solar service industry: implications for product–service systems research”, *Journal of Cleaner Production*, In press. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.061>

Pereira, E. B; Martins, F. R.; Abreu, S. L.; Rütther, R. 2006. *Atlas brasileiro de energia solar.* Instituto.

REN21. Renewables. *Global Status Report, 2015.*

ROSA, Altair. *Rede de governança ambiental na cidade de Curitiba e o papel das tecnologias de informação e comunicação. Dissertação de mestrado. Gestão Urbana. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2007*

SAUER, I. L.; AMADO, N.; MERCEDES, S. S. *Energia, Recursos Minerais e Desenvolvimento. Caderno de Teses. Anais... In: 9o CONSENTE: ENERGIA E MEIO AMBIENTE. 2011*

SEVERINO, M.& OLIVEIRA, M. *Fontes e Tecnologias de Geração Distribuída para Atendimento a Comunidades Isoladas. Energia, Economia, Rotas Tecnológicas: textos selecionados, Palmas, ano 1, p. 265-322, 2010.*

SGARBI, V.S et al. *Os Jargões da Sustentabilidade: uma Discussão a partir da Produção Científica Nacional, engema 2008.*

SHAYANI, Rafael Amaral. et al. *Comparação do Custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais. V Congresso Brasileiro do Planejamento Energético. Brasília, 2006.*

SOUZA, B. A RONILDA; Monografia, ENERGIA SOLAR: *Vantagens do investimento dessa fonte de energia alternativa na região do Nordeste*, p. 10; 2005.

VIANA, Trajano de Souza et al. *POTENCIAL DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA COM CONCENTRAÇÃO NO BRASIL. III Congresso Brasileiro de Energia Solar - Belém, 2011*

WENHAM, S. R. et al. *Applied photovoltaics. 2 ed.* Australia: Centre for Photovoltaic Engineering of UNSW, 2009.

ZILLES, R. et al. *Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2012.*