

Eixo Temático ET-06-015 - Energia

## **AValiação DA VIABILIDADE ECONôMICA NA INSTALAÇÃO DE PAINÉIS SOLARES EM RESIDÊNCIAS NA CIDADE DE JOÃO PESSOA COMO FORMA DE AMORTECIMENTO NAS TARIFAS DA ENERGIA ELÉTRICA**

Valdécio Santiago Silva<sup>1</sup>, Marcos Alexandre Cavalcante de Araújo<sup>2</sup>,  
Elaine Costa Almeida Barbosa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Faculdade Internacional da Paraíba. João Pessoa, PB, Brasil. E-mail: valdeciosantiago@gmail.com.

<sup>2</sup>Professor. Faculdade Internacional da Paraíba. João Pessoa, PB, Brasil. E-mail: marcosalexandre.ca@gmail.com

<sup>3</sup>Professora. Faculdade Internacional da Paraíba. João Pessoa, PB, Brasil. E-mail: elaineaumeida@gmail.com.

### **RESUMO**

O uso da energia elétrica tem acompanhado a evolução da humanidade no transcorrer dos anos. Atualmente se trata de um bem que requer a sua produção em quantidade cada vez maior, pois precisa atender a demanda populacional do planeta que cresce desordenadamente e acaba não comportando a sua capacidade de uso, pois os recursos naturais, tem apresentado diariamente limites de tolerância, esgotamento e escassez de suas fontes de abastecimento. Devido a isso, cresce a busca por fontes alternativas de energias renováveis crescem em larga escala de estudos e de experiências. Isso ocorre na tentativa de suprir as demandas sem trazer danos ao ecossistema nem trazer prejuízos a essa e as próximas gerações. A conversão da energia elétrica em energia solar para uso em residências vem sendo algo crescente, principalmente devido aos constantes aumentos nas tarifas de energias, ao barateamento nos equipamentos de instalação e a possibilidade de financiamento para implantação desse novo sistema. Portanto, foram feitas comparações entre os simuladores disponíveis na internet e o simulador criado a partir da planilha Excel, buscando instigar o esclarecimento sobre a viabilidade na instalação dos painéis fotovoltaicos.

**Palavras-chave:** Energias renováveis, Incisão solar, Financiamento.

### **INTRODUÇÃO**

No início do segundo milênio, algumas fontes energéticas como o uso do vento, da água e da lenha impulsionavam a produção de calor e da força motriz. Posteriormente, em especial nos países industrializados, essas fontes foram substituídas pelo uso do carvão, do petróleo, do gás e da energia nuclear. Porém, foi a partir da década de 70 com o surgimento das crises com o fornecimento do petróleo que passaram a aumentar as preocupações em descobrir formas diversificadas, economicamente eficientes e que apresentassem maior segurança no fornecimento dos combustíveis para que pudessem suprir a escassez que ameaçava frear o desenvolvimento tecnológico e que fossem menos agressivos ao meio ambiente. Esses fatores revigoraram o interesse pelas fontes renováveis (CASTRO, 2012).

Estudo, realizado pelo Departamento de Energia Lawrence Berkeley National Laboratory na Califórnia, examinou os dados de vendas para quase 23 mil casas em oito estados de 2002 a 2013 mostram que os compradores estão dispostos a pagar mais por casas com painéis solares no telhado. Uma descoberta que pode fortalecer o olhar nos novos consumidores em avaliar o valor das características sustentáveis nas avaliações domiciliares, pois mais proprietários instalaram esses sistemas à medida que o custo da tecnologia solar caiu ao longo da última década.

A partir de meados de 2014, mais de meio milhão de casas tinham sistemas solares, de acordo com o relatório (New York Times, 2015). A busca por aprimoramento e expansão das

novas formas de geração da energia elétrica tem instigado pesquisadores de todo o planeta, através de congressos, conferências e acordos internacionais que requerem a visão de um planeta saudável. Algo que vem colocando essa necessidade como prioritária devido à conscientização de que a geração de energia é uma das principais engrenagens, cuja função vem movendo grande parte dos setores do mundo globalizado. A escassez e limitações na geração de energia é algo que tem despertando na humanidade um olhar mais sensível quanto as formas de aproveitamento dos recursos energéticos, pois o planeta apresenta sinais de esgotamento e isso requer novas opções como a de utilização de recursos renováveis e inesgotáveis, o uso do que seria a energia “limpa”, pois apresentam reduzido impacto ambiental (Declaração final da conferência das nações unidas sobre desenvolvimento sustentável, 2012).

O Brasil é um local com excelente potencial de utilização desse recurso, pois se trata de um país de dimensões continentais, possui uma excelente capacidade de insolação, algo em torno de 15 trilhões de MWh, possui um território extremamente ensolarado que em sua somatória calcula-se mais de 2200 horas de insolação ao ano, algo que propicia significativa vantagem quando comparado aos demais países do planeta (RODRIGUES; MATAJS, 2004).

Apesar de dispor de um significativo potencial energético, no que se refere a ampliação de seu potencial hidrelétrico, o Brasil vem esbarrando em algumas dificuldades dentre elas, os impactos socioambientais, áreas de ocupação quilombolas e indígenas além de requerer alto financiamento para construção dessas usinas, incluindo destruição de reservas florestais, cidades centenárias e habitat de espécies raras. Devido a questões como essas, surgem as oportunidades do uso de alternativas ligadas a bioeletricidade, energia gerada a partir da biomassa, vem sendo apresentadas como um excelente recurso para complementação e substituição das usinas hidrelétricas, por se tratar de algo renovável e em alguns casos, inesgotável. Dentre as opções tidas como renováveis, a utilização das placas fotovoltaicas como alternativa econômica, está conquistando espaço, econômico e comercial no mercado nacional (TOLMASQUIM, 2016).

A palavra “fotovoltaico” tem sua origem do grego photos, que significa luz, e de Volta, nome do físico italiano, Alessandro Giuseppe Antônio Anastácio Volta, que em 1800, anunciou a descoberta da pilha elétrica. O descobrimento do fenômeno de conversão fotovoltaica remete ao ano de 1839 por Alexandre Edmond Becquerel um físico francês que observou o aparecimento da diferença de potenciais nos terminais de células eletroquímicas cuja causa gera a absorção de luz que pode ser convertida em eletricidade através de células fotovoltaicas que são confeccionadas com material semicondutor. A corrente que é produzida passa a ser coletada e processada em inversores eletrônicos que posteriormente é transferido para amortecer a conta de energia dos consumidores ou até mesmo torna-los totalmente independente das tarifas cobradas pelas operadoras que são responsáveis pelo fornecimento de energia. E esses procedimentos podem gerar nas residências, a liberdade aos aumentos de preços, além de proporcionar um abastecimento de energia limpa, renovável e gratuita, por um período mínimo de vinte anos pois esse é o tempo mínimo de durabilidade dos sistemas fotovoltaicos, além disso é possível fazer uso da sua produção excedente da energia captada para repor a rede elétrica tornando-se um distribuidor de energia (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

As células fotovoltaicas possuem em sua estrutura um material semicondutor, o silício, além da adição de substâncias, ditas dopantes, de modo a criar um meio adequado ao estabelecimento do efeito fotovoltaico, que seria o mais adequado a conversão direta da potência associada à radiação solar em potência elétrica. A célula é o menor elemento do sistema fotovoltaico, produzindo tipicamente potências elétricas da ordem de 1,5 W (correspondentes a uma tensão de 0,5 V e uma corrente de 3 A). Para obter potências maiores, as células são ligadas em série e/ou em paralelo, formando módulos (tipicamente com potências da ordem de 50 a 100 W) e painéis fotovoltaicos (com potências superiores) (CASTRO, 2012).

O uso da energia fotovoltaica esteve inicialmente voltado às aplicações espaciais como as observadas em satélites, o uso doméstico teve início através dos relógios e calculadoras, sinais rodoviários e telefones de emergência. 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, 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 necessário (TOLMASQUIM, 2016).

A fabricação dos painéis apresentam alguns impactos relevantes ao meio ambiente. A produção do silício metalúrgico gera a degradação da imagem do local de extração, geração de rejeitos, poluição da água além de materiais particulados e gases tóxicos que podem agravar o efeito estufa gerando produtos acidificantes no meio ambiente. E sendo o Brasil um dos maiores produtores mundiais desse produto, isso requer a criação de medidas mitigadoras para que haja redução dos impactos socioambientais e um descarte adequado aos subprodutos gerados, com o provável aumento na produção (CARVALHO et al., 2014).

O descarte dos painéis fotovoltaicos ainda é um obstáculo a ser superado. Isso ocorre, devido a carência de empresas especializadas que possam dar destinação aos componentes utilizados em sua confecção, dentre os quais o reaproveitamento do silício, da película encapsulante, do alumínio e do vidro (ABINEE, 2012).

Finalmente, cuidados devem ser tomados também ao final da vida útil dos módulos na etapa de deposição ou reciclagem, especialmente no caso de módulos contendo pequenas partículas de metais tóxicos, a fim de que essas substâncias não sejam liberadas para o meio ambiente.

Diante da presente exposição, o trabalho tem como objetivo analisar e apresentar dados sobre as vantagens na possibilidade da mudança dos sistemas de abastecimento da rede elétrica, tradicionais por sistemas fotovoltaicos.

## **METODOLOGIA**

O levantamento das informações, foram feitos através da simulação de dados técnicos e econômicos para a avaliação da viabilidade da conversão de energia solar em elétrica a partir de sistemas fotovoltaicos como geradores distribuídos nas residências do cenário urbano da cidade de João Pessoa. Esse projeto visa fazer uma análise que possa proporcionar esclarecimento aos consumidores sobre a implantação desses modelos; de forma a gerar algum incentivo sobre os benefícios que podem ser obtidos pela economia gerada. Pois esse tipo de sistema pode ser uma excelente alternativa de investimento onde cada usuário será capaz de gerar sua própria energia e o excedente será compartilhado com a distribuidora em forma de crédito que poderão ser trocados por descontos nas contas de luz. Tal avaliação será feita através do estudo de levantamentos e simulações de quatro casos o A, B, C e D, conforme o padrão de consumo e dessa forma, seja possível simular algumas realidades existentes na cidade.

### **Viabilidade de uso do sistema fotovoltaico**

Em tempos de escassez de recursos naturais e aumentos constantes nos preços das tarifas de energia que oscilam gradativamente a cada mês, a possibilidade de instalação dos sistemas fotovoltaicos nas residências surge como uma excelente alternativa aos consumidores que querem amortecer os valores destas tarifas além de fazer uso de uma energia limpa, econômica e renovável que pode gerar créditos excedentes que serão devolvidos aos seus consumidores e geradores criando dessa uma nova forma de economia sustentável.

### **Tipos de Sistemas**

São dois os modelos de sistemas fotovoltaicos mais utilizados nas residências. Existem aqueles que são conectados diretamente à rede elétrica (Fig. 1 – on-grid), esse permite que a eletricidade gerada reduza de forma parcial ou total o consumo na rede local durante o dia, porém a noite seriam utilizados os créditos gerados pelos excedentes na distribuidora de energia. Existem também os sistemas que utilizam o excedente da injeção solar de abastecimento nas baterias solares ao qual devolve esse excedente conforme necessidade, são os chamados de sistemas isolados, (Fig. 2 – off-grid), esses por requerer o uso de baterias são pouco indicados para utilização em áreas urbanas, devido aos custos serem mais elevados e por necessitarem do

uso das baterias que possuem tempo de vida útil bem mais limita. Destacando que o custo dos equipamentos, devem ser somados aos custos de logística, mão de obra e transporte, que elevam significativamente o custo final. PINHO; GALDINO (2012).



**Figura 1.** Sistema on-grid. Fonte: [www.d-solarsystems.com/autoconsumo](http://www.d-solarsystems.com/autoconsumo)



**Figura 2.** Sistema off-grid. Fonte: [www.d-solarsystems.com/autoconsumo](http://www.d-solarsystems.com/autoconsumo).

### Simulação de dados

Para esse material foram feitas simulações de dados da irradiação solar, potencial fotovoltaicos, médias anuais, perspectiva de orientação e inclinação para instalação dos painéis além de análise da média dos valores registrados em fatura de quatro casos distintos, tentando assemelhar-se ao nível de consumo por residências na cidade de João Pessoa. Como no caso A com consumo mensal a partir de 150 Kwh, o caso B com consumo mensal 300 Kwh, o caso C com consumo mensal 600 Kwh, e o caso D com consumo mensal de 1.000 Kwh, projetando assim, modelos de referências.

### Financiamento

A adesão de novos clientes na utilização do modelo on-grid vem crescendo devido aos avanços tecnológico e isso tem refletido na diminuição dos valores com os custos da aquisição e instalação dos painéis. Um outro fator que também vem impulsionando essa adesão são as possibilidades de financiamentos feitos por bancos e financeiras, tornando possível fazer simulações sobre investimento e retorno dos valores na instalação desses projetos. As propostas de financiamento trazem como possibilidade a redução do investimento imediato do consumidor, gerando um pagamento gradativo com taxas que variam entre 1,5% e 2,5% ao mês por um prazo para quitação que pode se entender até 240 meses.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas simulações feitas para elaboração deste artigo, foram utilizadas médias de consumo dos últimos doze meses, separados por cada um dos casos A, B, C e D. Para gerar esses comparativos foi utilizada como ferramenta os simuladores que estão disponíveis nos sites da Neosolar e da Portal Solar que geram resultados a partir da digitação de dados de consumo mensal e da localização da cidade a qual se deseja implantar o sistema solar fotovoltaico. Porém, apesar de trazer em seus resultados o dimensionamento do espaço a ser utilizado, número de módulos a serem instalados e estimativa de investimento, essas simulações não apresentam os reais valores dos equipamentos utilizados nem de qual forma, ou seja, quais os cálculos são utilizados para se chegar aos resultados, quais os equipamentos, valores individuais, etc. No segundo caso houve a confecção de uma planilha no programa Excel que traz de forma detalhada todos os valores a serem investidos, visando gerar uma média dos cálculos e dos gastos de energia em comparativo com a quantidade de insolação para que haja a projeção dos equipamentos que serão utilizados em cada residência. Para estes cálculos foi utilizada a plataforma IDEAL – Instituto para Desenvolvimento de Energias Alternativas na América Latina que serve como auxílio nos cálculos para projeção da inclinação dos painéis, buscando melhor aproveitamento da incidência dos raios solares durante todo o ano. Também foram utilizados modelos de painéis e conversores com base na qualidade, na aceitação e na média de preços de mercado

### Simulação das características do Sistema Fotovoltaicos.

Essa simulação tem como objetivo esclarecer alguns termos e fatores importantes que devem ser considerados na instalação dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica das residências.

### Simulações feitas através de sites

São informações que podem ser geradas diretamente nos sites que estão disponíveis no Portal Solar (Tab. 1) e na Neosolar (Tab. 2). São programas que estão acessíveis de forma gratuita onde qualquer usuário pode fazer suas simulações.

**Tabela 1.** Dados da base PORTAL SOLAR.

Casos	A	B	C	D
Potência Elétrica (KW)	150	300	600	1.000
Potência (KWp)	1,12	2,24	4,48	7,46
Área ocupada (m <sup>2</sup> )	8,96	17,91	35,82	59,70
número de módulos	4	9	17	29
Produção anual (KWh)	1.800	3.600	7.200	12.000
Estimativa de investimento sem o valor da instalação (R\$)	9.520,00 até 10.976,00	13.664,00 até 16.800,00	25.088,00 até 31.808,00	35.808,00 até 43.268,00

Fonte: [www.portalsolar.com.br/calculo-solar](http://www.portalsolar.com.br/calculo-solar)

**Tabela 2.** Dados da base NEOSOLAR.

<b>Casos</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>Potência Elétrica (KW)</b>	150	300	600	1.000
<b>Potência (KWp)</b>	0,87	2,17	4,77	8,25
<b>Área ocupada (m<sup>2</sup>)</b>	6,12	15,19	33,42	57,73
<b>Número de módulos</b>	3	8	17	30
<b>Produção Anual (KWh)</b>	1.208	3.000	6.600	11.400
<b>Estimativa de investimento sem o valor da instalação (R\$)</b>	5.679,73 até 8.583,28	13.022,42 até 16.495,06	25.784,38 até 33.424,20	41.237,65 até 56.083,20

Fonte: [www.neosolar.com.br/simulador-solar-calculadora](http://www.neosolar.com.br/simulador-solar-calculadora)

### **Medições de radiação solar**

Cálculo adquirido através da simulação no site do CRESESB-CEPEL (Tab. 3), que é utilizado pelos profissionais para realização de estudo sobre a possível viabilidade de uso dos painéis fotovoltaicos de forma a garantir um maior aproveitamento nos cálculos de incidência solar ao longo do ano.

**Tabela 3.** Dados da base Sundata do CRESESB.

	<b>Radiação solar (KWh/m<sup>2</sup>) em função do ângulo de inclinação em João Pessoa-PB</b>			
	Plano Horizontal	Ângulo igual a latitude	Maior média anual	Maior mínimo mensal
	0° N	7° N	5° N	16° N
<b>Janeiro</b>	5,36	5,15	5,21	4,80
<b>Fevereiro</b>	5,72	5,58	5,63	5,33
<b>Março</b>	5,50	5,50	5,50	5,40
<b>Abril</b>	5,03	5,16	5,13	5,24
<b>Mai</b>	5,06	5,32	5,25	5,57
<b>Junho</b>	4,28	4,54	4,47	4,79
<b>Julho</b>	4,56	4,81	4,75	5,06
<b>Agosto</b>	5,39	5,59	5,54	5,76
<b>Setembro</b>	5,69	5,75	5,74	5,73
<b>Outubro</b>	6,42	6,31	6,35	6,06
<b>Novembro</b>	6,61	6,34	6,43	5,91
<b>Dezembro</b>	6,33	6,02	6,11	5,54
<b>Média</b>	<b>5,50</b>	<b>5,51</b>	<b>5,51</b>	<b>5,43</b>

Fonte: [www.cresesb.cepel.br](http://www.cresesb.cepel.br).

### **Simulação feita através da planilha Excel**

Planilha dinâmica que permite a projeção dos principais cálculos, a partir da digitação das taxas de consumo mensal, desde que estejam dentro das médias apresentadas em cada caso (Tab. 4). Foi criada com o objetivo de esclarecimento dos investimentos.

**Tabela 4.** Dados projetados no Excel.

<b>Casos</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>Consumo mensal de Rede Monofásica (KWh)</b>	150	300	600	1.000
<b>Média Anual (CRESERB)</b>	5,50	5,50	5,50	5,50
<b>Número de módulos</b>	3	7	14	24
<b>Capacidade de produção dia (Wp)</b>	727	1636	3455	5879
<b>Capacidade do inversor (Wp) (Fronius 220V)</b>	1600	2140	3455	5879
<b>Instalação</b>				
<b>Painéis que serão utilizadas (R\$)</b>	3.030,30	6.818,18	14.393,94	24.494,95
<b>Inversor Fronius 220V (R\$)</b>	3.000,00	5.000,00	7.000,00	9.000,00
<b>Estrutura metálica para fixação (R\$)</b>	1.500,00	2.000,00	2.500,00	3.000,00
<b>Quadros, condutores, distribuidores e disjuntores (R\$)</b>	800,00	1.000,00	1.500,00	2.000,00
<b>Mão de obra (+ 30% sobre o valor das peças) (R\$)</b>	2.499,09	4.445,45	7.618,18	11.548,48
<b>Estimativa de investimento com instalação (R\$)</b>	10.829,39	19.263,64	33.012,12	50.043,43

Fonte: Elaborada pelo autor.

#### **Retorno do investimento**

Para realização do payback (cálculo de retorno do investimento), foram observados o tempo de vida útil dos painéis e equipamentos de instalação, tempo de uso restante após amortecimento total na conta de energia elétrica, retorno do valor de investimento utilizando, além da margem de economia, com base no tempo de vida do aparelho (Tab. 6).

**Tabela 6.** Dados referentes ao retorno do investimento.

<b>Casos</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>Potência Elétrica (KW)</b>	150	300	600	1.000
<b>Payback (anos)</b>	9,77	7,72	6,27	5,58
<b>Tempo de vida útil dos painéis (anos)</b>	25	25	25	25
<b>Tempo aproximado de vida restante (anos)</b>	15,23	17,28	18,73	19,42
<b>Retorno do investimento em vida útil (R\$)</b>	21.113,26	47.895,96	103.850,40	179.408,83
<b>Diferença entre valor total e investimento (R\$)</b>	10.283,86	28.632,32	70.838,28	129.365,40

Fonte: Elaborada pelo autor.

#### **Descarte dos painéis**

Apesar da crescente demanda pela procura da instalação dos sistemas fotovoltaicos, a preocupação com o descarte, ainda é algo que não tem instigado aos fabricantes, vendedores e consumidores sobre a forma correta de desmonte e destinação final dos painéis solares, inclusive do silício, principal componente.

## CONCLUSÕES

1. A utilização do sistema fotovoltaicos nas residências de João Pessoa tem se tornado viável devido as novas possibilidades que vem surgindo, como os planos de financiamentos, as possibilidades para aquisição dos produtos e o surgimento de empresas que prestam os serviços de orçamento, instalação e assistência técnica;
2. A simulação feita através da planilha Excel mostram ser mais vantajosas que as feitas através dos simuladores disponíveis nos sites, pois possibilitam aos consumidores melhor esclarecimento sobre os valores dos produtos utilizados e instalação;
3. A criação de opções para a destinação final dos painéis é um tema que precisa ser explorado devido a futura demanda que ocorrerá ao término de vida útil desses produtos.

## REFERÊNCIAS

- ABINEE - Associação da Indústria Elétrica e Eletrônica. Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira. São Paulo: PSR, 2012.
- CARVALHO, P.; MESQUITA, P.; ROCIO, M. A rota metalúrgica de produção de silício grau solar: uma oportunidade para a indústria brasileira? **BNDES Setorial**, v. 40, p. 205-234, 2014.
- CASTRO, R. **Energias Renováveis e Produção Descentralizadas**: Introdução à Energia Fotovoltaica. Lisboa: Ist Press, 2012.
- CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br>>. Acesso em: 20 set. 2017.
- DONAUER, Solar Systems Ltda. Disponível em: <<http://www.d-solarsystems.com/empresa-energia-solar>>. Acesso em: 22 set. 2017.
- NEOSOLAR, Energia. Disponível em: <<http://www.neosolar.com.br/simulador-solar-calculadora>>. Acesso em 21 set. 2017.
- PINHO, J. T.; Galdino, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cepel, 2014.
- PREVOST, L. Appraising Solar Energy's Value Solar Panels and Home Values. The New York Times. New York, 20 feb. 2015. Disponível em: <[https://www.nytimes.com/2015/02/22/realestate/solar-panels-and-homevalues.html?\\_r=2&module=ArrowsNav&contentCollection=Real%20Estate&action=keypress&region=FixedLeft&pgtype=article](https://www.nytimes.com/2015/02/22/realestate/solar-panels-and-homevalues.html?_r=2&module=ArrowsNav&contentCollection=Real%20Estate&action=keypress&region=FixedLeft&pgtype=article)>. Acesso em: 21 set. 2017.
- RIO+20. Declaração final da conferência das nações unidas sobre desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro, 2012.
- RODRIGUES, D.; MATAJS, R. **Um banho de sol para o Brasil**. São Lourenço da Serra: Vitae Civillis, 2004.
- SOLAR, Portal. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/calculo-solar>>. Acesso em: 21 set. 2017.
- TOLMASQUIM, M. T. **Energia renovável**: hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica. Rio de Janeiro: EPE, 2016.
- VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. **Energia Solar Fotovoltaica**: Sistemas Isolados e Conectados à Rede. São Paulo: Érica, 2012.