



**UNILAB**

**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-  
BRASILEIRA**

**INSTITUTO DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL-IEDS**

**CURSO DE ENGENHARIA DE ENERGIAS**

**GABRIEL MAURÍCIO LOPES DA CRUZ**

**ESTUDO DE VIABILIDADE DAS DIFERENTES FORMAS DE INTEGRAÇÃO DA  
GERAÇÃO FOTOVOLTAICA DISTRIBUÍDA**

**REDENÇÃO**

**2020**

**GABRIEL MAURÍCIO LOPES DA CRUZ**

**ESTUDO DE VIABILIDADE DAS DIFERENTES FORMAS DE INTEGRAÇÃO DA  
GERAÇÃO FOTOVOLTAICA DISTRIBUÍDA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Energias na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, UNILAB – campus palmares

Orientador: Prof. Dr. Hermínio Miguel de Oliveira Filho

**REDENÇÃO**

**2020**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Sistema de Bibliotecas da UNILAB  
Catalogação de Publicação na Fonte.

---

Cruz, Gabriel Maurício Lopes da.

C957e

Estudo de Viabilidade das Diferentes Formas de Integração da  
Geração Fotovoltaica Distribuída / Gabriel Maurício Lopes da Cruz.  
- Redenção, 2020.  
51f: il.

Monografia - Curso de Engenharia de Energias, Instituto de  
Engenharias e Desenvolvimento Sustentável, Universidade da  
Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção,  
2020.

Orientador: Prof. Dr. Hermínio Miguel de Oliveira Filho.

1. Energia - Armazenamento. 2. Geração de energia  
fotovoltaica. 3. Sistemas de energia fotovoltaica. I. Título

CE/UF/BSCA

CDD 621.47

---

**GABRIEL MAURÍCIO LOPES DA CRUZ**

**ESTUDO DE VIABILIDADE DAS DIFERENTES FORMAS DE INTEGRAÇÃO DA  
GERAÇÃO FOTOVOLTAICA DISTRIBUÍDA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para obtenção do título de bacharel em engenharia de energias na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, UNILAB – campus palmares

Aprovado em: 02/10/2020.

**BANCA EXAMINADORA**

Prof.<sup>a</sup> Dr. Hermínio Miguel de Oliveira Filho (Orientador)  
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB

Prof. Dr. Cícero Saraiva Sobrinho  
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB

Eng. Jairo Lima do Nascimento o MAST (Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e  
Tecnologias Sustentáveis)  
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB

*À Deus, pela sua graça e bondade .*

*À minha mãe.*

*Ao meu tio, Gabriel Carvalho de Alvarenga.*

*À minha esposa, Cristina Ângelo Lucala.*

*O apoio de todos foi essencial para esta conquista.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Deus, pela sua graça e misericórdia, e por ter me guiado a essa conquista.

Quero agradecer ao apoio da minha família, em especial aos meus pais Maria Fernanda Lopes da Cruz e António Pedro de Andrade Lopes da Cruz, a minha irmã Noemia Solita Lopes da Cruz e ao meu tio Gabriel Carvalho de Alvarenga por todo apoio moral e financeiro que me deram ao longo desses anos. Agradeço a minha esposa e companheira Cristina Ângelo Lucala pelo amor e carinho e por estar sempre presente, dando seu apoio. Aos meus professores, Sílvia dos Santos, Rejane Felix, Carlos Cáceres, Sérgio Servilha, e em particular ao Prof. Hermínio Miguel Oliveira Filho pela orientação e apoio na elaboração do trabalho.

Gostaria de agradecer aos meus colegas, Fausta Ariel, Neyla Danquá, Ajumar Alfaica, Justino, Yanick e Celestino Lopes pelo conhecimento compartilhado e pelos momentos que nós passamos juntos, momentos esses que levarei para o resto da minha vida.

## RESUMO

Há cada vez mais necessidade de novas tecnologias para aperfeiçoar o sistema de gerenciamento de energia elétrica, para evitar a sobrecarga na rede de distribuição nos transformadores, e, conseqüentemente, curto-circuitos e variações abruptas de tensão. Como forma de evitar esses problemas uma das opções é a Geração Distribuída através de fontes renováveis, associada a um modelo tarifário chamado Tarifa Branca, que vai permitir ao consumidor um maior gerenciamento em seus hábitos de consumo da energia, uma vez que ele será agente ativo na geração da mesma. Como a mudança de hábito do consumo de energia nem sempre é algo praticável por consumidor convém o uso, em certos casos, do sistema de armazenamento de energia que irá permitir uma maior autonomia da rede elétrica e melhor aproveitamento dos sistemas fotovoltaicos. A partir desse cenário, fez-se um levantamento bibliográfico sobre a viabilidade das diferentes formas de integração da geração distribuída e apresentar os estudos de casos encontrados na literatura técnica relacionados a fonte solar fotovoltaica integrada a sistemas de gerenciamento de demanda através da aplicação da Tarifa Branca, e Armazenamento de Energia, para classes residenciais com consumo médio mensal de 130 à 500 kWh. Todas as formas de integração apresentadas mostraram-se viáveis para essa faixa de consumo residencial, cabendo ao consumidor escolher qual adotar de acordo com a sua possibilidade econômica financeira.

**Palavras-Chave:** Geração Distribuída, Gerenciamento pelo Lado da Demanda, Tarifa Branca, Armazenamento de Energia.

## ABSTRACT

There is an increasing need for new technologies to improve the electrical energy management system, to avoid overloading the distribution network in transformers, and, consequently, short circuits and abrupt voltage variations. As a way of avoiding these problems, one of the options is the Distributed Generation through renewable sources, associated with a tariff model called the White Rate, which will allow the consumer a better management in his energy consumption habits, since he will be the active agent generation. As the change in energy consumption habits is not always practicable by consumers, it is advisable to use, in certain cases, the lead-acid energy storage system that will allow greater autonomy of the electricity grid and better use of photovoltaic systems. Based on this scenario, a bibliographic survey on the viability of the different forms of integration of the distributed generation was carried out and the case studies found in the technical literature related to the photovoltaic solar source integrated with a demand management system through the application of the tariff were presented. white, and energy storage, for a residential class with an average monthly consumption of 130 to 500 kWh. All forms of integration presented proved to be viable for this range of residential consumption, it is up to the consumer to choose which one to adopt according to their financial and economic possibility.

**Keywords:** Distributed Generation, Demand Side Management, White Tariff, Energy Storage.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Potência instalada (MW) de Geração Distribuída Solar Fotovoltaica no Brasil.....	14
Figura 2- Ranking nacional de potência instalada (MW) em GD solar fotovoltaica por UF.....	15
Figura 3- Representação do efeito fotoelétrico.....	16
Figura 4- Configuração básica de um sistema fotovoltaico.....	17
Figura 5- Módulo Fotovoltaico.....	17
Figura 6- Módulo e célula solar fotovoltaica.....	18
Figura 7- Esquema simplificado de um Sistema Fotovoltaico .....	21
Figura 8- Esquema simplificado de um sistema fotovoltaico conetado à rede.....	22
Figura 9- Configuração modelo para um SFCR com banco de baterias.....	23
Figura 10- Estratégias de gerenciamento da curva de carga .....	25
Figura 11- Comparativo entre Tarifa Branca e a Tarifa Convencional.....	31
Figura 12- Componentes básicos de uma bateria eletroquímica.....	33
Figura 13- Software HOMER .....	35
Figura 14- Perfil diário carga-dias úteis com GLD deslocamento de carga e redução de pico .....	36
Figura 15- Curva de carga com GD e bateria Pb-ácido de 10kWh.....	38
Figura 16 - Despacho da bateria no horário de ponta concernente ao dia 6 de janeiro .....	40
Figura 17 - Despacho da bateria no horário intermediário e (ou) de ponta concernente ao dia 6 de janeiro.....	40
Figura 18 - Despacho da bateria no horário intermediário e de ponta concernente ao dia 8 de fevereiro - comportamento do sistema em dia com baixa nebulosidade.....	41
Figura 19 - Despacho da bateria no horário de ponta concernente ao dia 7, 8, 9 de fevereiro.....	41

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Percentual de Composição da Ponta.....	24
Tabela 2- Subdivisões do Grupo B.....	27
Tabela 3- Subdivisões do Grupo A.....	28
Tabela 4- Bandeira Tarifária.....	29
Tabela 5- Dados técnicos de catálogo de baterias recarregáveis disponíveis comercialmente..	33
Tabela 6- Comparativo custo de energia com GD.....	36
Tabela 7- Comparação monetária entre modalidade tarifária dias úteis e dias do final de semana.....	37
Tabela 8- Quadro Resumo.....	42

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

GD	- Geração Distribuída
ANEEL	- Agência Nacional de Energia Elétrica
INEE	- Instituto Nacional de Eficiência Energética
REN	- Resolução Normativa
GW	- Gigawatt
MW	- Megawatt
kWh	- quilowatt-hora
UF	- Unidade Fotovoltaica
CC	- Corrente Contínua
CA	- Corrente Alternada
STC	- <i>Standart Test Conditions</i> / Condições Padrões de Teste
AM	- <i>Air Mass</i> / Massa de Ar
FV	- Fotovoltaico
SFIs	- Sistema Fotovoltaico Isolado
SFCR <sub>s</sub>	- Sistema Fotovoltaico Conetado à Rede
kWp	- quilowatt Pico
MWp	- Megawatt Pico
SFCR-B	- Sistema Fotovoltaico Conetado à Rede com Bateria
GLD	- Gerenciamento pelo Lado da Demanda
UC	- Unidade Consumidora
TE	- Tarifa de Energia
PROCET	- Procedimentos de Regulação Tarifária
SEB	- Setor Elétrico Brasileiro
kVArh	- KiloVar Hora
Li-íon	- Ion Lítio
NiCd	- Níquel Cádmio
NiMH	- Níquel-Hidreto Metálico

SF - Sistema Fotovoltaico  
SAM - *System Advisor Model*  
HOMER - *Hybrid Optimization Model for Electric Renewables*

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1 OBJETIVOS.....	14
<b>1.1.1 Objetivos específicos.....</b>	<b>14</b>
1.2 JUSTIFICATIVAS.....	14
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
2.1 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA.....	15
<b>2.1.1 Brasil no mercado da geração fotovoltaica distribuída.....</b>	<b>15</b>
2.2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	17
<b>2.2.1 Gerador fotovoltaico.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.2 Geração fotovoltaica distribuída no ceará.....</b>	<b>18</b>
2.2.1.1 <i>Módulo fotovoltaico.....</i>	18
2.2.1.2 <i>Inversor fotovoltaico.....</i>	20
2.3 APLICAÇÕES DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	21
<b>2.3.1 Sistema fotovoltaico isolado (<i>off-grid</i>).....</b>	<b>21</b>
<b>2.3.2 Sistema fotovoltaico conetado à rede elétrica (<i>on-grid</i>).....</b>	<b>22</b>
2.4 GERENCIAMENTO PELO LADO DA DEMANDA (GLD).....	24
<b>2.4.1 Estratégias de gerenciamento de carga.....</b>	<b>25</b>
2.4.1.1 <i>Redução de pico.....</i>	26
2.4.1.2 <i>Preenchimento de vales.....</i>	26
2.4.1.3 <i>Deslocamento de pico.....</i>	26
2.4.1.4 <i>Conservação estratégica.....</i>	26
2.4.1.5 <i>Crescimento da carga.....</i>	26

2.4.1.6 Curva de carga flexível.....	26
2.5 TARIFAS DE ENERGIA ELÉTRICA.....	27
<b>2.5.1 Classificação dos consumidores.....</b>	<b>28</b>
<b>2.5.2 Bandeiras tarifárias.....</b>	<b>30</b>
<b>2.5.3 Tarifa branca.....</b>	<b>31</b>
2.6 ARMAZENAMENTO DE ENERGIA.....	32
2.7 VALOR PRESENTE LÍQUIDO.....	35
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>36</b>
3.1 TIPO DE ESTUDO.....	36
3.2 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS .....	36
3.3 ANÁLISE DE DADOS.....	37
<b>4 RESULTADO E DISCUSSÕES.....</b>	<b>38</b>
4.1 TARIFA BRANCA EM CONJUNTO COM A GD.....	38
4.2 GD ACOPLADA A UM SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ARMAZENAMENTO .....	41
4.3 INTEGRAÇÃO DA TARIFA BRANCA, GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E ARMAZENAMENTO DE ENERGIA.....	42
4.4 QUADRO RESUMO.....	46
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Há cada vez mais necessidade de novas tecnologias para aperfeiçoar o sistema de gerenciamento de energia elétrica, para evitar a sobrecarga na rede de distribuição, nos transformadores, e, conseqüentemente, curto-circuitos e variações abruptas de tensão. Como forma de evitar esses problemas uma das opções é a Geração Distribuída (GD) através de fontes renováveis, que vai permitir ao consumidor um maior gerenciamento em seus hábitos de consumo da energia, uma vez que ele será o agente ativo na geração da mesma.

Isto associado a um modelo tarifário conveniente formulado pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) chamada Tarifa Branca, vai possibilitar ao consumidor economia na conta de energia em função da variação tarifária ao longo do dia da semana.

Para Esteves (2018), o objetivo da implementação desse modelo é incentivar os consumidores a deslocarem o consumo de energia do horário de ponta, onde os custos são maiores na geração de energia, para horários fora de ponta visando uma demanda de energia mais constante durante todo o dia.

Entretanto, essa mudança de comportamento no consumo de energia muitas vezes é algo impraticável em um âmbito residencial devido à rotina dos moradores, tornando inevitável o consumo intenso em determinados períodos do dia, como em horários anteriores e posteriores aos horários comerciais. Dessa forma, a gestão de carga através do controle de consumo, geração e armazenamento de energia se mostra fundamental, gerenciando a demanda de energia e visando um fluxo ótimo entre a geração e o consumo diário de eletricidade a fim de diminuir os altos custos da tarifação de energia em horários de ponta, afirma ESTEVES (2018).

De acordo com Freitas (2017), pode-se fazer a redução da demanda da energia provinda da rede elétrica durante o horário de ponta, adicionando acumuladores de energia, que devem suprir parte ou toda a demanda de energia no horário de ponta. A adição de banco de baterias, por sua vez, pode se tornar viável para a residência realizar a transição para a tarifa branca (opção tarifária que permite o consumidor deslocar o consumo de energia dos horários de ponta para fora de ponta).

O sistema de Armazenamento de Energia com bateria permite uma maior autonomia da rede elétrica e melhor aproveitamento dos sistemas fotovoltaicos. O presente trabalho vai

abordar o uso da Tarifa Branca em conjunto com a GD, a GD em conjunto com o Sistema de Armazenamento de Energia e os dois casos juntos.

## 1.1 OBJETIVOS

Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo geral realizar um levantamento bibliográfico sobre a viabilidade das diferentes formas de integração da Geração Distribuída. Apresentar estudos de casos encontrados na literatura técnica relacionados a sistema de geração de energia provenientes da fonte solar fotovoltaica integrado a um sistema de gerenciamento de demanda através da aplicação da tarifa branca, e armazenamento de energia, instalado em uma residência de baixa tensão.

### 1.1.1 Objetivos específicos

- Analisar a adoção da Tarifa Branca em conjunto com a GD, além de GD com armazenamento de energia.
- Fazer uma análise comparativa entre as estratégias de operação da GD acoplada a sistema de armazenamento de energia com adoção da tarifa branca para consumidores de baixa tensão residencial, com consumo médio mensal de 300 à 500 kWh.

## 1.2 JUSTIFICATIVAS

De acordo com Esteves (2018), a gestão de carga através do controle de consumo, geração e armazenamento de energia é de suma importância, tanto que isso reflete na diminuição dos altos custos da tarifa de energia em horários de ponta. Isto associado ao conhecimento da curva de carga, Queiroz (2011) afirma que permite uma análise mais detalhada para o melhor enquadramento tarifário do consumidor.

Esse levantamento bibliográfico, visa apresentar aos consumidores as diferentes formas de integração da Geração Distribuída, de modo a auxiliá-los na tomada de decisão sobre o modelo a se seguir e que melhor se adequa ao sistema requerido com vista a redução do custo mensal do consumo da energia elétrica.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será abordado a parte teórica relacionada a temática estudada neste trabalho, a saber: Geração Distribuída, Energia Solar Fotovoltaica, Aplicações de Sistemas Fotovoltaicos, Gerenciamento Pelo Lado da Demanda, Tarifas de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia.

### 2.1 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Geração Distribuída (GD) é uma expressão usada para designar a geração de energia elétrica realizada junto ou próxima do(s) consumidor(es) independentes (INEE, 2018). Além da geração de energia ocorrer próxima ao seu ponto de consumo, a energia pode ser integral ou parcialmente consumida no próprio local onde é gerada e o excedente injetado na rede (BAJAY *et al.*, 2018).

De acordo com a ANEEL (2018), novas regras referentes a geração distribuída no Brasil entraram em vigor 1º de março de 2016, passando a ser permitido o uso de qualquer fonte renovável, além da cogeração qualificada, denominando-se microgeração distribuída a central geradora com potência instalada de até 75 kW e minigeração distribuída aquela com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW, conectadas na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

Os incentivos à geração distribuída se justificam pelos potenciais benefícios que ela pode proporcionar ao sistema elétrico. Entre os quais, estão o adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, o baixo impacto ambiental, a redução no carregamento das redes, a minimização das perdas e a diversificação da matriz energética. (ANEEL, 2015).

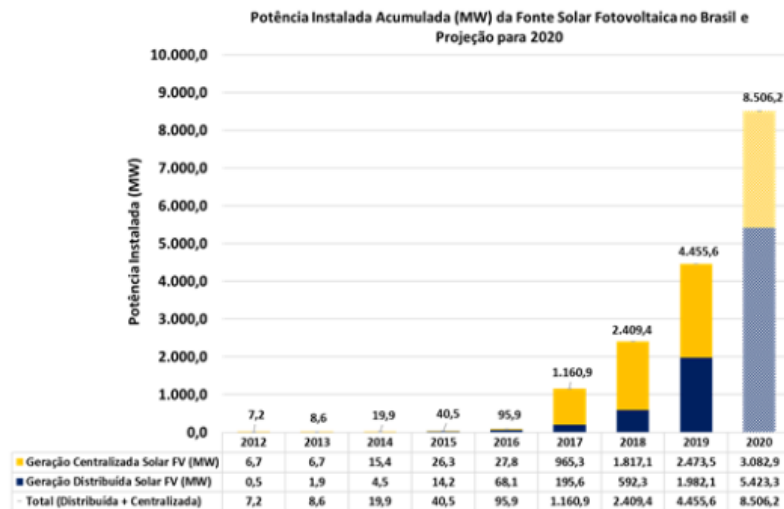
#### 2.1.1 Brasil no mercado da geração fotovoltaica distribuída

O Brasil possui um vasto território continental, aliado à sua localização geográfica, perto da linha do equador, condição favorável de incidência solar no seu território. Portanto, tem um

potencial enorme para a geração da energia solar centralizada e distribuída. Segundo ETENE (2018), a geração centralizada tem ocorrido por meio de leilões promovidos pela ANEEL.

De acordo com ETENE (2018), no caso da GD, somente após avanços na legislação, ocorrida a partir da Resolução Normativa (REN) ANEEL nº 687 de 2015, que substituiu a REN ANEEL nº 482/2012, é que houve crescimento de forma mais intensa com relação a essa alternativa. Isso permitiu com que o Brasil ultrapassasse a marca de 1 GW de potência instalada de geração distribuída de energia elétrica no ano de 2019 ANEEL (2019), e atingisse a marca de 3 GW em 2020 ABSOLAR (2020). De acordo com ABSOLAR (2020), a fonte solar fotovoltaica, baseada na conversão direta da radiação solar em energia elétrica de forma renovável, limpa e sustentável, lidera com folga o segmento de micro geração e mini geração distribuída, com mais de 99,8 % de instalações do país. No tocante a geração distribuída solar FV, a figura 1 ilustra apenas a potência instalada (MW) em micro e minigeração solar distribuída no Brasil.

**Figura 1**-Potência instalada (MW) de Geração Distribuída Solar Fotovoltaica no Brasil



Fonte: ABSOLAR (2020)

Em relação a potência instalada por estados, a GD apresenta uma alta concentração nas regiões e áreas mais desenvolvidas do país, região sudeste e sul. Minas Gerais se configura em primeira posição. O segundo colocado é o estado de Rio Grande do Sul, em seguida São Paulo, Paraná e Goiás, conforme se pode ver na figura 2.

**Figura 2-** Ranking nacional de potência instalada (MW) em GD solar fotovoltaica por UF



Fonte: ANEEL/ABSOLAR (2020)

### 2.1.2 Geração fotovoltaica distribuída no Ceará

De acordo com ABSOLAR (2020), o Ceará ocupa o nono lugar no ranking nacional de geração fotovoltaica distribuída e lidera a região Nordeste brasileiro em termos de potência instalada na modalidade.

O estado alcançou a marca histórica de 100 MW de potência operacional na geração distribuída solar fotovoltaica, com 7.188 mil sistemas instalados em telhados, fachadas e pequenos terrenos de residências, comércios, indústrias, propriedades rurais e prédios públicos (ABSOLAR, 2020).

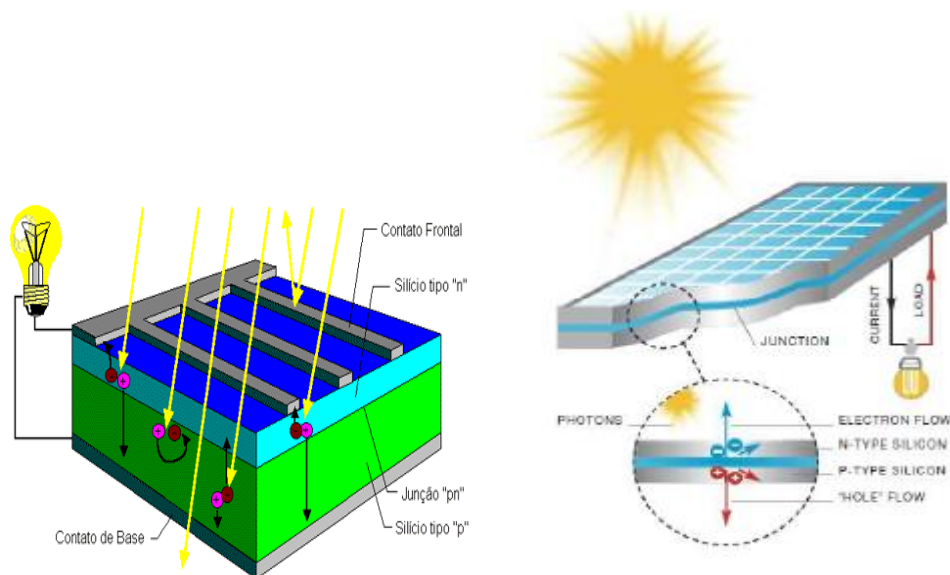
## 2.2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A energia solar fotovoltaica pode ser utilizada para produzir eletricidade pelo efeito fotovoltaico, que consiste na conversão direta da luz solar em energia elétrica (VILLALVA, 2015).

De acordo com Matos (2016), esse efeito fotovoltaico dá-se em materiais denominados semicondutores, isto é, um material com características intermediárias entre um condutor e um isolante. O semicondutor mais utilizado é o silício.

O fenômeno físico responsável por converter raios solares em eletricidade foi observado pela primeira vez em 1839 pelo físico francês Edmund Becquerel. Becquerel notou que submetendo células eletroquímicas sob uma luz, ocorria uma diferença de potencial entre os seus terminais (ESTEVES, 2018). É o caso da célula fotovoltaica que quando exposta à luz solar produz uma corrente elétrica pequena, conforme se pode ver na figura 3. Segundo Brito e Silva (2006), ela consiste basicamente num diodo de grande área, i.e., um substrato de material semicondutor onde é criado um campo elétrico interno permanente (chamado junção PN). Quando a radiação atinge um átomo do semicondutor este liberta um elétron que pode ser conduzido pelo campo elétrico interno para os contatos, contribuindo assim para a corrente produzida pela célula fotovoltaica.

**Figura 3-** Representação do efeito fotoelétrico

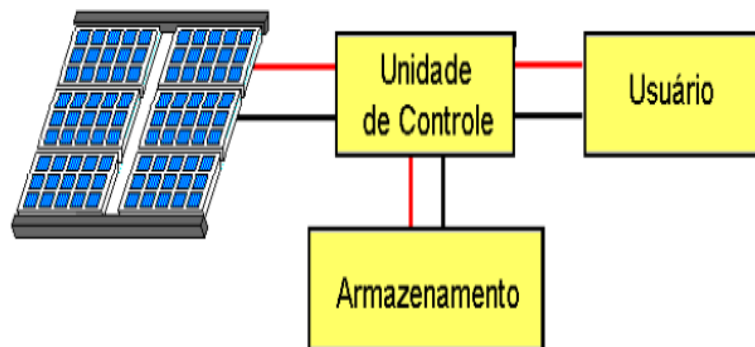


Fonte: CRESESB (2006); SOLAR PLUS BRASIL (2019)

### 2.2.1 Gerador fotovoltaico

Os sistemas de geração de energia provenientes da energia solar fotovoltaica são constituídos basicamente por um bloco gerador, um bloco de condicionamento de potência e, opcionalmente, por um bloco de armazenamento de energia. O primeiro contém os arranjos fotovoltaicos e suas proteções. O bloco de condicionamento de potência é constituído por equipamentos de retificação, proteção e gerenciamento, como inversores e controladores de carga. E o bloco de armazenamento, constituído por acumuladores elétricos (ESTEVEZ, 2018). Um sistema fotovoltaico pode ser classificado em três categorias distintas: sistemas isolados, híbridos e conectados a rede elétrica. Os sistemas obedecem a uma configuração básica conforme a figura 4, onde o sistema deverá ter uma unidade de controle de potência e também uma unidade de armazenamento (CRESESB, 2008).

**Figura 4-** Configuração básica de um sistema fotovoltaico



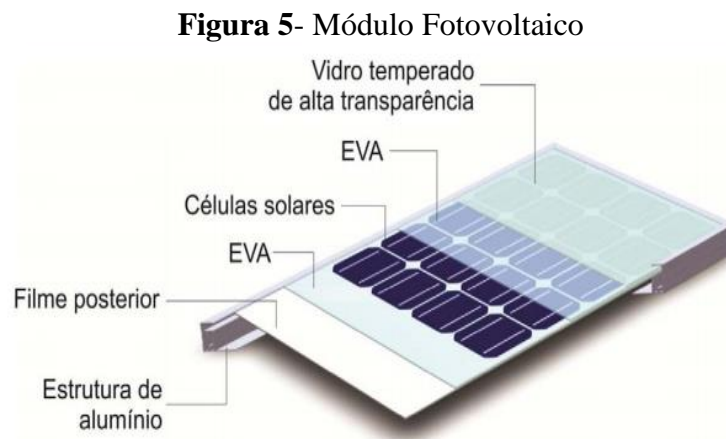
Fonte: CRESESB (2008)

#### 2.2.1.1. Módulo fotovoltaico

Segundo Ruther (2004), em uma instalação solar fotovoltaica o módulo solar fotovoltaico é a componente básica do sistema gerador. A quantidade de módulos conectados em série influencia a capacidade de tensão de operação do sistema em corrente contínua (CC). A corrente do gerador solar é definida pela conexão em paralelo de painéis individuais ou de *strings* ou arranjos (conjunto de módulos conectados em série).

Os módulos fotovoltaicos são geralmente identificados através de suas características elétricas, as quais são definidas por meio de testes realizados sob uma condição padrão, conhecidos internacionalmente por Condições Padrões de Teste (STC). Neste procedimento, os módulos fotovoltaicos são submetidos a uma irradiância de  $1000 \text{ W.m}^{-2}$  sob uma distribuição espectral de Massa de Ar (AM) 1,5 e a uma temperatura de ambiente de  $25^\circ\text{C}$  (ESTEVES, 2018).

Uma das principais informações sobre o desempenho de um módulo fotovoltaico é a sua eficiência energética obtida através dos testes Condições Padrões de Teste (STC), ou seja, a eficiência que o módulo terá de converter a energia irradiada pelo sol em energia elétrica. Atualmente no mercado brasileiro os tipos de módulos fotovoltaicos predominantes nos projetos de GD são os de silício, policristalino e monocristalino, com eficiências energéticas fornecidas pelos fabricantes em torno de 17% (ESTEVES, 2018). A figura 5, ilustra o corte de um módulo fotovoltaico e seus componentes.



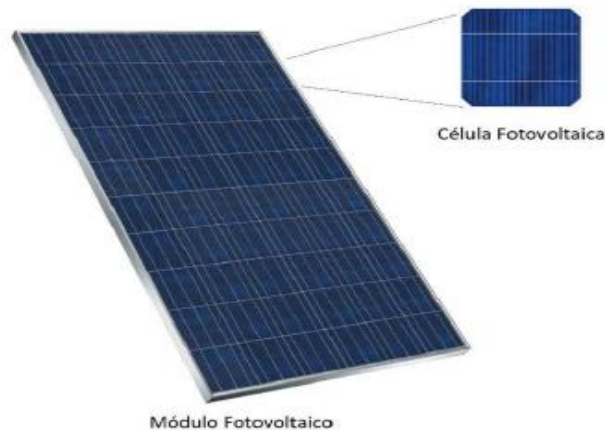
Fonte: (CRESESB, 2014)

Um módulo é formado por um conjunto de células. De acordo com Silva (2014), a célula é o menor elemento do sistema fotovoltaico e sua eficiência de conversão é medida pela proporção de radiação solar incidente sobre a sua superfície que é convertida em energia elétrica.

As células de silício monocristalino são historicamente as mais usadas e comercializadas como conversor direto de energia solar em eletricidade e a tecnologia para sua fabricação é um

processo básico muito bem constituído (CRESESB, 2008). Os módulos são compostos por células fotovoltaicas, conforme mostra a figura 6.

**Figura 6-** Módulo e célula solar fotovoltaica



Fonte: ESTEVES (2018)

#### *2.2.1.2. Inversor fotovoltaico*

A energia elétrica gerada a partir dos módulos fotovoltaicos, baterias e células combustível em CC é incompatível com a maioria dos equipamentos utilizados no dia à dia, os quais se utilizam da energia em corrente alternada (CA) (ESTEVES, 2018).

Dessa forma, os inversores são responsáveis pela conversão, fornecendo uma energia com amplitude, frequência e conteúdo harmônico adequados às cargas a serem alimentadas (ESTEVES, 2018).

No caso de sistemas fotovoltaicos, os inversores podem ser divididos em duas categorias com relação ao tipo de aplicação: sistema fotovoltaico isolado (SFI) e sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCR). Embora os inversores para SFCRs compartilhem os mesmos princípios gerais de funcionamento que os inversores para SFIs, eles possuem características específicas para atender às exigências das concessionárias de distribuição em termos de segurança e qualidade de energia injetada na rede (PINHO e GALDINO, 2014).

#### *2.2.1.3. Controlador de carga*

Os controladores ou reguladores de carga, são utilizados para gerenciar ou controlar a energia transferida para as baterias, evitando sobrecargas que podem comprometer a vida útil das mesmas.

O módulo fotovoltaico tem uma grande variação de tensão e corrente de acordo com a irradiação e a temperatura ambiente na qual o mesmo é submetido. Dessa forma, a conexão de cargas diretamente aos módulos pode submetê-los a grandes variações de tensão e corrente, podendo ocasionar danos aos equipamentos. Nesse caso, o uso dos controladores de carga se torna necessário, para que haja uma estabilidade na energia fornecida às cargas instaladas no sistema (ESTEVES, 2018).

## 2.3 APLICAÇÕES DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

### 2.3.1. Sistema Fotovoltaico Isolado (*Off-Grid*)

Os sistemas isolados são caracterizados por não estarem eletricamente interligados à rede elétrica de distribuição. A utilização desse tipo de sistemas ocorre principalmente em áreas remotas, onde não ocorrem as ligações elétricas com as concessionárias de energia (ESTEVES, 2018).

No sistema isolado, o armazenamento de energia é utilizado para suprir a demanda em períodos de insuficiência ou ausência da irradiação solar. E ainda segundo Esteves (2018), o sistema de armazenamento de energia se faz fundamental para a maioria dos sistemas fotovoltaicos isolados em resultado às grandes flutuações na geração de energia, causadas por influências das intempéries.

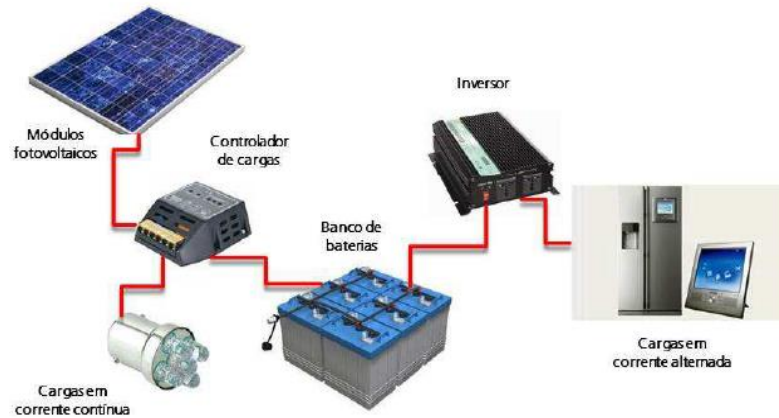
Segundo Silva (2014), estes sistemas requerem o uso de alguns componentes que não são necessários nos SFCR. Nos sistemas isolados se faz necessário o uso de controladores de carga, acumuladores de energia. Estes sistemas basicamente são compostos pelos seguintes componentes:

- Módulos fotovoltaicos
- Controladores de carga
- Banco de baterias
- Inversores



Na figura 7, pode-se ver um sistema fotovoltaico isolado com a utilização de cargas em corrente contínua e corrente alternada.

**Figura 7-** Esquema simplificado de um Sistema Fotovoltaico



Fonte: adaptado de SILVA (2013)

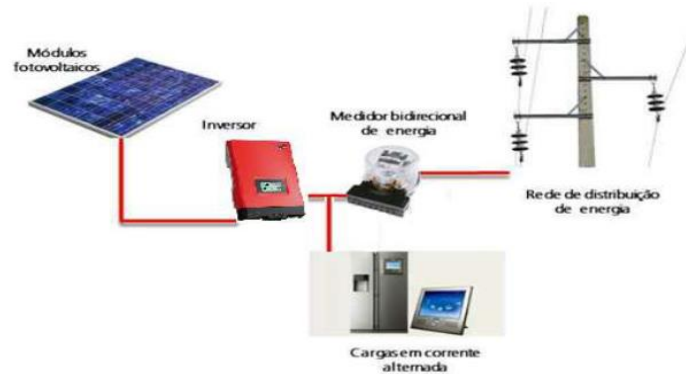
### 2.3.2. Sistema Fotovoltaico Conetado à Rede Elétrica (*On-Grid*)

Os sistemas FVs conetados à rede elétrica também são chamados de ligados à linha, conetados aos serviços de utilidade pública ou ligada à rede elétrica (BALFOUR; SHAW; NASH, 2016).

Os sistemas FVs reduzem a sobrecarga na rede (algo comum nas áreas urbanas) e agem como um fornecedor de energia adicional (BALFOUR; SHAW; NASH, 2016).

Os sistemas fotovoltaicos conetados à rede são compostos basicamente por módulos fotovoltaicos e inversores, podendo haver a necessidade de outros componentes, de acordo com os requisitos exigidos pela concessionária local. Para obter-se controle sobre a energia injetada e consumida da rede, é necessário o uso de um medidor bidirecional ou de dois medidores unidirecionais em sentidos opostos (SILVA, 2014). Na figura 8, pode ser visualizado um sistema fotovoltaico conetado à rede com seus componentes básicos e medidores bidirecional.

**Figura 8-** Esquema simplificado de um sistema fotovoltaico conectado à rede

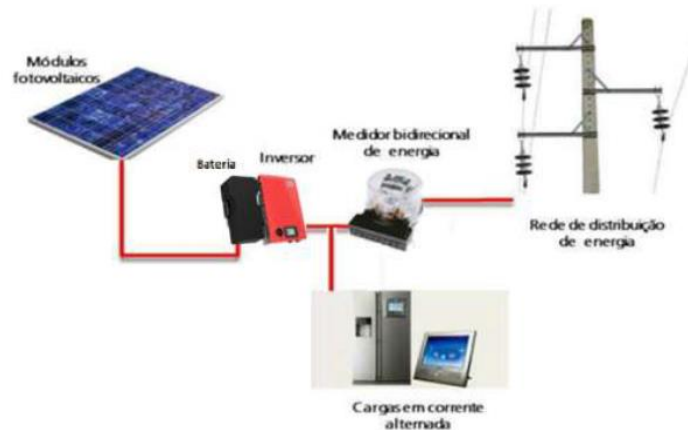


Fonte: Adaptado de SILVA (2014)

Instalações deste tipo vêm se tornando cada vez mais populares em diversos países europeus, Japão, Estados Unidos, e mais recentemente no Brasil. As potências instaladas vão desde poucos kWp em instalações residenciais, até alguns MWp em grandes sistemas operados por empresas (CRESESB, 2014).

Segundo Barbosa, Silva e Melo.(2007), os sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica ainda podem possuir um banco de baterias (SFCR-B), que pode ser aplicado como *back-up* para situações emergenciais e/ou em localidades onde o abastecimento de energia pela rede não apresenta boa qualidade como consequência da pouca capacidade da rede de distribuição em relação ao consumo. Durante o dia a energia supre a demanda e carrega o banco de baterias para que à noite, principalmente nos horários de maior consumo ou de pico, o banco de baterias possa suprir a carga instalada. A figura 9, ilustra o sistema fotovoltaico conectado à rede acoplado a banco de baterias.

**Figura 9-** Configuração modelo para um SFCR com banco de baterias



Fonte: adaptado de SILVA (2014)

## 2.4 GERENCIAMENTO PELO LADO DA DEMANDA (GLD)

Para Januzzi, Swisher e Redlinger (2018), o GLD consiste é um conjunto de métodos utilizados para promover mudanças nos padrões de uso de eletricidade. Essas mudanças incluem alteração de hábitos, horários de utilização de equipamentos, tempo de uso, mudanças nas características técnicas dos equipamentos, entre outras. Ainda, é importante mencionar:

Para uma melhor viabilidade e otimização de um programa de GLD, é importante a integração com as redes inteligentes ou *Smart Grids*, pois o monitoramento em tempo real da carga, tanto por parte da concessionária quanto do próprio consumidor, auxiliam na tomada de decisão que aliado a uma tarifa horária, por exemplo, possibilita deslocar ou reduzir o consumo de energia de determinados equipamentos nos horários em que o custo da energia é mais cara (CUNHA, BERNARDON, RAMOS; 2015).

Os programas de gerenciamento da demanda classificam-se em direto e indireto. Segundo Cunha (2016), no gerenciamento direto, a concessionária tem uma participação ativa em que determina as cargas a serem reduzidas ou desconectadas mediante um contrato de interrupção com o próprio consumidor. No gerenciamento indireto, o próprio consumidor faz o remanejamento da sua demanda de acordo com os sinais de preço gerados pela concessionária de energia.

De acordo com a ANEEL (2010), referente a Nota Técnica nº 362/2010-SRE-SRD/ANEEL, no Brasil foi feita uma pesquisa sobre o percentual do consumo dos

equipamentos residenciais, os itens da tabela 1 destacaram-se não só como maiores responsáveis pelo consumo final de energia, como também pelo consumo no horário de ponta.

**Tabela 1-** Percentual de composição da ponta

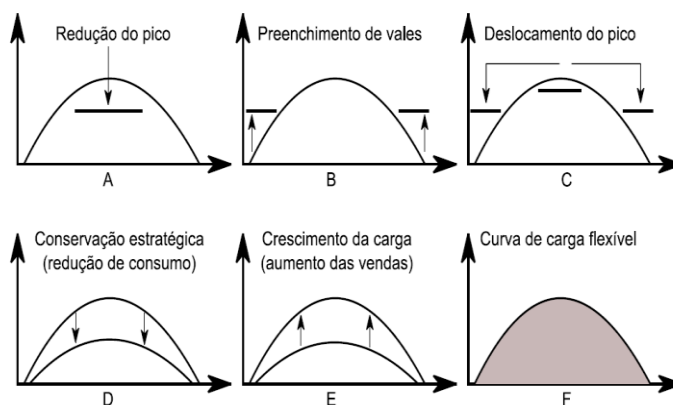
Equipamentos	Composição Percentual Consumo Final	Percentual de Composição na Ponta
Chuveiro Elétrico	24%	43%
Iluminação	14%	17%
Geladeira/Freezer	27%	14%
TV	9%	13%
Condicionamento ambiental	20%	7%
Som	3%	2%
Ferro	3%	2%

Fonte: ANEEL (2010)

#### 2.4.1 Estratégias de gerenciamento de carga

As estratégias de GLD tem como objetivo mudar a forma da curva de carga ou sua área total, ou ainda a combinação das duas iniciativas. Na figura 10, são descritas as seis estratégias de GLD: redução do pico da carga, preenchimento de vales, deslocamento do pico, conservação estratégica, crescimento da carga e curva de carga flexível.

**Figura 10-** Estratégias de Gerenciamento pelo Lado da Demanda



Fonte: JANUZZI, SWISHER e REDLINGER (2018)

#### *2.4.1.1 Redução de pico*

Esta técnica de GLD tem como objetivo reduzir o pico de curva de carga. Isso pode ser atingido com o aumento das tarifas durante as horas de pico (JANUZZI, SWISHER, REDLINGER; 2018).

#### *2.4.1.2 Preenchimento de vales*

Este método incentiva o cliente a consumir mais energia elétrica durante períodos em que a concessionária distribui energia a custos mais baixos (BRAGA, 2014).

#### *2.4.1.3 Deslocamento do pico*

Este método incentiva os consumidores a deslocarem o consumo de energia elétrica do horário de pico para fora do pico, incentivado pela elevação da tarifa no horário de pico e redução da tarifa no momentos de menor carregamento do sistema. Esse incentivo permite a transferência de carga para esses horários. Assim sendo, esse método combina os efeitos do corte de ponta e do preenchimento de vale (BRAGA, 2014).

#### *2.4.1.4 Conservação estratégica*

Segundo Braga (2014), as concessionárias adotam programas de incentivo ao uso eficiente de energia elétrica, de forma a reduzir a demanda não somente no horário de ponta, mas durante as outras horas do dia.

#### *2.4.1.5 Crescimento da carga*

De acordo com Januzzi, Swisher e Redlinger (2018), essa técnica de GLD, objetiva o aumento de vendas de eletricidade. No primeiro caso, os esforços são feitos direcionando o crescimento de carga durante períodos específicos e, no segundo caso, promove-se um crescimento geral de carga.

#### 2.4.1.6. Curva de carga flexível

Está relacionado a confiabilidade em que a carga poderá ser flexível se no planejamento futuro, que deve conter o estudo da oferta e da demanda, conter possibilidades de qualidade de serviço ao consumidor, que variam conforme o preço (FORTUNATO; *et al.* 2013).

## 2.5 TARIFAS DE ENERGIA ELÉTRICA

A tarifa de energia é basicamente o preço cobrado pela distribuidora de energia por fornecer energia elétrica a uma unidade consumidora (UC). Os fatores utilizados para determinar o preço da energia em determinados períodos dependem dos critérios adotados pela concessionária de energia local e refletem diretamente o custo da energia em determinados horários e as características da curva de carga dos consumidores (ESTEVES, 2018).

Usualmente, no setor elétrico brasileiro, a palavra tarifa está associada aos preços de transporte e de consumo de energia estabelecidos pelo órgão regulador e praticados pelas concessionárias de energia elétrica”. No setor brasileiro, o conceito internacional de tarifa de acesso é chamado de tarifa de transporte ou de uso, já o conceito internacional para a tarifa de uso é chamada de tarifa de energia, estando a mesma associada ao volume de energia consumida no período de faturamento (SANTOS, 2008).

A Tarifa de Energia (TE) no Brasil é regulada pelos Procedimentos de Regulação Tarifária (PROCET), fixado pela ANEEL, e visa remunerar às concessionárias e permissionárias de Geração, Transmissão e Distribuição do Setor Elétrico Brasileiro (SEB) com vistas a garantir a qualidade, confiabilidade e modicidade tarifária, com reajuste e revisão, anual e extraordinária, da TE, prevista em seus módulos (CARDOSO *et al.*, 2016).

Segundo Santos (2008), a questão tarifária é muito mais que uma simples alocação de custo entre as unidades consumidoras dos sistemas de distribuição. Ela precisa ser considerada

um sistema dinâmico, que induz diferentes reações nas cargas dependendo do sinal tarifário ao qual a unidade consumidora é submetida.

Os carregamentos dos sistemas de energia podem ser otimizados se forem estabelecidas tarifas que induzam a dispersão da carga nos períodos de maior carga, ao mesmo tempo em que induzam a concentração de consumo nos períodos de ociosidade dos mesmos (SANTOS, 2008).

Independentemente do tipo de instalações elétricas, ou seja, residencial, comercial ou industrial, a demanda de pico não deixa de constituir uma preocupação constante devido ao risco que a mesma impõe nos sistemas de geração, transmissão e distribuição elétrica. Há necessidade de uso consciente da energia elétrica de forma a reduzir a demanda de pico na rede elétrica.

### 2.5.1 Classificação dos consumidores

No Brasil, os consumidores de energia elétrica são classificados em dois grupos tarifários, Grupo A e Grupo B, definidos em função do nível de tensão e da demanda em que são atendidos (AZEVEDO, 2018).

De acordo com Azevedo (2018), as unidades consumidoras atendidas em tensão abaixo de 2.300 V são classificadas no Grupo B (baixa tensão), o qual é dividido em subgrupos de acordo com a atividade do consumidor, demonstrada na tabela 2 a seguir.

**Tabela 2-** Subdivisões do Grupo B

<b>Subgrupos</b>	<b>Classes</b>
<b>B1</b>	Residencial e residencial baixa renda
<b>B2</b>	Rural
<b>B3</b>	Demais classes
<b>B4</b>	Iluminação pública

Fonte: adaptado de CUNHA (2018)

Os consumidores ligados em tensão igual ou superior a 2.300 V são classificados como Grupo A (alta tensão) que é dividido em subgrupos de acordo com a tensão de atendimento, conforme se pode ver na tabela 3.

**Tabela 3-** Subdivisões do Grupo A

Subgrupos	Nível de tensão (kV)
<b>A1</b>	>= 230 kV
<b>A2</b>	88-138 kV
<b>A3</b>	69kV
<b>A3a</b>	30-44 kV
<b>A4</b>	2,3- 25 kV
<b>AS (Sistemas Subterrâneos)</b>	< 2,3 kV

Fonte: adaptado de CUNHA (2018)

A cada um destes grupos e subgrupos corresponde uma tarifa diferente, o que pode já dar uma ideia da complexidade de que a comercialização de energia se reveste, mas, o que realmente é transcendente é a diferenciação entre os critérios aplicáveis aos Grupos “A” e “B”, determinados mais uma vez por questões de praticidade e de incentivo à racionalização do consumo. (GARCIA, 2011).

Segundo Garcia (2011), o Grupo “A”, que congloba os consumidores de maior porte, notadamente os industriais, o critério de medição adotado é mais completo, incluído a determinação não apenas da energia ativa, kWh, mas também da demanda verificada no período, em kW, o que dá lugar à cognominada tarifa binômica, combinação destes dois parâmetros, e sendo também medida a energia reativa, em kVArh, para fins de determinação do fator de potência, que terá reflexos no custo da energia, conforme adiante será exposto. (GARCIA, 2011).

De acordo com Garcia (2011), a demanda é contratada pelos consumidores, tendo em vista suas necessidades de disponibilidade de energia em um determinado momento, sendo tal valor, o faturado pela concessionária, ainda que não vier a ser utilizado totalmente, pois de conformidade com tal montante, a mesma foi obrigada a dimensionar suas instalações, a fim de assegurar o valor contratado, lhe será faturado o medido, com um acréscimo a título de penalização.

Para o Grupo “B”, que abrange os consumidores com cargas menos representativas, mas que numericamente constituem a maior parte dos clientes das distribuidoras, foi adotado um procedimento simples, que consiste em medir unicamente a energia ativa, em kWh, sendo aplicada a chamada tarifa monômica, com base em um único parâmetro, como forma de facilitar



a operacionalização do faturamento e de reduzir os custos inerentes à utilização de equipamentos de medição, com reflexos na modicidade tarifária (GARCIA, 2011).

Dando ênfase a este grupo de consumidores, que é do interesse deste trabalho, vale ressaltar que de acordo com Garcia (2011), a utilização da tarifa binômica é determinada por razões operacionais, uma vez que motiva os usuários a distribuírem racionalmente seu consumo ao longo do dia, evitando a concentração em determinados horários, cuja consequência seria o superdimensionamento das instalações e o encarecimento do serviço.

### 2.5.2 Bandeiras tarifárias

O sistema de bandeiras tarifárias entrou em vigor em 2015, que tem como objetivo informar mensalmente ao consumidor o custo de geração da energia, permitindo o mesmo adequar seu consumo de energia elétrica.

Segundo Ballesté (2016), o sistema de bandeiras tarifárias apresentam três níveis: Verde, Amarela e Vermelha. A cor da bandeira é estabelecida mensalmente e informada na conta de luz. A tabela 4 apresenta as características de cada modalidade tarifária.

<b>Bandeira</b>	<b>Tabela 4- Bandeira Tarifária Condição</b>	<b>Custo (R\$ /kWh)</b>
<b>Verde</b>	Condições favoráveis de geração de energia	0,000
<b>Amarela</b>	Condições menos favoráveis a geração de energia	0,01343
<b>Vermelha patamar 1</b>	Condições custosas de geração de energia	0,04169
<b>Vermelha patamar 2</b>	Condições mais custosas de geração de energia	0,06243

Fonte: ANEEL (2019)

### 2.5.3 Tarifa branca

Como forma de reformular o sistema tarifário nacional brasileiro, o governo junto a ANEEL criou uma nova modalidade tarifária para o grupo B chamada Tarifa Branca, que cobra a taxa de consumo de energia elétrica de acordo com o horário do dia.

No Brasil, de acordo com ANEEL (2017), foi regulamentado na resolução normativa nº 733/2016, que o consumidor pode solicitar a adesão à tarifa branca a partir de 1º de janeiro de 2018. Contudo, existe um cronograma de preferência, de modo a priorizar as solicitações com as seguintes características:

- 1º de janeiro de 2018, para novas ligações e para unidades consumidoras com média anual de consumo mensal superior a 500 kWh;
- 1º de janeiro de 2019 para unidades consumidoras com média anual de consumo mensal superior a 250 kWh; e
- 1º de janeiro de 2020 para todas as unidades consumidoras.

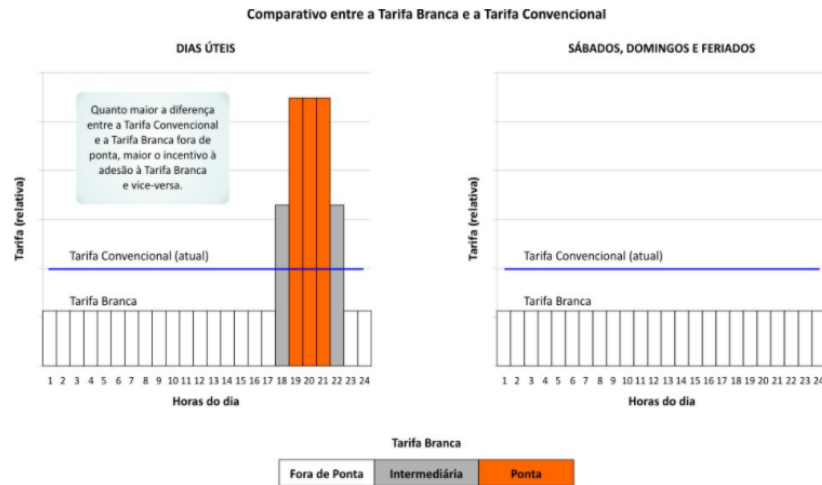
A modalidade tarifária horária branca pode ser aplicada aos consumidores do grupo B, exceto para o subgrupo B4 e para as subclasses de baixa renda do subgrupo B1, e consiste em diferentes tarifas de consumo de energia elétrica, dependente do horário de utilização, contando com três postos tarifários, sendo eles: posto tarifário de ponta, constituídos por 3 horas, posto tarifário intermediário, constituído pós 2 horas, sendo uma anterior e outra posterior ao período de ponta, e o posto tarifários fora de ponta, constituído por 19 horas com exceção dos horários fora de ponta e intermediário (CUNHA, 2018).

A energia é mais cara no período de ponta e mais barata no horário fora de ponta, refletindo aproximadamente os custos imputados ao sistema de distribuição de acordo com o período de consumo, portanto, a tarifa branca incentiva os consumidores a deslocarem o consumo dos períodos de ponta para os períodos em que a rede de distribuição tem capacidade mais ociosa, beneficiando todo o sistema elétrico (AZEVEDO, 2018).

Comparada com a tarifa convencional, a tarifa branca pode resultar em redução na conta de energia do consumidor na medida em que houver possibilidade de deslocar o consumo de energia elétrica do período de ponta para o de fora de ponta (dependendo da relação entre os valores da tarifa branca fora de ponta e o valor da tarifa convencional) (ANEEL, 2015). Quanto maior for a diferença entre a tarifa branca fora de ponta e a tarifa convencional, maiores serão

os benefícios à adesão a tarifa branca devido aos valores pagos entre uma tarifa e outra. A figura 11 faz a comparação entre a modalidade tarifária branca e modalidade tarifária convencional.

**Figura 11-** Comparativo entre Tarifa Branca e a Tarifa Convencional



Fonte: ANEEL (2016)

A Tarifa Branca não reduz o consumo de energia, ela busca estabelecer preços que se aproximam com o custo de prestação de serviço de acordo com o período de utilização. Ela ainda induz o deslocamento do consumo evitando a sobrecarga na rede de distribuição elétrica com vista a aumentar a eficiência da mesma.

O objetivo principal da modalidade tarifária branca para os consumidores do Grupo B, em esfera residencial, é de permitir que os mesmos controlem seus hábitos de consumo de energia elétrica em horários alternativos, e, conseqüentemente, garantir mais segurança à rede elétrica através do desestímulo ao uso no horário de maior carregamento do sistema.

## 2.6 ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

O armazenamento de energia vem se tornando uma questão cada vez mais complexa e desafiadora no setor elétrico. Sua importância se dá devido a diversos fatores como, por exemplo, assegurar a confiabilidade do sistema elétrico, melhorar a qualidade da energia fornecida aos consumidores, fazer a integração com geradores através de fontes renováveis de energia e permitir projetos de gerenciamento de demanda de energia (ESTEVEES, 2018).

Pinho e Galdino (2014) afirmam que existem no mercado diversos métodos de armazenamento de energia, que são: campo elétrico (supercapacitores), campo magnético (indutores com supercondutores), energia mecânica (volantes de inércia, ar comprimido, bombeamento de água), vetores energéticos (hidrogênio), dentre outros.

As baterias, ou acumuladores eletroquímicos, são popularmente as mais conhecidas e utilizadas em sistemas fotovoltaicos por serem economicamente mais viáveis. Elas convertem energia elétrica em química, quando carregam, e convertem a energia acumulada em elétrica quando descarregam.

As baterias, podem ser classificadas em recarregáveis e não recarregáveis. E classificadas em duas categorias: baterias primária e secundária. Segundo Pinho e Galdino (2014), as baterias primárias são utilizadas apenas uma vez (não recarregáveis). Quando as células primárias descarregam-se completamente sua vida útil se encerra e elas devem ser descartadas, é o caso de relógios de pulso, calculadoras e muitos outros aparelhos portáteis.

As baterias secundárias são aquelas que podem ser recarregadas, podendo ser com o auxílio de uma fonte de tensão ou corrente, e reutilizadas várias vezes. Para os sistemas fotovoltaicos de geração de energia elétrica são utilizados acumuladores secundários, por serem capazes de armazenar a energia por longos períodos (PINHO e GALDINO, 2014).

Segundo Esteves (2018), dentre inúmeros tipos de armazenamento existente, a bateria de chumbo-ácido (Pbácido) é a tecnologia mais utilizada atualmente em sistemas de geração fotovoltaica devido a sua tecnologia já consolidada e aos baixos custos de implementação, quando comparada com outras tecnologias. As baterias de íon de lítio (Li-íon), Níquel-Cádmio (NiCd) e Níquel-hidreto metálico (NiMH), apesar de serem mais eficientes e de apresentarem maior vida útil em comparação com as de chumbo ácido, ainda não são economicamente viáveis para utilização em sistemas fotovoltaicos residenciais de baixa tensão. Conforme se pode ver na tabela 5, as tecnologias e suas respectivas especificidades técnicas.

A construção básica de uma bateria Chumbo-ácido é ilustrada na figura 12. A grade possui uma estrutura feita de Chumbo metálico (sólido), que tem por finalidade suportar o material ativo das placas e ser capaz de conduzir corrente elétrica. Cada célula contém um conjunto de placas positivas e negativas conectadas intercaladamente em paralelo, ambos imersos no eletrólito. Para impedir o contato entre as placas positivas e negativas, de modo a não ocasionar o curto-circuito da célula, são instalados entre elas isolantes finos, que são constituídos de material poroso, que tem como objetivo permitir uma livre passagem do eletrólito entre as placas (PINHO E GALDINO, 2014).

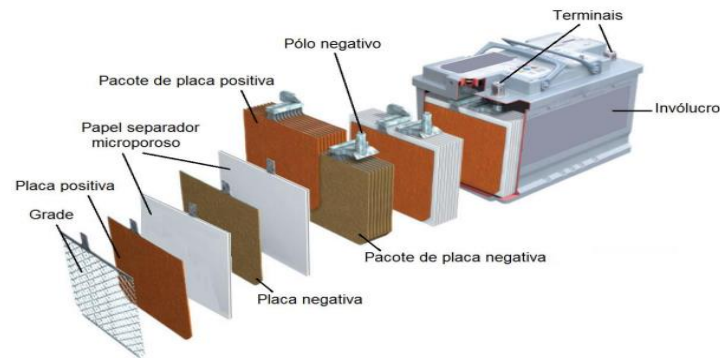
**Tabela 5-** Dados técnicos de algumas baterias recarregáveis disponíveis comercialmente

<b>Tecnologia</b>	<b>Densidade Energética [Wh/kg]</b>	<b>Eficiência <math>\eta_{wh}</math> [%]</b>	<b>Vida útil [anos]</b>	<b>Vida Cíclica [ciclos]</b>	<b>Aplicações Típicas (Exemplos)</b>
Chumbo – Ácido (Pb –ácido)	20 - 40	80 - 90	3 - 20	250 - 500	Uso estacionário, tração, automática
Níquel – Cádmio (NiCd)	30 - 50	60 - 70	3 - 25	300 - 700	Aplicações das baterias chumbo – ácido, ferramentas, veículos elétricos
Ion de Lítio (Li –íon, Li-Polímero)	90 - 150	90 - 95	-	500 - 1000	<i>Notebooks</i> , celulares, <i>smart cards</i> , veículos elétricos e híbridos
Níquel-hidreto Metálico (NiMH)	40 - 90	80 - 90	-	300 - 600	<i>Notebooks</i> , celulares, veículos elétricos e híbridos, etc

---

Fonte: CRESEB (2014)

**Figura 12-** Componentes básicos de uma bateria eletroquímica



Fonte: CRESEB (2014)

De acordo com Esteves (2018), o uso do armazenamento de energia em sistemas *on grid* se faz pela necessidade de garantir uma maior confiabilidade do sistema, em caso de falta da energia da rede elétrica, e também para desenvolver métodos de gerenciamento de demanda.

## 2.7 VALOR PRESENTE LÍQUIDO

O parâmetro indicador econômico pode ser visto como uma função objetivo, a qual deve ser observada durante todo o processo de produção para embasar as decisões que deverão ser tomadas (FUNCIA, 2020). Ele permite fazer análise da viabilidade de projetos de investimento.

Segundo Lorenzet (2013), o valor calculado do VPL deve ser considerado seja ele positivo ou negativo. No caso de VPL negativo significa que o investimento realizado apresentará futuramente um retorno abaixo do esperado, inviabilizando o investimento. Já se o VPL retornar positivo, este indica um bom índice de atratividade, que pode tornar viável e aconselhável tal investimento.

### 3 METODOLOGIA

Minayo (2001) entende a metodologia como o caminho do pensamento e a prática exercida na abordagem da realidade. Nessa perspectiva, a metodologia ocupa um lugar central no interior das teorias e está sempre referida à elas.

A metodologia não só contempla a fase de exploração do campo de pesquisa como também a definição de instrumentos a ser utilizados e procedimentos para análise dos dados (MINAYO, 2001).

#### 3.1 TIPO DE ESTUDO

O presente trabalho baseia-se em pesquisa bibliográfica no qual foi feito o levantamento de informações e conhecimentos a partir dos trabalhos científicos publicados de autorias distintas, acerca das formas de integração da geração fotovoltaica distribuída para fim residencial e suas respectivas vantagens.

Pretende-se, apresentar um estudo de viabilidade dos referidos sistemas de forma que permita ao consumidor posicionar -se, e ter uma noção clara quanto ao que sistema optar com o intuito de controlar e gerenciar o consumo de energia elétrica, reduzindo os altos custos de energia no horário de ponta. Serão apresentados três estudos de sistemas conectados à rede, a adoção da Tarifa Branca em conjunto com GD, GD acoplado a sistema de armazenamento de energia e um outro sistema que abrange os dois casos juntos.

#### 3.2 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

Para Andrade (2010), os documentos bibliográficos constituem-se em fontes primárias ou secundárias. Fontes primárias são aquelas constituídas por obras ou textos originais, material ainda não trabalhado, sobre determinado assunto. Fontes secundárias são obtidas a partir de fontes primárias e constituem-se em fontes das pesquisas bibliográficas. Neste trabalho foram utilizados os dados secundários, visto que os mesmos foram obtidos através de artigos, dissertações, trabalhos de conclusão de curso relacionados a geração distribuída a partir de fonte

solar fotovoltaica com a integração da tarifa branca acoplado ao armazenamento de energia, livros e meios eletrônicos.

As plataformas de pesquisas utilizadas foram google acadêmico e academia, no qual foram empregadas palavras como “Geração distribuída e tarifa branca”, “Geração distribuída e armazenamento de energia”, “Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede.”

### 3.3 ANÁLISE DE DADOS

De acordo com Teixeira (2003), a análise de dados é o processo de formação de sentido além dos dados, e esta formação se baseia na consolidação e interpretação do que as pessoas disseram e o que o próprio pesquisador viu e leu, isto é, o processo de formação de significado. Neste trabalho, foi feita análise dos dados, comparação e interpretação das informações concernentes aos documentos primários que nortearam esse estudo.



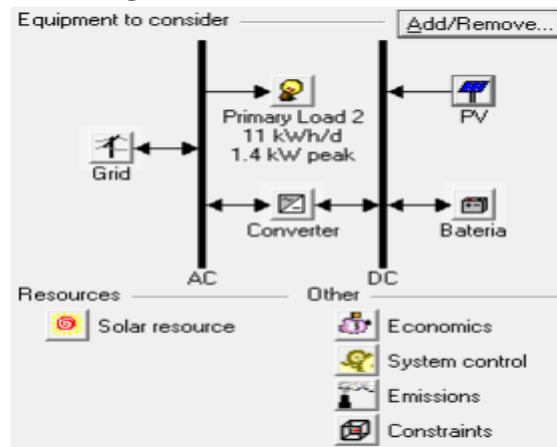
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Vale ressaltar que nesse estudo, o número, a marca dos módulos fotovoltaicos e o próprio método de análise das viabilidades técnica e/ou econômica utilizados pelos autores diferem entre si, bem como as cidades onde foram feitos esses estudos.

### 4.1 TARIFA BRANCA EM CONJUNTO COM A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Esta configuração em combinação com a mudança no perfil de consumo de energia elétrica fazendo uso das técnicas de GLD como redução de pico e deslocamento de carga, traz vantagens ao consumidor, uma vez reduzida a carga significa que uma parcela do percentual dos dispositivos utilizados no horário de ponta será cortado. Em termos de viabilidade técnica e econômica para o atendimento da carga num período de 25 anos com 4% da taxa de juros anual, essa configuração se mostrou mais atrativa em comparação a configuração geração distribuída com adoção a tarifa convencional. Isso pode ser comprovado por Cunha, Bernardon e Ramos (2016), nos seus estudos, com base na tabela 6. A simulação foi feita através do *software HOMER no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul*, o diagrama do sistema é mostrado na figura 13. O painel solar é da marca Jetion Solar feito do material silício policristalino, potência de 235 W, com uma produção média de energia de 27,51 kWh/ mês, vida útil de 25 anos. Os mesmos fizeram corte de 11% de representação de ponta, o que corresponde aos equipamentos de condicionamento ambiental, som e ferro. Ainda nesse mesmo estudo, fez-se o deslocamento de uso do chuveiro para horário fora de ponta que corresponde a 43% da carga, isso permitiu que houvesse redução de 54% do consumo de ponta. O resultado em questão pode ser visto na figura 14.

**Figura 12- Software HOMER**



Fonte: CUNHA, BERNARDON e RAMOS (2016)

**Tabela 6- Comparativo custo de energia com GD**

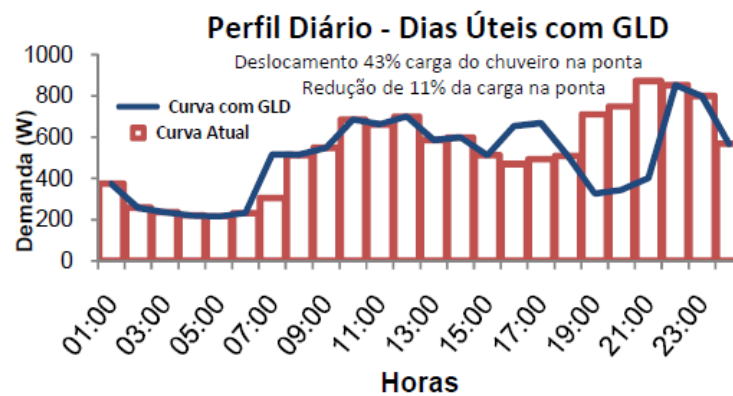
**Simulações**

**Valor Presente Líquido (VLP)**

<b>Convencional e GD</b>	R\$ 31.273,00
<b>Tarifa branca + GD</b>	
<b>Redução de pico</b>	R\$ 28.942,00
<b>+ deslocamento de carga</b>	

Fonte: CUNHA, BERNARDON e RAMOS (2016)

**Figura 14- Perfil diário carga-dias úteis com GLD deslocamento de carga e redução de pico**



Fonte: CUNHA, BERNARDON e RAMOS (2016)

A linha azul do gráfico representa a curva de carga após aplicação de GLD.

Um estudo de caso realizado por Cunha (2018) mostra que com apenas uma das técnicas de gerenciamento de carga acima mencionada como o deslocamento de carga nos dias de semana, é possível o consumidor contemplar a tarifa branca, o mesmo procede quando não há alteração nos horários de consumo nos finais de semana já que o posto tarifário é único. Porém, Cunha (2018) reforça dizendo que a mudança para a modalidade branca pode acompanhar alguns riscos se não for cumprido o novo perfil de consumo, podendo acarretar em prejuízos, visto que essa mudança pode alterar o padrão de consumo dos usuários.

De acordo os resultados expressos na tabela 7, pode-se ver que com a modulação da carga, esta configuração TB em conjunto com GD torna-se mais viável que a convencional oferecendo um desconto de 12,35 R\$ por mês.

**Tabela 7-** Comparação monetária entre modalidade tarifária dias úteis e dias do final de semana

Modalidade	Posto Tarifário	Consumo em kWh (mensal) Dias úteis	Consumo em kWh(mensal) final de semana	Tarifas sem Impostos	Valor a pagar(R\$) Dias úteis	Valor a pagar (R\$) Final de semana	Valor total a pagar (R\$)
<b>Convencional</b>	-	195,25	50,08	0,69081	134,88	34,60	169,48
<b>Tarifa Branca</b>	Fora ponta Intermediário Ponta	135,74 9,02 37,18	50,08	0,53235 0,8481 1,35995	130,47	26,66	157,13

Fonte: CUNHA (2018)

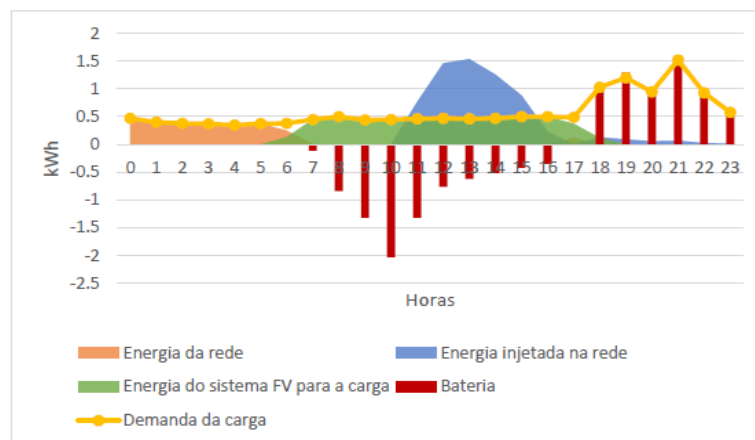
Contudo, pode-se constatar que viabilidade da tarifa branca está ligada à mudança de hábitos de consumo por parte do consumidor, e que embora sem uso de sistema de armazenamento de energia é possível a redução do custo das faturas.

## 4.2 GD ACOPLADA A SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

Tendo-se como referência a figura 15, a energia solar gerada pelo sistema FV no horário de maior incidência solar é acumulada através de baterias, que por conseguinte é controlada por regulador de carga para evitar a sua sobrecarga. Segundo Silva (2014), após o carregamento da bateria, no período da descarga, o inversor entra em ação para alimentar a carga do sistema no horário de ponta. Vale ressaltar que para a simulação foram adotadas as características de latitude e radiação da cidade de Florianópolis, Santa Catarina.

De acordo com a simulação feita no *software System Advisor Model (SAM)* por Freitas (2017), dependendo da capacidade dos acumuladores, a demanda no horário de ponta pode ser totalmente suprida pelo sistema, das 18:00 às 23:00 horas do estado de Santa Catarina, não necessitando da energia proveniente da rede, pelo contrário é capaz de injetar o excedente na rede, como mostrado na figura 15.

**Figura 15-** Curva de carga com GD e bateria Pb-ácido de 10kWh



Fonte : FREITAS (2017)

Com esta configuração, consegue-se reduzir a utilização da energia da concessionária no horário de ponta e consequentemente reduzir o custo da fatura através do acúmulo de energia durante o dia onde a geração é maior, e o seu posterior uso no horário de pico.

Propõe-se para esta configuração o uso do excedente no horário fora de ponta no dia seguinte, de forma a reduzir o custo da fatura de energia, visto que a tarifa nesse horário é

elevada. De certa forma, o consumidor se torna mais independente em relação ao uso da energia proveniente da rede de distribuição elétrica.

Miranda, Szklo e Schaeffer (2014) vem reforçando que uso de sistemas FV com baterias para o armazenamento de energias durante o dia e seu posterior uso durante a noite adotando o mesmo posto tarifário não é praticável porque gera prejuízo, é mais viável economicamente enviar o excedente gerado à rede local.

Aplicação das técnicas de GLD podem ser dispensáveis nesta configuração e mesmo assim consegue-se contemplar a redução do custo da fatura mensal de energia, porém, segundo Freitas (2017), uma das desvantagens do uso da bateria para níveis de potência de 10 kW seria o grande espaço que ela ocupa em uma residência. Portanto, por questões estéticas podem acabar inviabilizando a sua instalação, e o próprio método de descarte visto que apresentam riscos elevados para o meio ambiente devido a sua composição química.

Afirma ainda Freitas (2017) que uma das principais vantagens da instalação de um banco de baterias em um SF de GD em uma residência para o consumidor seria a adesão a tarifa branca, que será apresentado na secção a seguir.

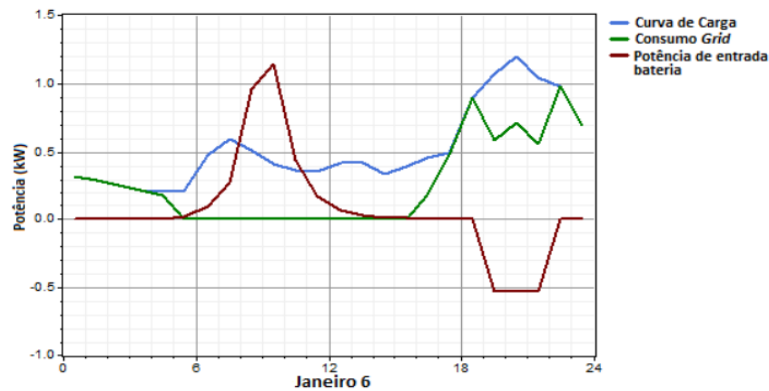
#### 4.3 INTEGRAÇÃO DA TARIFA BRANCA, GD E ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

A geração da energia solar fotovoltaica integrado a um sistema de armazenamento de energia com adoção a Tarifa Branca é um outro método eficiente de gerenciamento da demanda em horários de ponta com vista a redução dos altos custos da tarifação de energia elétrica. Segundo o estudo realizado por Miranda, Szklo e Schaeffer (2014), através do *software HOMER*, onde foi analisado a curva de carga de uma residência no município de Belo Horizonte, Minas Gerais, cujo consumo médio mensal de 379 kWh, esta configuração apresenta um bom potencial de economia de energia com base no despacho das baterias tanto no horário de ponta propriamente dita, das 19 às 21 horas, como no horário ponta e intermediário compreendendo um período das 18 às 22 horas.

De acordo com o estudo desenvolvido por Miranda, Szklo e Schaeffer (2014), para o descarregamento da bateria somente no horário de ponta (figura 16), o sistema torna-se mais dependente da rede, mesmo com energia remanescente no estado de carga 60%, em comparação com o descarregamento da bateria no horário de ponta e intermediário junto (figura 17), com o estado de carga mínimo permitido de 40%. Com isso, do ponto de vista da economia de energia,

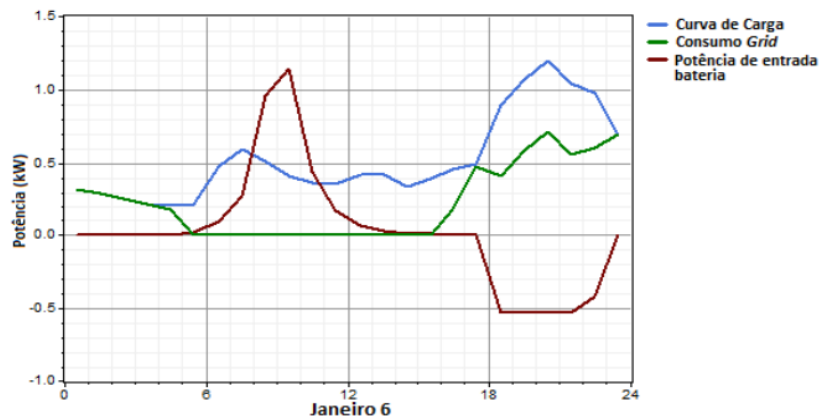
a estratégia de despacho no período intermediário e de ponta representa menos 2.239 kWh, considerado todas as horas do dia anualmente. Porém, em termos do valor presente líquido, o despacho de bateria no período apenas de ponta, das 19 às 21 horas, apresenta menor custo em razão do menor uso das baterias.

**Figura 16-** Despacho da bateria no horário de ponta concernente ao dia 6 de janeiro.



Fonte: MIRANDA, SZKLO e SCHAFFER (2014)

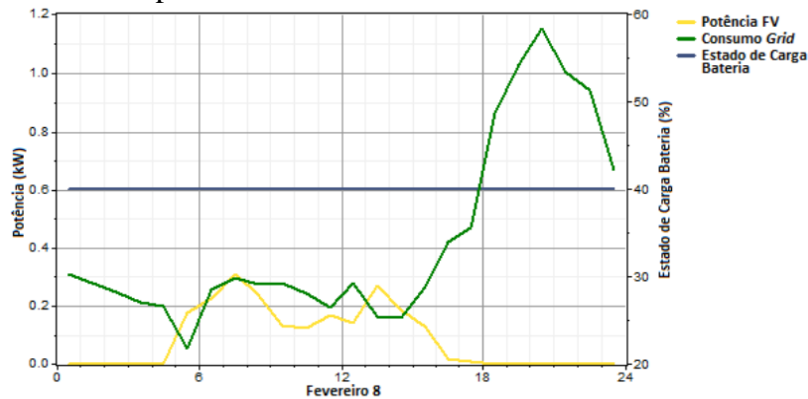
**Figura 17-** Despacho da bateria no horário intermediário e (ou) de ponta concernente ao dia 6 de janeiro



Fonte: MIRANDA, SZKLO e SCHAFFER (2014)

Na figura 18, optou-se pelo descarregamento da bateria no horário de ponta e intermediário. Com a baixa insolação do dia (8 de fevereiro) pode-se notar a baixa geração de energia, e conseqüentemente pouca ou nenhuma contribuição durante o período da noite. A bateria foi esgotada no dia anterior (7 de fevereiro) motivo pelo qual o estado de carga da mesma permaneceu inalterado, em 40 %.

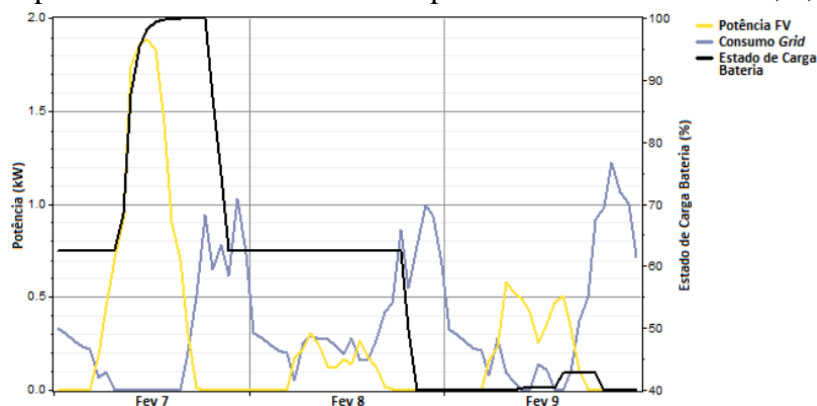
**Figura 18** - Despacho da bateria no horário intermediário e de ponta concernente ao dia 8 de fevereiro - comportamento do sistema em dia com baixa nebulosidade



Fonte: MIRANDA, SZKLO e SCHAFFER (2014)

Na figura 19, o descarregamento ocorre apenas no horário de ponta. Sendo assim, a energia remanescente no sistema pode ser aproveitada no período da noite do dia seguinte (9 de fevereiro).

**Figura 19-** Despacho da bateria no horário de ponta concernente ao dia 7, 8, 9 de fevereiro



Fonte: MIRANDA, SZKLO e SCHAFFER (2014)

Com essas duas estratégias de operação, cabe ao consumidor escolher se consome toda energia durante os períodos intermediário e ponta ou apenas na ponta e armazenando o excedente para o uso posterior nos períodos fora de ponta diminuindo assim a dependência da energia fornecida pela rede distribuidora. Vale ressaltar que deve-se levar em consideração os aspectos climáticos, em dias nublados de pouco ou nenhuma geração de energia a melhor opção é usar o excedente para suprir a demanda no horário de ponta do dia seguinte.

## 4.4 QUADRO RESUMO

Na tabela 8 são apresentados dados técnicos referentes aos sistemas acima descritos.

<b>Tabela 8 – Quadro resumo.Autor (ano)</b>	<b>Configurações GD</b>	<b>Tipo de Conexão Com a Rede</b>	<b>Potência Módulo</b>	<b>Produção Média de Energia</b>	<b>Classe de Consumo (kWh)</b>
<b>CUNHA, BERNARDON, RAMOS (2016);</b>	GD + Tarifa Branca	Baixa Tensão	235 W	27,51 kWh/mês	301 - 500
<b>CUNHA (2018)</b>	Tarifa Branca	Baixa Tensão			135,74 – 195, 25
<b>FREITAS (2017)</b>	GD + Armazenamento de Energia (banco de baterias)	Baixa Tensão	4 kWp	10 kWh (capacidade armazenamento de energia)	301 - 500
<b>MIRANDA, SZKLO e SCHAFFER (2014)</b>	GD + Tarifa Branca + Armazenamento de Energia	Baixa Tensão	2,2 kWp	-	> 300

Fonte: Autor (2020)



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade técnica e econômica das diferentes formas de integração da geração fotovoltaica distribuída para classe residencial brasileira, cujo consumo médio mensal varia de 130 à 500 kWh. Faz o uso dos dados e gráficos realçados pelos autores mediante um estudo de caso por eles realizados.

A configuração apresentada na seção 4.1. mostrou resultados satisfatórios quando veio acompanhado com mudanças do hábito no consumo de energia elétrica, fazendo o uso de algumas técnicas de GLD, precisamente a redução de pico e deslocamento da carga. Vale ressaltar que as outras técnicas citadas na seção 2.4.1, como o caso do preenchimento de vales e conservação estratégica (redução do consumo) combinam o efeito das que foram utilizadas no estudo primário, caso se fizesse o uso delas o resultado seria o mesmo.

As configurações apresentadas nas seções 4.2 e 4.3 embora dispensaram o uso do GLD mas mostraram ser flexíveis pelo simples fato de haver acoplamento da bateria ao sistema que permitiu o gerenciamento da demanda.

Com base nas análises feitas, tanto a configuração GD em conjunto com a tarifa branca, como a GD acoplado ao sistema de armazenamento de energia podem ser mais vantajosas caso o consumidor optar por fazer o remanejamento da carga para horários fora de ponta.

Em termos do custo do sistema em si, as configurações 4.2. e 4.3. são mais caras devido aos altos preços das baterias no mercado, mas acredita-se que num futuro próximo tanto os preços dos sistemas FVs e das baterias serão mais acessíveis por conta do crescimento constante das tecnologias. Em termos de desempenho, a 4.3. mostrou-se ser mais eficiente na redução do consumo de energia no horário de ponta. Com tudo isso, cabe o consumidor escolher o que melhor é capaz de suprir sua demanda a um custo mais acessível, conforme suas possibilidades econômicas.

Para aprofundar mais sobre o assunto, sugere-se um estudo sobre qual das duas formas de uso do excedente proveniente da geração fotovoltaica distribuída é mais viável economicamente: por injeção à rede como espécie de compensação de energia elétrica ou pelo uso no horário fora de ponta do dia seguinte.

Outra sugestão para trabalhos futuros, é a inclusão do sistema de armazenamento através do hidrogênio para a redução do consumo no horário de ponta, na configuração GD em conjunto com a Tarifa Branca.

## REFERENCIAS

ABGD - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA. **Número de conexões.** Disponível em: <<http://www.abgd.com.br/portal/dados-mercado/>>. Acesso em: 24 de out. 2019.

ABSOLAR- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Energia Solar Fotovoltaica no Brasil: Infográfico Solar** Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/infografico-absolar.html>>. Acesso em: 22 de ago. 2022.

ABSOLAR- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Geração Distribuída Solar Fotovoltaica: O Novo Sempre Vem.** Disponível em: <<http://absolar.org.br/noticia/artigos-da-absolar/geracao-distribuida-solar-fotovoltaica-o-novo-sempre-vem.html>>. Acesso em: 24 de out. 2019.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **ANEEL aprova Tarifa Branca, nova opção para os consumidores a partir de 2018.** Disponível em: <[https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset\\_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/aneel-aprova-tarifa-branca-nova-opcao-para-os-consumidores-a-partir-de-2018/656877](https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/aneel-aprova-tarifa-branca-nova-opcao-para-os-consumidores-a-partir-de-2018/656877)>. Acesso em: 6 de dez. de 2019.

ANEEL- AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Bandeiras Tarifárias.** Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias>>. Acesso em: 7 de out 2019.

ANEEL- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Ceará chega a 100 MW em Geração Distribuída solar fotovoltaica e é líder.** Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/noticia/noticias-externas/ceara-chega-a-100-mw-em-geracao-distribuida-solar-fotovoltaica-e-e-lider.html>>. Acesso em: 16 de out. 2020.

ANEEL- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA **Estrutura Tarifária Para o Serviço de Distribuição de Energia Elétrica.: Caraterização do Mercado de Consumo de Baixa Tensão.** Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2010/120/documento/nota\\_tecnica\\_n%C2%BA\\_362\\_2010\\_sre-srd-aneel.pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2010/120/documento/nota_tecnica_n%C2%BA_362_2010_sre-srd-aneel.pdf)> . Acesso em: 5 de dez. 2019.

ANEEL- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Geração Distribuída. Micro e Minigeração Distribuídas.** Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>>. Acesso em: 10 de out. 2019.

ANEEL-AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Superintendência de Regulação Econômica Superintendencia de Regulação dos Serviços de Distribuição: Nota Técnica nº 362 / 2010 – SER –SRD/ ANEEL, Brasília, 2010.**

ANEEL- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Tarifa Branca. Quais os Benefícios da Tarifa Branca.** Disponível em: <[https://www.aneel.gov.br/tarifa-branca?p\\_p\\_id=101&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_state\\_rcv=1&\\_101\\_struts\\_ac](https://www.aneel.gov.br/tarifa-branca?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_state_rcv=1&_101_struts_ac)>

tion=%2Fasset\_publisher%2Fview\_content&\_101\_urlTitle=tarifa-branca-perguntas&\_101\_groupId=654800&\_101\_type=content&\_101\_assetEntryId=14788022 >. Acesso em : 03 de dez. 2019.

ANDRADE, Maria Margarida de. **Introdução à Metodologia do Trabalho Científico: técnicas de pesquisa bibliográfica**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

AZEVEDO, Flávia Silveira de. **Tarifa Binômia Para Consumidores de Baixa Tensão no Brasil: impactos e análise crítica**. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. 2018. Dissertação (Mestrado)-Programa de pós-graduação em Metrologia, Rio de Janeiro, 2018.

BAJAY, S.; JANNUZZI, M. Gilberto; HEIDEIER, B. Raphael; *et al.*, **Geração Distribuída e Eficiência Energética Reflexões Para o Setor Elétrico de Hoje e do Futuro: Geração Distribuída de Energia Energética**. 1ª ed.,2018, p. 197.

BALFOUR, John; SHAW, Michael; NASH, Nicole Bremer. **Introdução ao Projeto de Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Ltc, 2016. Tradução de Luiz Claudio de Queiroz Faria; Revisão técnica de Marco Aurélio dos Santos.

BALLESTÉ, Renata Ramos. **O Impacto das Tarifas de Energia Elétrica no Consumo Residencial**. 2016. 46 f. TCC (Graduação)- Curso de Economia.

BARBOSA, Elielza Moura de S.; SILVA, Diego O.; MELO, Rinaldo O. **Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede com Baterias Sistema UFPE-Brasil**. Projeto inserido dentro do CT-INFRA-MCT.Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

BRAGA, Nina Bordini. **Gerenciamento pelo Lado da Demanda em Áreas Residenciais**. Escola Politécnica Universidade Federal do Rio de Janeiro. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica, Rio de Janeiro, 2014.

BRITO, Miguel C.; SILVA, José A. **Energia Fotovoltaica: Conversão de Energia Solar em Eletricidade**. 2006 Artigo publicado na revista o instalador. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, 2014

CARDOSO, Alline Machado; MANCINI, Fabrizio Nicolai; POIT, Daniel Rodrigues; COSTA, Paulo A. Bracarense. **Impactos das Bandeiras na Revisão Tarifária. Oferta e Demanda de Energia - O Papel da Tecnologia da Informação na Integração dos Recursos**. Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. Gramado –RS, 2016.

CUNHA, Alysson Christian Dias. **Estudo da Tarifa Branca de Energia Elétrica: Análise de Viabilidade para Unidades Consumidoras Residenciais**. Universidade de Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira. Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão de Recursos Hídrico, Ambientais e Energéticos. Redenção, 2018.

CUNHA, Murilo V.da; BERNARDON, Daniel P.; RAMOS, Diego B. **Técnicas de GLD Aplicadas ao Consumidor de BT considerando a Tarifa Branca e a Geração Distribuída: Gerenciamento pelo Lado da Demanda.** Universidade Federal de Santa Maria. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Rio Grande do Sul, Santa Maria, 2016.

CRESESB - CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA. **Células e Módulos Fotovoltaicos de Silício Cristalino.** Disponível em <[http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com\\_content&lang=pt&cid=321](http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=321)>. Acesso em: 15 de out. 2019.

CRESESB- CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA. **Energia Solar Fotovoltaica.** Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com\\_content&lang=pt&cid=321](http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=321)> . Acesso em: 14 de out. 2019.

CRESESB – CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos: Sistemas Conetados à Rede.** Grupo de Trabalho de Energia Solar –GTES. Rio de Janeiro, 2014.

ESTEVES O. L. A. **Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída com Armazenamento de Energia para Gerenciamento de Demanda em Horários de Ponta em Unidades Consumidoras Residenciais.** Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-Graduação Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas 2018.

ETENE –ESCRITÓRIO TÉCNICO DE ESTUDOS ECONÔMICOS DO NORDESTE. **Energia Solar Fotovoltaica: Geração Centralizada.** Disponível em <[https://www.bnb.gov.br/documents/80223/4296541/57\\_solar1.pdf/0c71ca87-db56-278c-2817-6ced55af4fa2](https://www.bnb.gov.br/documents/80223/4296541/57_solar1.pdf/0c71ca87-db56-278c-2817-6ced55af4fa2)>. Acesso em: 15 de out. 2019.

FORTUNATO, Morgana *et al.* **Uma Análise do Gerenciamento pelo Lado da Demanda Aplicado ao Conceito de Microgrids.** Instituto Federal Santa Catarina. Pesquisa, Pós-graduação e Inovação. Curso de Engenharia Elétrica, Campus Florianópolis, 2013.

FREITAS, Bruna Nunes. **Análise de um Sistema Fotovoltaico de Geração Distribuída com Bateria Integrada de Alto Desempenho.** Universidade Federal de Santa Catarina. TCC na Modalidade de Artigo Científico. Araranguá, 2017.

FUNCIA, Mei Abe. **Uma comparação de modelos substitutos de aprendizado de máquina para a previsão do valor líquido presente a partir de dados de alta dimensão de arranjos de poços.** Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Tecnologia. Dissertação (Mestrado). Limeira, 2020.

GARCIA, Armando Suárez. **Consumo de Energia Elétrica- Aspectos Técnicos, Institucionais e Jurídicos.** Procedimentos Vinculados à Medição da Energia Elétrica. 1ª ed., Juruá Editora, 2011.

INEE –INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **O que é Geração Distribuída**. Disponível em: <[http://www.inee.org.br/forum\\_ger\\_distrib.asp](http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp)>. Acesso em: 10 de out. 2019.

JANNUZZI, Gilberto de Martino; SWISHER, Joel; REDLINGER, Robert. Oferta, Demanda e Suas Interfaces **Planejamento Integrado de Recursos Energéticos**. 2ª ed. Campinas IEI brasil, Campinas, 2018, p. 134.

LORENZET, Leonardo. **Valor Presente Líquido. Análise da Viabilidade de Investimento de Uma Empresa do Ramo de Distribuição de Gás Natural Comprido (GNC)**. Universidade de Caxias do Sul. Centro de Ciências Econômicas, Contábeis e Comércio Internacional. Curso de Ciências Contábeis. Monografia. Caxias do Sul, 2013.

MATOS, Anastácio Paggi. **Estudo de Caso: Energia Solar Fotovoltaica Como Fonte Alternativa na Geração de Energia Elétrica em Uma Embarcação**. 2016 TCC (graduação) – Curso de Engenharia Naval, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2016.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **Teoria, Método e Criatividade**. Metodologia. 18ª ed. Petrópolis: Vozes, 2001, p.43.

MIRANDA, Raul F.C.; SZKLO, Alexandre; SCHAEFFER, Roberto. **Sistemas Fotovoltaicos Acoplados a Baterias no Setor Residencial Sob Âmbito da Tarifa Branca de Energia** 2014. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós Graduação e Pesquisa em Engenharia, Programa de Planejamento Energético. Rio de Janeiro, 2014.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco António. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**.Baterias. CEPEL-CRESESB, Edição Revisada e Atualizada, Rio de Janeiro, 2014.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco António. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**.Baterias. CEPEL-CRESESB, Edição Revisada e Atualizada, Rio de Janeiro, 2014, p.289.

PROCEL EPP - PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - **Manual de Tarifação de Energia Elétrica**. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/372794733/PROCEL-EPP-Manual-de-Tarifacao-de-Energia-Elétrica-Agosto-2011-pdf>> . Acesso em: 11 de nov. 2019.

QUEIROZ, Patrícia Valéria Sathler de. **Mapeamento das Curvas de Carga**. Disponível em: <[https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/34588/34588\\_4.PDF](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/34588/34588_4.PDF)>. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Acesso em: 5 de dez. 2019.

RUTHER, Ricardo. **Edifícios Solares Fotovoltaicos: O potencial da Geração Solar Fotovoltaica Integrada a Edificações Urbanas e Interligada à Rede Elétrica Pública no Brasil**. Módulo Solar Fotovoltaico. 1ª ed. Florianópolis: LABSOLAR, 2004. p. 20.

SANTOS, Paulo Eduardo Steele. **Tarifa de Distribuição para Unidades Consumidoras e Microgeradores Considerando a Elasticidade- Preço das Cargas**. Universidade Federal de Itajubá. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Itajubá, 2008.

SOLAR BRASIL PLUS. **Efeito Fotoeletrico e Efeito Fotovoltaico: Entenda Qual é a Geração de Energia Elétrica.Efeito Fotovoltaico**. Disponível em: <  
<https://blog.bluesol.com.br/efeito-fotoeletrico-fotovoltaico/>>. Acesso em: 12 out de 2019.

SILVA, Alex de Lima e. **Protótipo de um sistema fotovoltaico auxiliar com armazenamento de energia elétrica**. 2014. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento de Tecnologia, Instituto de Tecnologia Para O Desenvolvimento, Curitiba, 2014.

SILVA, Alex de Lima e. **Protótipo de um sistema fotovoltaico auxiliar com armazenamento de energia elétrica: Sistema Isolado**. 2014. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento de Tecnologia, Instituto de Tecnologia para O Desenvolvimento, Curitiba, 2013.

TEIXEIRA, Enise Barth. **A Análise de Dados na Pesquisa Científica –A Importância e Desafios em Estudos Organizacionais**. Análise de dados. Artigo.de Caracter Teórico-Reflexivo. Editora: Unijuí, 2003, p.191.

VILLALVA, Marcelo Gradella. **Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações**. São Paulo: Érica, 2015. p.20.