



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE ENGENHARIA E GEOCIÊNCIAS
BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA**

**SISTEMA FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL CONECTADO À REDE
EM SANTARÉM: ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E
FINANCEIRA**

**GISLLANE SANTOS DE OLIVEIRA
TATIANE SILVA COSTA**

**SANTARÉM - PARÁ
2015**

**GISLLANE SANTOS DE OLIVEIRA
TATIANE SILVA COSTA**

**SISTEMA FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL CONECTADO À REDE
EM SANTARÉM: ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E
FINANCEIRA**

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso – TCC
apresentado ao Curso de Bacharelado
Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia da
Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA
como requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Professor Me. Eng. José Roberto Branco Ramos Filho

**SANTARÉM - PARÁ
2015**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFOPA

O48s Oliveira, Gisllane Santos de
Sistema fotovoltaico residencial conectado à rede em Santarém: estudo de viabilidade técnica e financeira / Gisllane Santos de Oliveira, Tatiane Silva Costa. – Santarém, 2015.
101 f. : il.
Inclui referências bibliográficas.
Orientador: José Roberto Branco Ramos Filho.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do Pará. Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia. Santarém, 2015.

1. Sistemas de energia fotovoltaica - Pará. 2. Energia solar. 3. Santarém (PA). I. Costa, Tatiane Silva. II. Ramos Filho, José Roberto Branco, orient. III. Título.

CDD: 23.ed. 621.3191098115

Bibliotecário-documentalista: Rogério Aoyama CRB 2/1506

TERMO DE APROVAÇÃO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi analisado pelos membros da Banca Examinadora, abaixo assinados:

Aprovado em: ____/____/____

Título: **SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE RESIDENCIAL EM SANTARÉM: ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E FINANCEIRA**

**GISLLANE SANTOS DE OLIVEIRA
TATIANE SILVA COSTA**

BANCA EXAMINADORA

**Orientador
José Roberto Branco Ramos Filho**

**1º membro
Marcel Antonionni de Andrade Romano**

**2º membro
Manuel Roberval Pimentel Santos**

**SANTARÉM - PARÁ
2015**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por todas as bênçãos concedidas.

À minha família que me apoia em todos os momentos, em especial aos meus pais Orlando de Oliveira e Cloriday Santos de Oliveira que sempre deram suporte aos meus estudos.

Ao meu orientador José Roberto Branco Ramos Filho pela orientação, pelos conhecimentos compartilhados e pela contribuição à minha formação acadêmica e profissional.

À minha colega de trabalho Tatiane Costa pela parceria na elaboração deste trabalho.

Ao eletrotécnico e colega de turma Pablo dos Santos pelo auxílio e repasse de conhecimentos necessários à elaboração do projeto elétrico do sistema proposto.

Ao professor Marcel Antonionni de Andrade Romano pelas dúvidas esclarecidas e pelo auxílio na elaboração do projeto elétrico do sistema proposto.

Aos demais colegas que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

Gisllane Oliveira

Agradeço primeiramente a Deus por permitir a conclusão de mais um projeto em minha vida.

Agradeço a minha vó Joaquina Costa por todo amor e dedicação que me conforta todos os dias, ao meu avô Braz Costa (*In Memoriam*) que me ensinou a ser perseverante e o valor que devemos ter como pessoa e o quanto o trabalho engrandece o homem, aos meus avós maternos Cecília Fernandes e Alcides Fernandes que colaboraram de forma íntegra na minha força, coragem e caráter.

A Amasa Carvalho que sempre acredita em meus sonhos seguindo ao meu lado apoiando com companheirismo, amor e confiança.

Aos meus familiares, amigos, em especial a Livaldo Santos e Flávia Lima, a Danilo Fialho, ao professor Marcel Antonionni de Andrade Romano pela disponibilidade e paciência, e todos que contribuíram de alguma forma durante essa jornada.

Meus sinceros agradecimentos a Gisllane Oliveira com que compartilho a criação deste trabalho e ao professor José Roberto Branco Ramos Filho pela paciência, dedicação e orientação na realização deste projeto.

Tatiane Costa

*Se, a princípio, a ideia não é absurda,
então, não há esperança para ela.*

Albert Einstein

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	X
RESUMO	XII
ABSTRACT	XIII
1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 CONTEXTO	14
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 GERAL.....	15
1.2.2 ESPECÍFICOS	15
1.3 METODOLOGIA	16
1.4 ESTRUTURA	17
2 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA	18
2.1 HISTÓRICO	18
2.2 DEFINIÇÃO	21
2.3 BENEFÍCIOS DA UTILIZAÇÃO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA	23
2.4 DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA	25
2.5 TECNOLOGIAS APLICADAS NA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA	25
3 SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE	28
3.1 ENERGIA SOLAR.....	28
3.1.1 SISTEMA FOTOVOLTAICO ISOLADO (SFI)	29
3.1.2 SISTEMA CONECTADO À REDE DE FORMA CENTRALIZADA.....	29
3.1.3 SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE - SFCR (<i>GRID TIE/ON GRID</i>)	30
3.2 COMPONENTES	32
3.2.1 MÓDULO SOLAR	32
3.2.2 INVERSOR	40
3.2.3 EQUIPAMENTOS DE MANOBRA E PROTEÇÃO DO SISTEMA.....	41
3.3 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE COM <i>BACKUP</i>	42
3.3.1 BATERIA.....	44
3.4 SFCR - MUNDO	45
3.4.1 ALEMANHA	47

3.5	BRASIL	49
4	LEGISLAÇÃO	51
4.1	COMPOSIÇÃO DA CONTA DE LUZ.....	51
4.2	A RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482 DA ANEEL	52
4.3	ACESSO DE MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA PELA REDE CELPA	56
5	PROJETO DE SFCR PARA UMA RESIDÊNCIA MÉDIA	60
5.1	DESCRIÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA	60
5.1.1	DESCRIÇÃO DO RAMAL DE LIGAÇÃO E ENTRADA	62
5.2	DESCRIÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO	63
6	ANÁLISE DO INVESTIMENTO	66
6.1	ORÇAMENTO	66
6.2	VIABILIDADE FINANCEIRA	69
6.2.1	CONCEITOS.....	69
6.2.2	COMPARAÇÃO COM A POUPANÇA	70
6.2.3	COMPARAÇÃO COM UM FINANCIAMENTO	73
7	CONCLUSÃO.....	75
7.1	ANÁLISE DO PROJETO	75
7.2	PRINCIPAIS BARREIRAS PARA INSTALAÇÃO DE SFCR	77
7.3	FUTURO DA ENERGIA SOLAR NO BRASIL E NO MUNDO.....	79
7.4	RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS	80
	REFERÊNCIAS	82
	ANEXO I – PROJETO ELÉTRICO	88
	ANEXO II – FORMULÁRIO CELPA	91
	ANEXO III – ORÇAMENTO	93
	APÊNDICE I – <i>DATASHEET</i> DO MÓDULO SOLAR	95
	APÊNDICE II – <i>DATASHEET</i> DO INVERSOR	96
	APÊNDICE III – TARIFA DE ENERGIA CELPA	97
	APÊNDICE IV – PREÇO DE KIT SFCR NO SITE NO FORNECEDOR	98

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Sistema Elétrico com Geradores Distribuídos. Fonte: <i>The Economist</i> ; ABB <i>apud</i> ROMAGNOLI, 2005.....	23
Figura 2 - Matriz elétrica brasileira. Fonte: EPE, 2014b.....	27
Figura 3 - Produção mundial de células fotovoltaicas. Fonte: Roney, 2013 <i>apud</i> PINHO; GALDINO, 2014.....	28
Figura 4 - Sistema Fotovoltaico Isolado. Fonte: RIBEIRO, 2012.	29
Figura 5 - Parque Fotovoltaico Olmadilla de Alarcon, na Espanha. Fonte: NOBESOL, 2008 <i>apud</i> BENEDITO, 2009.	30
Figura 6 - Laboratório de Energia Solar da UFRGS. Fonte: RAMPINELLI, 2007.....	31
Figura 7 - Representação de um SFCR. Fonte: <i>MBK Solar Solutions apud</i> BENEDITO, 2009.	32
Figura 8 - Corte transversal de uma célula fotovoltaica. Fonte: CRESESB, 2006.	33
Figura 9 - Descrição das diferentes funções dos componentes que constituem um módulo fotovoltaico: 1 - Caixilho Alumínio, 2 - Vidro, 3 e 5 - Película translúcida, 4 - Células fotovoltaicas (c.Si), 6 - Isolante elétrico. Fonte: CARNEIRO, 2010.	34
Figura 10 - Processo hierarquizado de agrupamento: célula → módulo → painel fotovoltaico. Fonte: CARNEIRO, 2010.	34
Figura 11 - Representação esquemática da associação mista de n módulos fotovoltaicos. Na vertical os módulos estão em série e estas séries encontram-se em paralelo. Fonte: CARNEIRO, 2010.....	35
Figura 12 - Radiação que chega aos módulos fotovoltaicos. Fonte: PINHO, 2008 <i>apud</i> PINHO; GALDINO, 2014.....	37
Figura 13 - Irradiância e horas solares de pico durante um dia ensolarado. Fonte: NEW MEXICO STATE UNIVERSITY, 2015.	38
Figura 14 - Influências da variação de irradiância solar a 25° C e da temperatura para irradiância de 1.000 W/m ² , respectivamente, na célula fotovoltaica de silício cristalino. Fonte: PINHO; GALDINO, 2014.....	39
Figura 15 - Representação da ligação de diodos <i>bypass</i> e diodos de bloqueio no sistema fotovoltaico. Fonte: RAMPINELLI, 2007.	39
Figura 16 - Representação esquemática do funcionamento de um inversor <i>Grid Tie</i> . Fonte: VILLALVA; GAZOLI, 2012.	41

Figura 17 - SFCR com <i>backup</i> através de baterias. Fonte: Adaptado de <i>Renewable Future Energy Resources</i> INC, 2012, <i>apud</i> TIRAPELLE; MURA; FRAZÃO, 2013.....	43
Figura 18 - Vista explodida de uma bateria de Chumbo ácido aberta. Fonte: PINHO; GALDINO, 2014.....	44
Figura 19 - Curvas aproximadas do efeito da profundidade de descarga e da temperatura na vida útil de uma bateria. Fonte: PINHO; GALDINO, 2014.....	45
Figura 20 - Evolução mundial da capacidade cumulativa instalada do SFV entre 2000-2013. Fonte: Adaptado de EPIA, 2014.....	46
Figura 21 - Capacidade instalada acumulada em sistemas fotovoltaicos em 2013. Fonte: Adaptado de EPIA, 2014.....	47
Figura 22 - Bairro solar Schlierberg, em Friburgo, Alemanha. Fonte: ROSA, 2014.....	48
Figura 23 – Conta de energia. Fonte: CELPA, 2015.....	51
Figura 24 - Compensação do crédito de energia ativa excedente. Fonte: ANEEL, 2014.	55
Figura 25 - Processo de acesso a microgeração. Fonte: Grupo Equatorial Energia, 2014.....	57
Figura 26 – Gráfico da estimativa de produção de energia mensal do SFCR proposto. Fonte: NEOSOLAR, 2015 (Anexo III).....	68
Figura 27 – Gráfico do fluxo de caixa do projeto.	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CA – corrente alternada

CC – corrente contínua

CELPA – Centrais Elétricas do Pará S/A

CEMAR – Companhia Energética do Maranhão

CIP – Contribuição para Iluminação Pública

CMSE – Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico

COFINS – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica

DPS – Dispositivo de Proteção contra Surtos

DSV – Dispositivo de Seccionamento Visível

ELETOBRAS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A.

EPE – Empresa de Pesquisas Energéticas

EPIA – *European Photovoltaic Industry Association*

FD – Fator de Demanda

FGTS – Fundo de Garantia do Tempo de Serviço

FP – Fator de Potência

GD – Geração distribuída

ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

INEE – Instituto Nacional de Eficiência Energética

MME – Ministério das Minas e Energia

MPP – *Maximum Power Point*

MPPT – *Maximum Power Point Tracker*

PCH – Pequena Central Hidrelétrica

PI – Produtor Independente de Energia

PIS – Programa de Integração Social

PRODIST – Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional

PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

SFCR – Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede

SFI – Sistema Fotovoltaico Isolado

SFV – Sistema fotovoltaico

SIN – Sistema Interligado Nacional (de produção e transmissão de energia elétrica)

TR – Taxa Referencial

TUG – Tomada de uso geral

TUE – Tomada de uso específico

RESUMO

Em áreas com acesso à rede de distribuição, os Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCRs) surgem como opção econômica e socioambiental para a geração de energia elétrica. A Geração Distribuída conectada à rede foi regularizada em 2012 com a Resolução Normativa nº 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a qual permite que o consumidor brasileiro gere energia elétrica a partir de micro e minissistemas de fontes renováveis e forneça o excedente para a rede de distribuição. Dentro deste contexto, o presente trabalho tem o objetivo de avaliar a viabilidade técnica e financeira da implantação de um SFCR em uma residência de classe média, localizada no município de Santarém, Pará, com perfil de consumo médio de 250 kWh/mês, dentro do contexto regulatório brasileiro e do mercado local. Para análise de viabilidade técnica houve a revisão bibliográfica da tecnologia disponível, a elaboração do projeto elétrico do sistema proposto e sua submissão à concessionária local para a aprovação. Para a análise financeira foi cotado o orçamento *Turn Key* do projeto e avaliado o retorno do investimento ao longo da vida útil esperada do sistema, com capital proveniente de poupança própria e de financiamento bancário. Devido a fatores como a conjuntura econômica do país, ao modelo de compensação brasileiro, à ausência de uma empresa local especializada, o SFCR proposto mostrou-se, até o momento, inviável economicamente na região, sem descartar a viabilidade de perfis de maior consumo. Além disso, a adoção de SFCRs no Brasil é incipiente, sendo necessárias mudanças em diversos setores para que se torne um sistema de geração competitivo no mercado.

Palavras Chave: Energia Solar; Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede; Viabilidade Técnica e Financeira.

ABSTRACT

In areas with access to the distribution grid, Grid-Connected Photovoltaic Systems (SFCRs) emerge as an economic and environmental option for generating electricity. Distributed Generation connected to the grid was regularized in 2012 through the National Electric Energy Agency's (ANEEL) Normative Resolution N° 482 of, which allows the Brazilian consumer to generate electricity from renewable micro and mini-systems and provide the surplus to the distribution grid. In this scenario, this study aims to evaluate the financial viability of the deployment of a SFCR in a middle-class residence located in the city of Santarém, Pará, with the average consumption of 250 kWh / month, within the regulatory framework provided by the Brazilian and local markets. For technical viability analysis there was a literature review of available technology, the development of the electrical project of the proposed system and its submission to the local utility for approval. For the financial analysis a Turnkey design was quoted and evaluated in terms of the Return Of Investment (ROI) and Internal Return Rate (IRR) over the expected service life of the system, with the investment capital from the owner's savings and from bank financing. Due to economic factors in the country, the Brazilian compensation model, the absence of a local specialist company, the proposed SFCR proved, to date, to be economically unfeasible in the region, without discarding the feasibility of higher consumption profiles. In addition, the adoption of SFCRs in Brazil is incipient, requiring changes in some sectors so that it becomes a competitive generation system on the market.

Key words: Solar Energy; Grid-Connected Photovoltaic System; Technical and Financial Viability.

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO

Um dos desafios do mundo moderno é produzir energia suficiente para atender a toda população de maneira sustentável e, principalmente, garantir energia para as futuras gerações. Aquecimento global, desastres ambientais, escassez de recursos, desigualdade de distribuição elétrica e aumento na tarifa de energia viraram preocupação mundial, motivando o setor elétrico, composto principalmente por usinas de grande porte e extensas redes de distribuição, a abrir espaço para micro e minissistemas de geração de energia.

O Brasil, mesmo com enorme potencial hídrico capaz de suprir grande parte do incremento de geração de energia elétrica do país, enfrenta obstáculos para geração de energia a partir desta fonte. Apesar das usinas hidrelétricas produzirem energia relativamente limpa se comparada às termoelétricas, por exemplo, e possuírem natureza renovável, fatores como alagamentos de grandes áreas, invasão de territórios indígenas e a dependência em variações climatológicas afetam a implementação de novos projetos. Isto acarreta, dentre outras causas, no aumento das tarifas de energia elétrica: em 2015 a média de aumento esperada será em torno de 45,7 % - afetando todos os tipos de consumidores, como residências indústrias e comércios (BORBA, 2015).

Uma alternativa capaz de amenizar a crise energética é a produção através da Geração Distribuída (GD), caracterizada pela produção de eletricidade próxima ao consumidor. A GD promove o acesso à energia elétrica a localidades onde as concessionárias não conseguem alcançar ou complementa o abastecimento de energia das unidades conectadas à rede, além de favorecer a flexibilidade de custos e, no caso da alternativa discutida neste trabalho, maximizar o uso de energias renováveis.

Em áreas urbanas ou com acesso às redes de distribuição, os Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCRs) podem surgir como opção econômica e socioambiental para a geração de energia elétrica. Os módulos solares, que são usualmente instalados no telhado de residências ou agregados à arquitetura de edificações, captam a radiação solar através de um material semicondutor para produzir corrente elétrica contínua. O SFCR dispensa o uso de

baterias e controladores de carga, exceto quando sua função é também de *backup* da rede elétrica, reduzindo o custo do sistema fotovoltaico se comparado ao sistema isolado que necessita de um banco de baterias para o acúmulo de energia.

Em 2012, a aprovação da Resolução Normativa nº 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a qual permite que o consumidor brasileiro possa gerar a própria energia elétrica a partir de micro e minissistemas de fontes renováveis e fornecer o excedente para a rede de distribuição (ANEEL, 2015), regulamentou no Brasil a instalação de SFCRs e outros geradores que utilizam fonte renovável. De acordo com a EPE (2014b), o país detém enorme potencial para instalação de SFCR se comparado aos países líderes deste setor, por possuir maior incidência solar e as tarifas de energia elétrica estarem em patamares parecidos. No entanto, o sistema compensatório adotado no Brasil não oferece a mesma atratividade financeira observada nestes países. Para Zilles *et al.* (2012) o aproveitamento do potencial brasileiro para o uso de SFCR expõe a necessidade de se realizarem ações prévias à disseminação desse tipo de instalação fotovoltaica, com o objetivo de ajudar na consolidação dessa aplicação, tornando-a uma fonte de eletricidade competitiva.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 GERAL

Avaliar a viabilidade de implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede em uma residência de classe média, localizada no município de Santarém, Pará, com o perfil de consumo de 250 kWh/mês, dentro do contexto regulatório brasileiro e do mercado local.

1.2.2 ESPECÍFICOS

- Revisão bibliográfica da tecnologia disponível no mercado, da legislação e das normativas que regem o SFCR;
- Elaboração do projeto elétrico para submissão à concessionária;
- Orçamento da aquisição e instalação do sistema projetado;

- Avaliação da viabilidade financeira considerando perfil do consumidor médio.

1.3 METODOLOGIA

O trabalho seguiu a linha de abordagem exploratória. De acordo com Gil (2007), a pesquisa exploratória tem como objetivo proporcionar familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses, envolvendo levantamento bibliográfico, entrevistas e análises de exemplos. Quanto aos procedimentos, foram utilizadas as pesquisas bibliográfica e documental, e a de campo. Para obtenção de informações a respeito de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede foram consultados livros, artigos e trabalhos acadêmicos sobre o assunto, especialistas e empresas do setor, atendentes da concessionária de distribuição local, além da legislação brasileira e das normativas da concessionária de distribuição local que regem este tipo de sistema no município de Santarém, Pará. Com base nesta pesquisa, foi feita a revisão bibliográfica que embasa o estudo.

Por fim, este trabalho classifica-se, predominantemente, como Estudo de Caso, pois segundo Gil (2007) visa conhecer em profundidade o como e o porquê de uma determinada situação que se supõe ser única em muitos aspectos, procurando o que há nela de mais característico e essencial. Optou-se por utilizar os dados de uma residência de classe média em que o consumo médio mensal equipara-se à 250 kWh/mês. A partir da escolha do perfil de consumo e da residência, foi encaminhada a concessionária a Solicitação de Acesso, que exige a elaboração do projeto elétrico da residência, a fim de identificar e analisar quais medidas a própria concessionária e a unidade consumidora devem tomar para comportar o sistema proposto. O orçamento, também essencial à avaliação, foi obtido através da consulta a empresas que prestam este tipo de serviço.

Após a definição do projeto elétrico, da obtenção dos orçamentos, da avaliação das condições do mercado local e da estimativa de energia a ser produzida, foi possível avaliar a viabilidade desse sistema no município, além de possibilitar a elaboração de considerações sobre o processo de implantação de um SFCR para que esta fonte se torne amplamente difundida na região.

1.4 ESTRUTURA

O Capítulo 1 apresenta o tema e a proposta do trabalho, explicando brevemente o propósito e os recursos utilizados. Neste capítulo o tema do trabalho é devidamente definido e contextualizado, justificando-se os objetivos da pesquisa e sua necessidade.

O Capítulo 2 traz a Revisão Bibliográfica sobre geração distribuída. Destaca-se o histórico, definição, benefícios e desvantagens, assim como os tipos de tecnologias aplicadas.

No Capítulo 3 trata-se do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede, fazendo um breve apanhado sobre os conceitos de energia solar e sua utilização nos mais diversos sistemas como: o sistema isolado, conectado à rede de forma centralizada e sistemas com backup e os componentes utilizados na instalação do sistema. Neste capítulo é mostrado o panorama mundial da utilização da energia solar com destaque para a Alemanha, considerado o país modelo na utilização desse sistema, e o panorama brasileiro, ainda incipiente neste setor.

No Capítulo 4 encontram-se as normativas e critérios adotados pela concessionária local com base na Resolução Normativa N° 482/2012, além da apresentação da composição da conta de energia para melhor entendimento do sistema brasileiro de compensação de energia.

O Capítulo 5 trata do sistema fotovoltaico conectado à rede para uma residência de consumo médio descrevendo a unidade consumidora e o sistema. O capítulo que segue apresenta a análise do investimento através de cálculos comparativos entre poupança e financiamento, orçamento do projeto e a viabilidade financeira do sistema.

As considerações finais do trabalho e proposta para trabalhos futuros são apresentadas no Capítulo 7 que contempla a análise do projeto, principais barreiras encontradas para implantação do sistema e o futuro da energia solar no Brasil e no mundo.

2 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

2.1 HISTÓRICO

Em meados do século XIX, a eletricidade, apesar de já conhecida, era aplicada significativamente apenas nas telecomunicações e no transporte. Residências, ruas, estabelecimentos eram iluminados por velas ou lampiões a gás – ou operados pela queima de óleos e querosene. Após inúmeras tentativas, em 1879 surgia, nos Estados Unidos, a primeira lâmpada incandescente que revolucionaria a utilização da eletricidade. A lâmpada de Thomas Edison produzia iluminação durável devido à passagem de corrente elétrica em um filamento de algodão carbonizado no interior de um bulbo de vidro vazio. Para que o invento fosse viável, Edison desenvolveu a estação *Pearl Street Power*, a primeira central elétrica permanente a gerar luz e força, cujos motores eram acionados por máquinas a vapor, e a energia distribuída por barras de cobre a uma parte de Nova Iorque em 1882. Outras centrais elétricas surgiram próximas aos centros urbanos, onde o consumo era acentuado, o que considerariamos hoje como Geração Distribuída (GD) (NAKAGUSHI; HERMES, 2011; LAMARÃO, 2012).

Baseada na geração e distribuição de energia em corrente contínua, as centrais elétricas de Edison eram de baixa potência e pouco eficientes longe das áreas de consumo. Com o crescente aumento da demanda de consumo de energia elétrica e o desenvolvimento dos transformadores capazes de elevar e reduzir a tensão milhares de vezes, a distribuição em corrente alternada, defendida por George Westinghouse e Nikola Tesla, foi a solução para a geração de energia elétrica em maior escala.

A invenção do motor de indução de corrente alternada por Tesla e a introdução de linhas de transmissão de alta tensão proporcionaram o transporte de energia a maiores distâncias e a conexão de centrais isoladas para atender paralelamente diversas áreas de consumo, caracterizando a geração centralizada predominante até os dias atuais (FALCÃO, 2009; RODRIGUEZ, 2002).

No Brasil, o início da utilização de energia elétrica era basicamente de uso exclusivo e local, desenvolvido principalmente por máquinas movidas a energia térmica de maior

confiabilidade e menor custo em relação à energia hidráulica neste período. A usina Marmelos-Zero, primeira usina hidrelétrica de grande porte, entrou em operação no ano de 1889, na cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais, a fim de fornecer energia elétrica para iluminação pública (BASTOS, 2007). Nakaguishi e Hermes (2011), afirmam que em 1920, 430 localidades brasileiras eram atendidas com eletricidade com capacidade instalada de 354.980 kW. Empresas como a LIGHT (*Brazilian Traction & Light Electric Company*), que atendia parte de São Paulo e Rio de Janeiro, e a AMFORP (*American & Foreign Power Co.*) eram as principais responsáveis pelo setor elétrico no país. Somente em 1961 foi criada a Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (ELETROBRAS), empresa hoje de economia mista e de capital aberto responsável pela geração, transmissão e distribuição de energia elétrica pelo território brasileiro, onde as usinas hidrelétricas se tornaram a principal fonte de geração de eletricidade.

O século XX foi caracterizado mundialmente pela farta oferta de energia, proveniente principalmente dos combustíveis fósseis como petróleo, carvão mineral e gás natural. Com a crise do petróleo na década de 70, a concepção de geração de energia começou a ser mundialmente questionada. A larga utilização de fontes energéticas não renováveis, assim como o crescimento acentuado da demanda de energia e a conscientização ambiental referente aos danos causados pelo uso de combustíveis fósseis, incentivou a busca por fontes de energia alternativa, tais como vento, sol, maré e biomassa. Estes fatores aliados ao avanço tecnológico introduziram no mercado estas opções de produção energética e fizeram ressurgir o antigo sistema de GD (RODRIGUEZ, 2002; VIEIRA, 2012).

A energia produzida em menor escala é muitas vezes a única opção para localidades isoladas e de difícil alcance para redes distribuição, ou complemento para a energia proveniente do sistema centralizado. Neste cenário, Alemanha, Espanha, Japão, Estados Unidos são os principais exemplos de países com vários sistemas conectados à rede bem sucedidos. Incentivos públicos como subsídios, mercados garantidos, tarifas para compensar produtividade, compra de energia pelas concessionárias, incentivos fiscais, entre outros estão presentes nestes países.

O Brasil, país com matriz energética essencialmente dependente da energia renovável de centrais hidrelétricas, também passou por mudanças. A partir de 1993 cada concessionária passava a ter a responsabilidade de fixar e reajustar a tarifa de energia, separada em tarifa de geração e tarifa de distribuição, de acordo com custo do serviço. Deste

modo, iniciou-se a desverticalização de empresas do setor elétrico, em que atividades de geração, transmissão, distribuição e comercialização passaram a ser controladas por empresas distintas (SILVA, 2011). Através da definição de Consumidor Livre – consumidor que pode optar pela compra de energia elétrica junto a qualquer fornecedor – foram permitidas a desvinculação das concessionárias locais e a busca por melhores opções de compra, preço e prazo no mercado nacional (BASTOS, 2007).

Neste período, a privatização de empresas do setor levou a criação de órgãos reguladores pelo Estado. A Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, instituiu a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME), com o objetivo de estreitar a relação entre consumidores e agentes, fiscalizar e regular a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, e estabelecer tarifas a serem cobradas (ANEEL, 2015).

Em 2001, devido a uma grave crise de energia iniciada pela baixa no nível dos reservatórios das usinas hidrelétricas após um prolongado período de seca, o governo adotou medidas emergenciais de racionamento para reduzir o risco de ocorrer um colapso na oferta de energia elétrica (BASTOS, 2007). Esta crise no abastecimento alertou para a necessidade de introduzir outras fontes de energia na matriz energética nacional, como a implantação de usinas termelétricas para complementar o abastecimento de energia elétrica, e a implementação de programas como PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica) e Luz para Todos, que motivaram a utilização de fontes renováveis e a GD pelo país.

A Lei 10.848 de março de 2004 definiu uma nova mudança no setor elétrico. O Estado retomou a liderança na elaboração das atividades de planejamento nacional, com criação da Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE) e do Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) - vinculados ao MME -, e estimulou a competição entre os agentes pela construção das usinas geradoras e dos sistemas de transmissão, através de leilões pelo menor preço (FILHO, 2009). Pela primeira vez a GD foi citada na legislação brasileira, com definição de mercado a partir do Decreto Lei nº 5163 de 30 de julho de 2004.

2.2 DEFINIÇÃO

De acordo com Ribeiro (2012), não há consenso quanto à definição de Geração Distribuída, cada autor ou estudo possui a própria definição. Entre suas definições, a Geração Distribuída pode ser dita como uma fonte de geração conectada diretamente na rede de distribuição ou ao consumidor (ACKERMANN *et al.* 2001). É possível enfatizar características coincidentes no conceito de GD, como a produção de energia na tensão em que será consumida, a proximidade com a carga e a geração em baixa potência. Estas características podem ser identificadas citando-se alguns conceitos encontrados na literatura:

- *“Geração Distribuída é o termo que se usa para a geração elétrica junto ou próxima do consumidor(es), com potências normalmente iguais ou inferiores a 30 MW. A GD inclui: cogeneradores, geradores de emergência, geradores para operação no horário de ponta, módulos fotovoltaicos e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs)”* (Instituto Nacional de Eficiência Energética – INEE, 2001 *apud* RODRIGUEZ, 2002).
- *“A GD é definida como o uso integrado ou isolado de recursos modulares de pequeno porte por concessionárias, consumidores e terceiros em aplicações que beneficiam o sistema elétrico e ou consumidores específicos. O termo tem sintonia com outras expressões normalmente usadas como: autogeração, geração in situ, cogeração e geração exclusiva”* (EPRI, 1997, *apud* BARBOSA; AZEVEDO, 2013).
- *“GD são tecnologias de geração de pequeno porte, tipicamente inferior a 30 MW, estrategicamente localizadas próximas dos consumidores ou centros de carga, proporcionando benefícios aos consumidores e suporte para a operação econômica das redes de distribuição existentes”* (GAS RESERCH INSTITUTE, 1999 *apud* RODRIGUEZ, 2002).

Para instalação de GD no Brasil, utiliza-se a definição dada pelo Decreto nº 5.163 de 30 de julho de 2004, que regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de

outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências:

“Art.14. Para os fins deste Decreto, considera-se geração distribuída a produção de energia elétrica proveniente de empreendimentos de agentes concessionários, permissionários ou autorizados, (...), conectados diretamente no sistema elétrico de distribuição do comprador, exceto aquele proveniente de empreendimento:

*I - hidrelétrico com capacidade instalada superior a 30 MW;
e;*

II - termelétrico, inclusive de cogeração, eficiência energética inferior a setenta e cinco por cento (...);

“Os empreendimentos elétricos que utilizam biomassa ou resíduos (...) não estarão limitados ao percentual de eficiência energética prevista no inciso II (...)” (BRASIL, 2004 apud ROMAGNOLI, 2005).

A GD é aplicada essencialmente em zonas rurais e isoladas, onde existem obstáculos para transporte e distribuição de energia e os custos iniciais em sistemas de rede são maiores que os estabelecidos na zona urbana, e em zonas urbanas desenvolvidas, onde o consumo é elevado, para complementar a rede de distribuição e diminuir custos. A Figura 1 exemplifica sistema de GD conectado à rede.

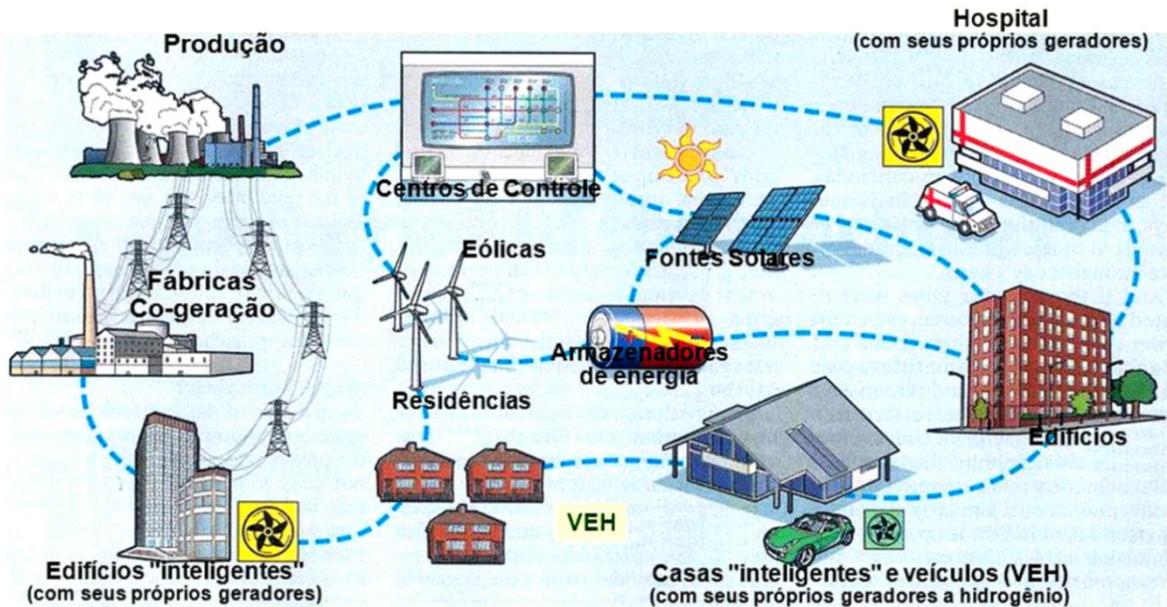


Figura 1- Sistema Elétrico com Geradores Distribuídos. Fonte: *The Economist*; ABB apud ROMAGNOLI, 2005.

2.3 BENEFÍCIOS DA UTILIZAÇÃO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

A implantação de sistemas de Geração Distribuída, se bem planejada e executada, acarreta inúmeros benefícios ao setor elétrico, principalmente referente à qualidade e ao atendimento de energia. Rodriguez (2002), Romagnoli (2005), INEE (2001), Ribeiro (2012), Barbosa e Azevedo (2013) listam alguns dos benefícios da GD, que podem ser organizados em três diferentes categorias: benefícios ao consumidor, ao setor elétrico e à sociedade em geral:

Benefícios ao consumidor

- Se devidamente instaladas, as GD apresentam alto índice de confiabilidade, com tolerância para variações de frequência e/ou tensão;
- Aumento da estabilidade do sistema elétrico devido à redução de perdas nas linhas de transmissão e distribuição, e reserva de energia produzida pela GD;
- Diminuição da dependência do parque gerador centralizado, mantendo reservas próximas aos centros de carga;

- Fornecimento de energia para áreas remotas, onde o atendimento através de redes de transmissão e distribuição é inviável financeiramente ou impedido por questões ambientais;
- Rapidez, praticidade e versatilidade na instalação, uma vez que a GD é caracterizada por pequenos geradores ligados próximos à carga, torna-se rápida e relativamente barata a sua instalação em quase qualquer lugar da rede.

Benefícios ao setor elétrico

- Adia investimentos em subestações de transformação e em capacidade adicional de transmissão;
- Unidades de menor capacidade minimizam os erros de planejamento, pois permitem incrementos de geração menores e ajustam-se melhor ao crescimento da demanda;
- Contribuem para a abertura do mercado energético, com a criação de regulamentação jurídica própria, que podem representar uma grande oportunidade comercial;
- Redução de investimentos para o atendimento da demanda na ponta.

Benefícios à sociedade

- Reduzem os impactos ambientais da geração, pelo uso de combustíveis menos poluentes, pela melhor utilização dos combustíveis tradicionais e, em certos tipos de cogeração, com a eliminação de resíduos industriais poluidores;
- Benefícios gerais decorrentes da maior eficiência energética obtida pela conjugação da geração distribuída com a geração centralizada, e das economias resultantes;
- Permite a promoção do desenvolvimento local através do uso de recursos próprios da região em que a instalação é inserida, além da dinamização das atividades econômicas e geração de empregos em função da maior produção industrial e do maior volume de serviços.

2.4 DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Apesar dos benefícios listados, existem impactos que inserção de Geração Distribuída no sistema pode causar (RIBEIRO, 2012; INEE, 2001; BARBOSA; AZEVEDO, 2013):

- A operação dos pequenos produtores ficará a carga dos mesmos, o que pode resultar em manobras que podem danificar a rede de distribuição;
- Aumento da complexidade no planejamento e na operação do sistema elétrico, nos procedimentos e na realização de manutenções, inclusive nas medidas de segurança a serem tomadas, e na administração do setor elétrico;
- A diminuição da utilização das instalações das concessionárias de distribuição tende a aumentar o preço médio de fornecimento das mesmas;
- Reajustes do sistema de proteção, pois o mesmo foi estruturado para uma operação unilateral de distribuição;
- Sobrecarga de informações de geração de energia que no limite poderia levar a um colapso no funcionamento do sistema.

2.5 TECNOLOGIAS APLICADAS NA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

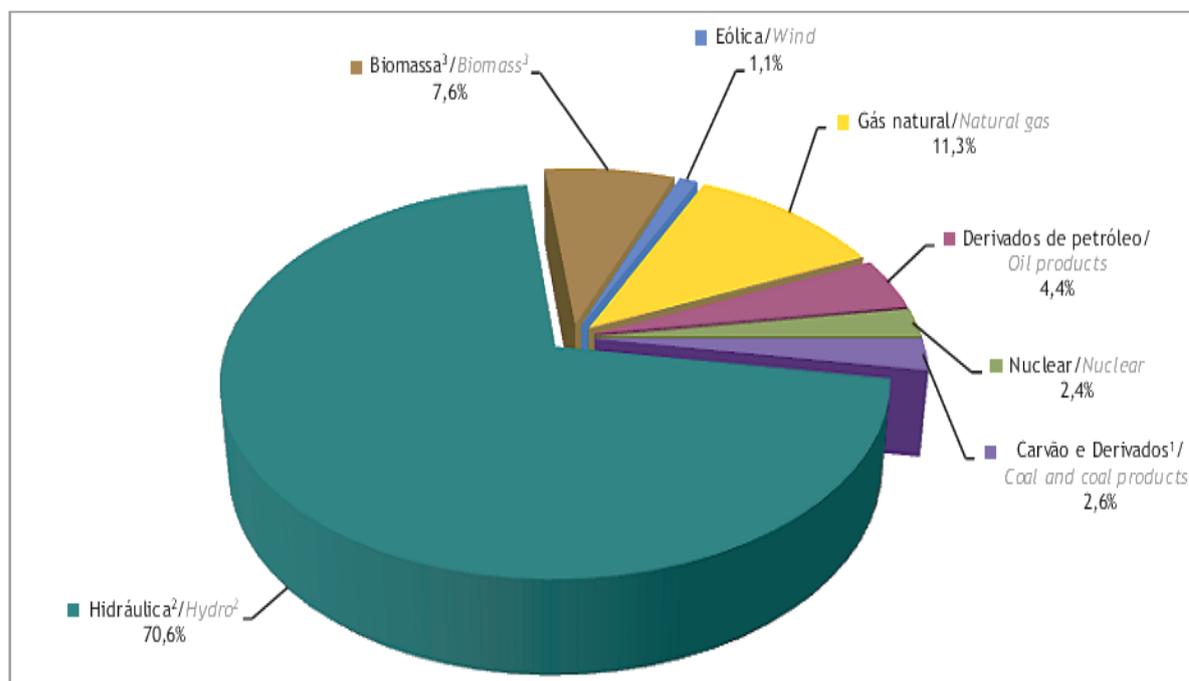
A geração descentralizada não está associada a uma única tecnologia ou fonte de energia. Isto ocasiona o desenvolvimento de diversas tecnologias de produção de energia, dentre as quais se encontram a fotovoltaica, a micro turbina a gás, a célula combustível, as turbinas eólicas e a biomassa.

A energia solar fotovoltaica converte energia luminosa em energia elétrica sem emissão de poluentes ou ruídos durante a produção energética. Em função da baixa densidade na geração, adapta-se melhor à geração distribuída do que à centralizada. A característica de produção intermitente de energia e os elevados custos iniciais ainda são barreiras para esta tecnologia. No Brasil, a tecnologia fotovoltaica vem ao longo dos últimos anos inserindo-se gradualmente no mercado. A sua aplicação para a iluminação de residências isoladas contribuiu para a iminente popularização na energia solar fotovoltaica no país (GOLDEMBERG, 2002 *apud* RODRÍGUEZ, 2002).

Segundo El-Khattam e Salama (2004), as tecnologias de micro turbinas deverão ter um brilhante futuro. São pequenas turbinas de combustão, que podem operar usando gás natural, propano e óleo combustível. São de tamanho compacto e leves em peso em relação aos motores de combustão tradicionais, possibilitando sua instalação especialmente em locais com limitações de espaço. Elas, geralmente, boa eficiência (mais do que 80%) e têm menores emissões (menos de 10 ppm de NO_x) em relação às alternativas de grande escala.

Dentro da geração distribuída, as células de combustível hoje são usadas em centrais de produção de energia com potências reduzidas (menos de uma dezena de MW). São instaladas próximo aos equipamentos consumidores, podendo assim ser consideradas uma tecnologia de geração dita distribuída (SANTOS; SANTOS, 2004). Como não há combustão envolvida, as células combustíveis apresentam baixíssimas emissões dos gases causadores do efeito estufa (EL-KHATTAM; SALAMA, 2004).

A produção de eletricidade a partir do uso da força dos ventos sobre turbinas eólicas teve resultados significativos nas últimas décadas. Hoje esta tecnologia já é economicamente viável em muitas localidades. Os aerogeradores apresentam rapidez na instalação, baixo custo de manutenção e produzem energia renovável sem emissão de poluentes ao meio ambiente (RIBEIRO, 2012). A energia eólica contribuiu com 1,1% da demanda de energia nacional em 2013, de acordo com a Figura 2, com as principais instalações situadas na região Nordeste.



Notas/ Notes:

¹ Inclui gás de coqueria/ Includes coke oven gas

² Inclui importação de eletricidade/ Includes electricity imports

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

Figura 2 - Matriz elétrica brasileira. Fonte: EPE, 2014b.

De acordo com a ANEEL (2008), *apud* Rocha (2010), a biomassa é muito utilizada em processos de cogeração industrial, na produção de energia elétrica e de biocombustíveis, sendo cada vez maior sua participação como fonte de energia elétrica. A EPE (2014b) mostra na Figura 2 que a participação da biomassa na matriz elétrica nacional foi de 7,6% da oferta total de energia elétrica em 2013.

3 SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE

3.1 ENERGIA SOLAR

Shayani (2010) afirma que se pode aproveitar os raios solares como insumo energético associado à eletricidade de variadas formas, tais como, iluminação natural de ambientes em substituição das lâmpadas durante o dia, aquecimento de água em substituição do chuveiro elétrico, aquecimentos de fluidos e ambientes, e principalmente, geração de eletricidade pelo efeito fotovoltaico que ocorre em módulos solares.

A conversão da energia solar em energia elétrica é realizada através do efeito fotovoltaico observado por Edmond Bequerel em 1839. O efeito fotovoltaico ocorre em certos materiais semicondutores com a capacidade de absorver a energia contida nos fótons presentes na radiação luminosa incidente, transformando-a em eletricidade (ZILLES *et al.*, 2012). Impulsionadas pelas novas descobertas da microeletrônica, em 1956 foram construídas as primeiras células fotovoltaicas industriais. A partir de 1958, a maioria dos satélites lançados ao espaço tinham módulos fotovoltaicos para o suprimento de eletricidade. Com os avanços tecnológicos e significativa redução de custos, a conversão fotovoltaica teve suas aplicações ampliadas e uma crescente participação no mercado (RAMPINELLI, 2007). A Figura 3 apresenta a evolução na produção de módulos fotovoltaicos ao longo do tempo. Nos últimos doze anos, o crescimento anual médio da indústria de células e módulos fotovoltaicos foi de 54, 2% (PINHO; GALDINO, 2014).

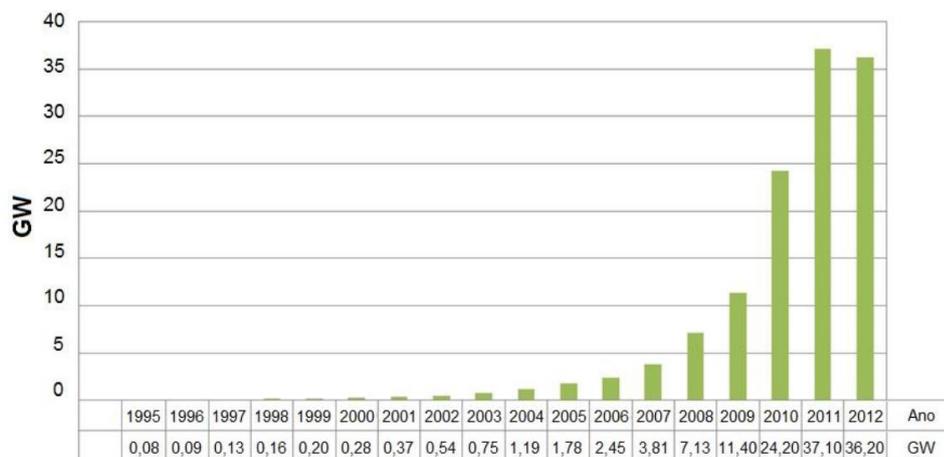


Figura 3 - Produção mundial de células fotovoltaicas. Fonte: Roney, 2013 *apud* PINHO; GALDINO, 2014.

O aproveitamento do potencial de radiação para geração direta de energia elétrica é classificado, geralmente em três tipos de sistemas diferentes: Sistema Fotovoltaico Isolado (SFI); Sistema Conectado à Rede de forma Centralizada; e Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR).

3.1.1 SISTEMA FOTOVOLTAICO ISOLADO (SFI)

O SFI é usado em residências para iluminação, refrigeração, para alimentar equipamentos de baixa potência, bombeamentos, telecomunicações, dentre outros. Não é conectado à rede e geralmente acumulam energia em banco de baterias. Esta aplicação é usualmente localizada em locais remotos onde a distribuição convencional de energia não está presente. A Figura 4 mostra um exemplo de SFI.



Figura 4 - Sistema Fotovoltaico Isolado. Fonte: RIBEIRO, 2012.

3.1.2 SISTEMA CONECTADO À REDE DE FORMA CENTRALIZADA

Neste formato, o sistema fotovoltaico é constituído como uma usina centralizada, como ilustrado na Figura 5. Esta configuração demanda grandes áreas para instalação dos

painéis e o custo de transmissão e distribuição desta energia é semelhante ao custo de transmissão e distribuição gerado pelas fontes de energia amplamente utilizadas.



Figura 5 - Parque Fotovoltaico Olmadilla de Alarcon, na Espanha. Fonte: NOBESOL, 2008 *apud* BENEDITO, 2009.

3.1.3 SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE - SFCR (*GRID TIE/ON GRID*)

O SFCR, também chamado de sistema *Grid Tie* ou *On Grid*, gera energia para unidade consumidora conectada à rede distribuição. Age como sistema complementar e contribui para o abastecimento da rede. Dispensa o uso de equipamentos de armazenamento de energia – o que não impede de tê-los no sistema.

A instalação de SFCRs tem crescido nas últimas décadas em grande parte devido a incentivos governamentais, seja por tarifas de comercialização, no caso de países como Estados Unidos, Alemanha, Espanha, seja por descontos na conta de energia, como no Brasil (VASCONCELOS, 2013). A Figura 6 mostra a utilização deste sistema no Laboratório de Energia Solar da UFRGS.



Figura 6 - Laboratório de Energia Solar da UFRGS. Fonte: RAMPINELLI, 2007.

Há diferentes configurações tarifárias para SFCRs. Na configuração *Dual Metering*, a energia injetada na rede e a produzida são controladas por dois medidores, podendo assim haver uma tarifação diferenciada para a energia consumida da rede, e para a exportada para rede e produzida pelo sistema fotovoltaico. No *Net Metering*, utilizado nos Estados Unidos e Japão, o cliente paga ao final do mês apenas a diferença entre o que foi consumido e o que gerado. No caso de excesso de geração pelo SFCR, esta energia é vendida à concessionária. Neste tipo de medição existe apenas um medidor bidirecional de energia que fornece a quantidade líquida de energia consumida ou fornecida, após medir o fluxo de energia tanto no sentido geração quanto no de consumo (VASCONCELOS, 2013). Alguns países europeus utilizam o modelo *Feed in Tariff*, no qual a concessionária compra toda a energia gerada pela residência, pagando uma tarifa superior ao valor da tarifa normal da concessionária para cada kWh gerado e injetado na rede. No Brasil, o sistema de compensação é semelhante ao *Net Metering*, divergindo pela legislação garantir somente descontos na conta de energia, sem a comercialização do excedente produzido (RODRIGUEZ, 2002). A política tarifária brasileira será abordada no capítulo seguinte.

3.2 COMPONENTES

Na aplicação abordada neste trabalho, SFCR, os módulos são usualmente instalados no teto de residências ou agregados à arquitetura de edificações. Com a ajuda de um inversor, a energia produzida, inicialmente sob tensão e corrente contínuas, é convertida para alternada, podendo ser utilizada para o funcionamento de equipamentos elétricos diversos ou inserida diretamente na rede de distribuição, conforme a configuração representada na Figura 7. Após passar pelo inversor, a energia em corrente alternada é entregue ao quadro geral de distribuição ou diretamente à rede elétrica. Medidores bidirecionais, equipamentos de manobra e proteção do sistema elétrico, e em alguns casos, bancos de baterias estacionárias utilizadas para o armazenamento da energia excedente ou para sistemas de *backup* e controladores de carga para proteger as baterias de sobrecargas e descargas profundas, também compõem o sistema.

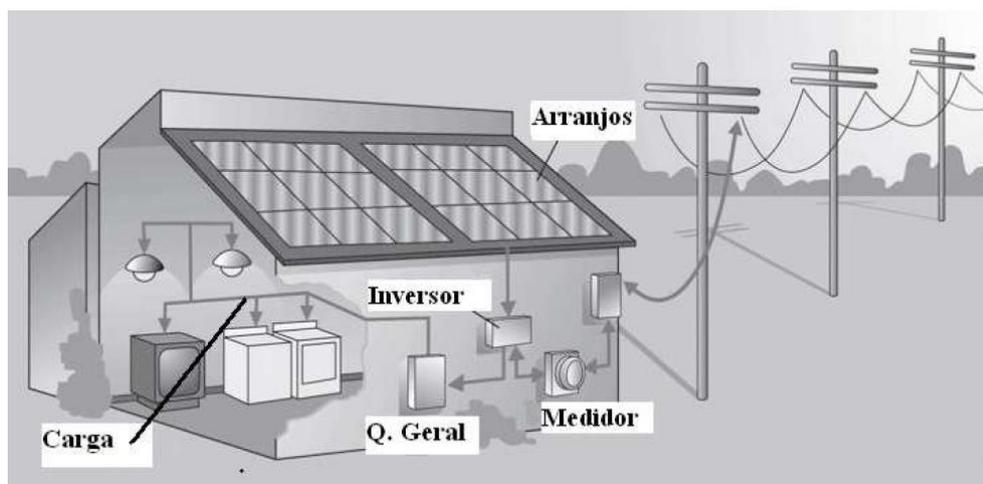


Figura 7 - Representação de um SFCR. Fonte: *MBK Solar Solutions apud* BENEDITO, 2009.

3.2.1 MÓDULO SOLAR

O módulo fotovoltaico é a unidade fundamental do SFCR. Constituído por células fotovoltaicas ligadas eletricamente, os módulos convertem a energia luminosa proveniente do Sol em energia elétrica. As principais tecnologias aplicadas são classificadas em três gerações: a primeira envolve silício monocristalino (m-Si) e silício policristalino (p-Si), com maior representação no mercado e maior eficiência; a segunda abrange módulos de silício

amorfo (a-Si), de disseleneto de cobre, índio e gálio (CIGS) e de telureto de cádmio (CdTe), usados em menor escala com eficiência inferior aos anteriores; e a terceira são módulos em fase de teste e pesquisa (PINHO; GALDINO, 2014).

O silício, atualmente o elemento mais utilizado para produção de células fotovoltaicas, é um material semiconductor na forma pura, com quatro átomos na camada de valência. Este material apresenta redução na resistência elétrica com o aumento da temperatura, entretanto, para que a condutividade do silício aumente à temperatura ambiente, é feito o processo de dopagem, que consiste em adicionar ao material puro pequenas porcentagens de átomos de impureza, geralmente de boro e de fósforo. O material com fósforo, que possui cinco elétrons na camada de valência, terá elétrons em excesso (tipo N), enquanto o material com boro, com três elétrons na camada de valência, apresentará déficit de elétrons (tipo P). Ao unir estes materiais cria-se um campo elétrico devido aos elétrons do silício tipo N (polo negativo) preencherem as lacunas presentes no tipo P (polo positivo), o que dificulta a passagem de mais elétrons de N para P. Quando a junção PN é exposta a fótons com energia maior que o gap do material, as cargas presentes na região onde o campo elétrico é diferente de zero são aceleradas, acarretando numa diferença de potencial (Efeito Fotovoltaico). Como mostrado na Figura 8, quando os polos são ligados por um fio condutor há passagem de um fluxo de elétrons, ou seja, corrente elétrica contínua (RAMPINELLI, 2007; SANTANA, 2014).

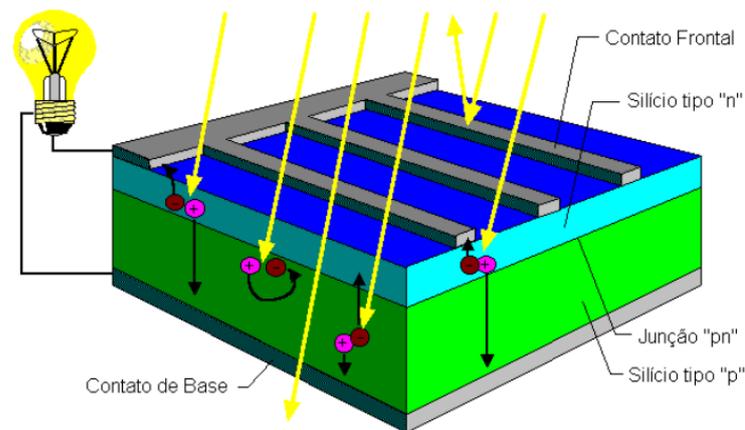


Figura 8 - Corte transversal de uma célula fotovoltaica. Fonte: CRESESB, 2006.

As células fotovoltaicas são agrupadas em série e/ou paralelo para aumentarem a tensão e corrente produzidas por gerarem individualmente energia em pequena quantidade a tensões de aproximadamente 0,5 V. Devido à fragilidade, as células são mantidas no interior

de uma estrutura fabricada para resistir às condições ambientais adversas a que estarão submetidas. Segundo Carneiro (2010), a estrutura é composta por um caixilho de alumínio para rigidez mecânica, vidro temperado e antirefletivo para penetração de radiação solar e proteção, por películas de etileno acetato de vinila (EVA) – material flexível, translúcido e não refletor da radiação solar, com a função de assegurar o isolamento elétrico entre as células – que envolvem a célula, e um isolante elétrico que protege a parte posterior do módulo e evita a entrada de água e gases. Pode-se verificar estes elementos na Figura 9. Esta estrutura confere aos módulos uma vida útil esperada de 25 anos, geralmente.

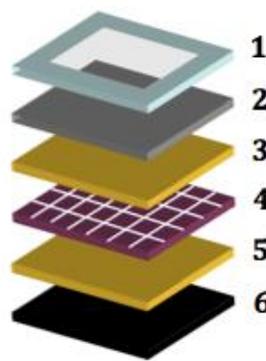


Figura 9 - Descrição das diferentes funções dos componentes que constituem um módulo fotovoltaico: 1 - Caixilho Alumínio, 2 - Vidro, 3 e 5 - Película translúcida, 4 - Células fotovoltaicas (c.Si), 6 - Isolante elétrico.

Fonte: CARNEIRO, 2010.

Diversos módulos podem ser associados física e eletricamente em uma mesma estrutura para formação de painéis solares como representado na Figura 10. Para estas associações, deve-se ressaltar que módulos e células utilizados são necessariamente do mesmo tipo, de forma a minimizar as perdas de potência no sistema.

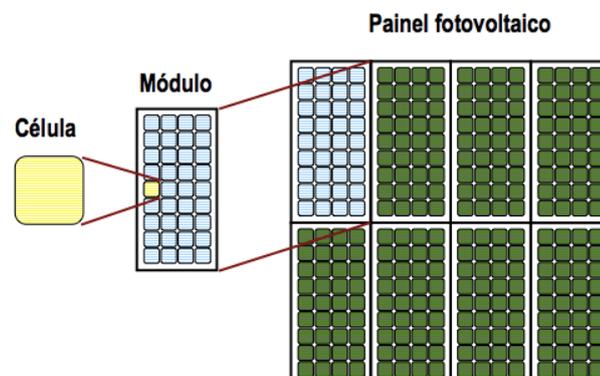


Figura 10 - Processo hierarquizado de agrupamento: célula → módulo → painel fotovoltaico. Fonte:

CARNEIRO, 2010.

As conexões mais comuns em sistemas fotovoltaicos são do tipo mista, em que se utilizam arranjos em série e paralelo, como mostra a Figura 11. A conexão elétrica entre os módulos é realizada entre seus terminais positivo e negativo. Na ligação em série, terminais opostos são conectados para aumento da tensão e manutenção da corrente, e na ligação paralela a conexão é feita entre os terminais semelhantes para manutenção da tensão e aumento da corrente (PINHO; GALDINO, 2014).

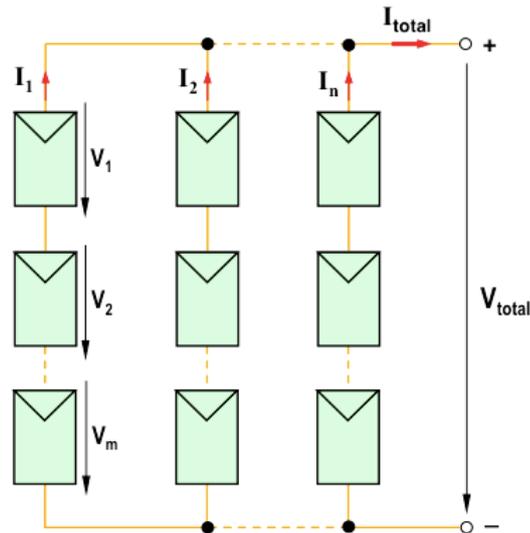


Figura 11 - Representação esquemática da associação mista de n módulos fotovoltaicos. Na vertical os módulos estão em série e estas séries encontram-se em paralelo. Fonte: CARNEIRO, 2010.

3.2.1.1 TIPOS DE CÉLULAS

As células mais comumente comercializadas, já citadas anteriormente, são (JANNUZZI, 2009; VILLALVA; GAZOLI, 2012; PINHO; GALDINO, 2014; TIRAPELLE; MURA; FRAZÃO, 2013):

Silício monocristalino

A célula de silício monocristalino é a mais utilizada e comercializada, devido à alta confiabilidade e eficiência. Teoricamente, esta tecnologia alcança a eficiência de 27%, porém, nos equipamentos comercializados a eficiência na conversão de radiação incidente em energia elétrica está em torno de 15% a 18%. As células são obtidas a partir do corte, em lâminas de aproximadamente 0,3 mm, de barras cilíndricas de um único cristal de silício produzidas em

fornos especiais, seguida da dopagem do material. Os custos de fabricação são elevados, a matéria prima é cara e os processos são complexos.

Silício policristalino

O silício purificado é derretido e cristalizado livremente formando vários cristais. Este material é utilizado na fabricação de células fotovoltaicas que são menos eficientes, em torno de 14% de eficiência, do que as de silício monocristalino devido às superfícies de separação entre os cristais. As células também são obtidas através do corte em lâminas extremamente finas de barras de silício cristalizado. Após o corte as lâminas são dopadas e os devidos acabamentos são adicionados.

Silício amorfo hidrogenado

O silício amorfo apresenta alto grau de desordem molecular e, portanto não possui estrutura cristalina. As células fotovoltaicas de filmes finos são alternativas para baratear o custo de produção dos módulos, e uma das principais matérias primas é o silício amorfo hidrogenado, que utiliza o princípio de deposição de finas camadas de materiais semicondutores sobre uma base. Apresentam eficiência em torno de 5% a 8% e versatilidade de módulos solares, como módulos flexíveis, mais leves, semitransparentes ou com superfícies curvas. A desvantagem dá-se por estes módulos ocuparem maiores áreas e conseqüentemente necessitarem de maior quantidade de material (cabos, estruturas de fixação) para instalação em relação aos módulos de silício cristalino.

CdTe, CIS e CIGS

As células solares fotovoltaicas de telureto de cádmio (CdTe), disseleneto de cobre e índio (CIS) e disseleneto de cobre, gálio e índio (CIGS) são também feitas a partir da tecnologia de filmes finos, apresentam a maior eficiência dentro desta família e tem potencial de produção em larga escala a baixo custo. Entretanto, elas são produzidas a partir de elementos não abundantes na natureza e tóxicos, o que seria uma desvantagem desta tecnologia caso atinja níveis consideráveis de produção (RUTHER, 2004 *apud* VASCONCELOS, 2013).

3.2.1.2 FATORES DE INFLUÊNCIA

Pinho e Galdino (2014) afirmam que a diferença da declinação solar - posição angular do Sol em relação ao Equador - com a latitude local fornece a trajetória do movimento aparente do Sol para um determinado dia em uma localidade na Terra. Para que o módulo possua maior produção de energia, é necessário que incida sobre toda a superfície das células a maior quantidade de radiação possível e, preferencialmente, que os raios solares incidam de forma perpendicular ao plano dos painéis. Deste modo, os módulos solares devem ser instalados voltados para o Equador, onde há maior concentração de radiação solar. No Hemisfério Norte, voltados para o Sul Geográfico e no Hemisfério Sul, voltados para o Norte Geográfico.

A inclinação do painel em relação à horizontal deve ser próxima à latitude local para que haja maior incidência média de radiação durante todo o ano, e para que a radiação direta, radiação difusa e radiação refletida pelo ambiente de entorno (albedo) sejam aproveitadas pelo módulo. Um ângulo mínimo para fixação dos módulos é importante para evitar um acúmulo de sujeira na superfície de vidro, que reduziria o rendimento da conversão de energia. No entanto, este ângulo varia entre autores: 15 graus, de acordo com Carvalho, Jucá e Freire (2003) ou 10 graus, de acordo com Zilles *et al.* (2012). Na Figura 12 pode-se visualizar a radiação absorvida pelas células fotovoltaicas.

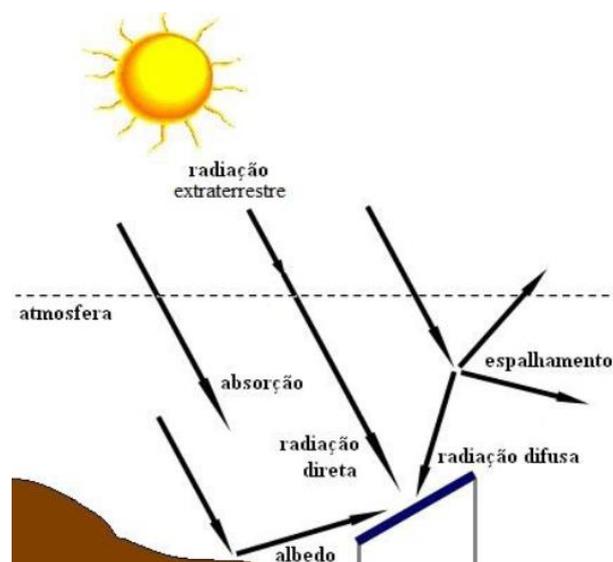


Figura 12 - Radiação que chega aos módulos fotovoltaicos. Fonte: PINHO, 2008 *apud* PINHO; GALDINO, 2014.

A variação aparente da posição do Sol ao longo do dia e do ano provoca constantes variações do ângulo de incidência da radiação solar que acarreta na produção não constante de energia elétrica. No entanto, por simplicidade, representa-se a energia média entregue diariamente em termos do número de horas diárias que seriam necessárias para gerar a mesma quantidade de energia caso a irradiação solar fosse constante, a um valor de 1000 W/m^2 . Observa-se na Figura 13 a simplificação.

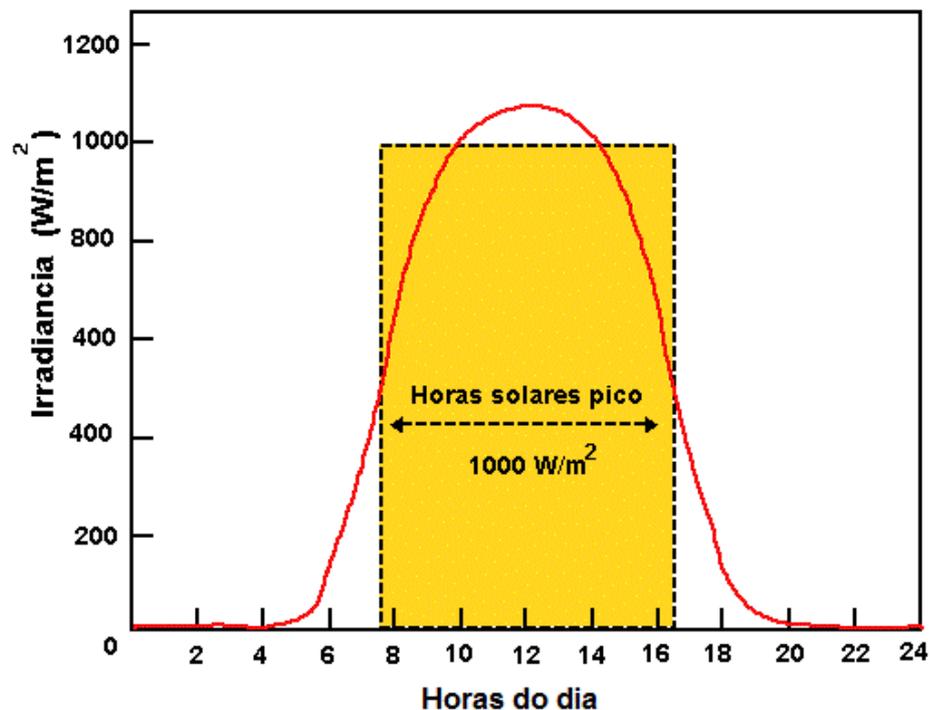


Figura 13 - Irradiância e horas solares de pico durante um dia ensolarado. Fonte: NEW MEXICO STATE UNIVERSITY, 2015.

Os principais fatores que influenciam na geração de energia elétrica de um painel são a intensidade luminosa e a temperatura das células. A corrente de curto circuito cresce na mesma proporção em que a radiação incidente nos módulos aumenta, ao passo que a tensão de circuito aberto cresce logaritmicamente. O aumento da temperatura diminui a tensão de circuito aberto, que consequentemente diminui a potência (ZILLES *et al.*, 2012). Estas relações podem ser observadas na Figura 14.

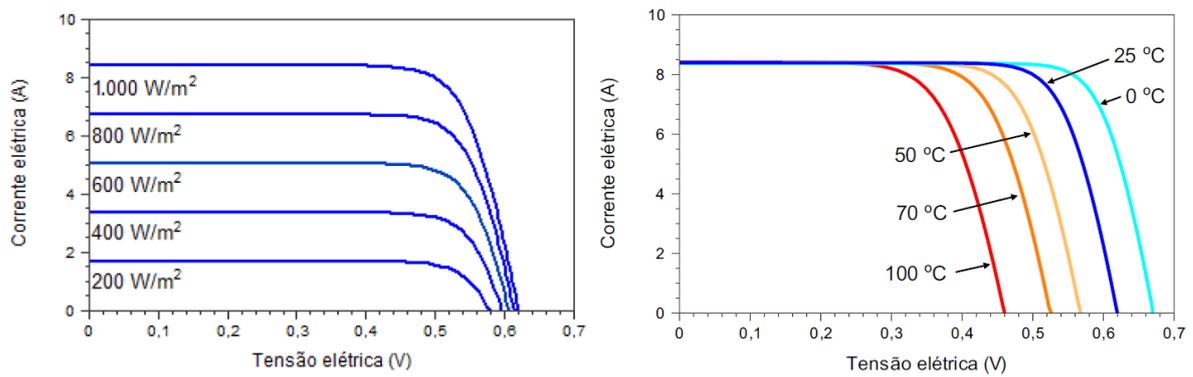


Figura 14 - Influências da variação de irradiância solar a 25° C e da temperatura para irradiância de 1.000 W/m², respectivamente, na célula fotovoltaica de silício cristalino. Fonte: PINHO; GALDINO, 2014.

No caso de uma das células em série estar sombreada, as demais provocam sobre esta a dissipação exagerada de potência, que por consequência gera um aquecimento capaz de danificar o módulo. Este fenômeno conhecido por *hot spot* (pontos quentes) pode ser evitado conectando um diodo de *bypass* em antiparalelo com agrupamentos de células fotovoltaicas. O diodo funciona apenas quando a célula não está gerando corrente, evitando que ela assuma o papel de carga no sistema. Para proteger o sistema contra correntes reversas que reduzem a potência de painéis em paralelo, usa-se o diodo de bloqueio conectado em série com cada painel. Essa corrente reversa é causada pela diferença de tensão também decorrente do sombreamento (RAMPINELLI, 2007). O esquema de utilização destes diodos pode ser observado na Figura 15.

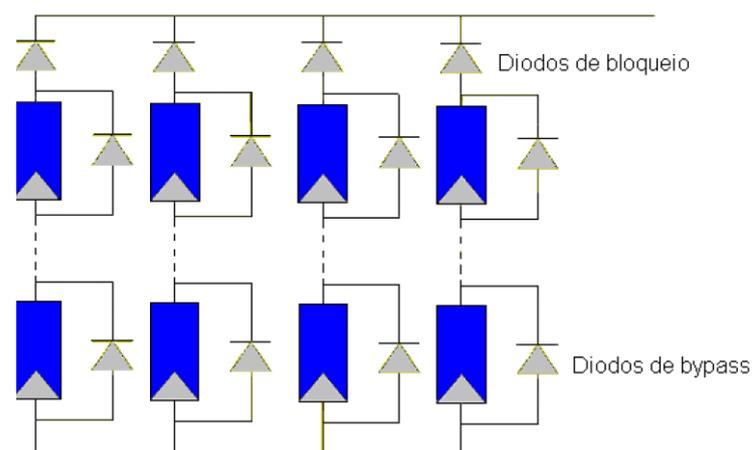


Figura 15 - Representação da ligação de diodos *bypass* e diodos de bloqueio no sistema fotovoltaico. Fonte: RAMPINELLI, 2007.

3.2.2 INVERSOR

Um inversor é um dispositivo eletrônico que fornece energia elétrica em corrente alternada (CA) a partir de uma fonte de energia elétrica em corrente contínua (CC). A tensão CA de saída deve ter amplitude, frequência e conteúdo harmônico adequados às cargas a serem utilizadas ou, no caso de SFCR, de acordo com a tensão da rede de distribuição (PINHO; GALDINO, 2014).

Os inversores para SFCR comportam-se como uma fonte de corrente elétrica com características restritas para atenderem às exigências das concessionárias de energia, com tensão de saída sincronizada com tensão da rede. Construídos com auxílio de dispositivos semicondutores de potência e com princípio de funcionamento baseado em mecanismos de chaveamento que alteram o fluxo de corrente, podem ser colocados em estado de condução ou de bloqueio por meio de um sinal de controle (PINHO; GALDINO, 2014; PINHO *et al.*, 2008).

Os principais indicadores de qualidade e de custo do inversor são a forma da onda a ser convertida e a eficiência de conversão, cujo valor depende da potência demandada pelos equipamentos e do seu fator de potência. A alta temperatura, assim como nos módulos solares, afeta a potência dos inversores. Devido aos critérios de qualidade impostos pela ANEEL, os inversores para SFCR devem apresentar forma de onda de saída senoidal pura, com eficiência em torno de 85 a 90 %, e sua vida útil é estimada pelos fabricantes entre 5 a 15 anos (PINHO; GALDINO, 2014).

Villalva e Gazoli (2012) afirmam que além da conversão de corrente, os inversores para SFCR possuem a função de proteger o sistema fotovoltaico e a rede elétrica com a detecção de ilhamento, cujo objetivo é desconectar o inversor da instalação elétrica, cessando o fornecimento de corrente, na ocorrência de falhas no fornecimento da rede elétrica ou em sua ausência (ilhamento), mesmo que o sistema fotovoltaico seja capaz de suprir a demanda de energia local.

O controle de corrente é obtido pela leitura do valor instantâneo da corrente na saída do inversor, realizado por um sensor, e a comparação deste com um sinal de referência. O sinal de referência, na forma de onda senoidal, é obtido a partir de informações geradas pelo sistema de sincronismo com a tensão da rede e pelo sistema de rastreamento da máxima

potência fotovoltaica (MPPT). Através do valor de comparação, o sistema eletrônico de controle de corrente comanda a abertura e o fechamento dos transistores eletrônicos do inversor, o que permite a síntese e a injeção de corrente senoidal na rede elétrica (VILLALVA; GAZOLI, 2012). A Figura 16 mostra a representação deste funcionamento.

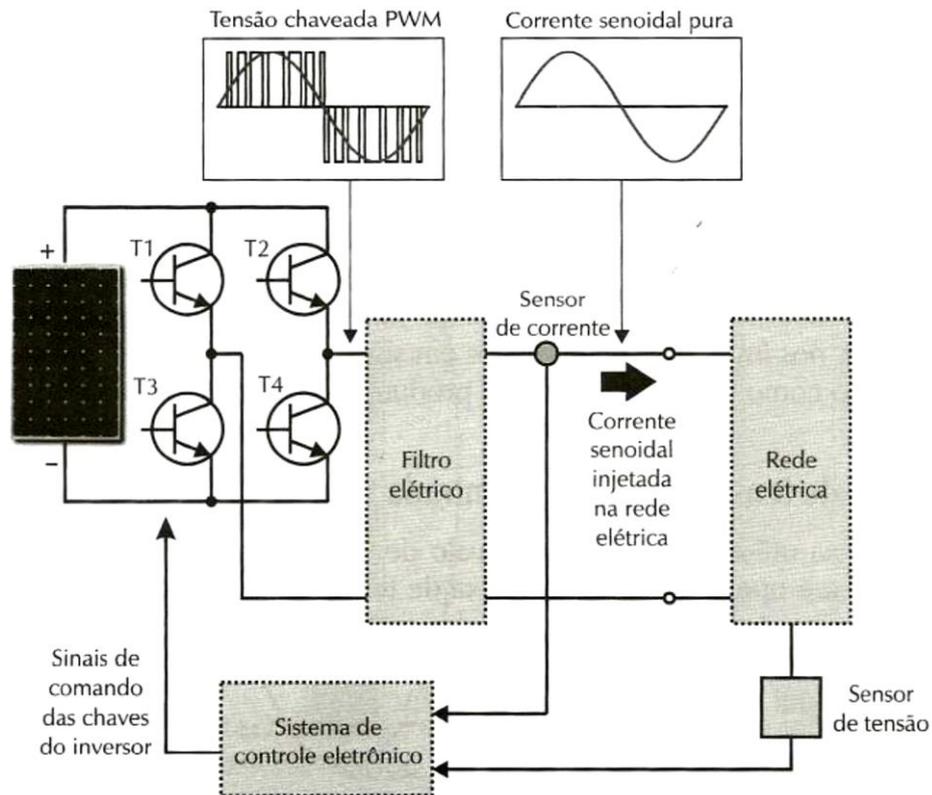


Figura 16 - Representação esquemática do funcionamento de um inversor *Grid Tie*. Fonte: VILLALVA; GAZOLI, 2012.

3.2.3 EQUIPAMENTOS DE MANOBRA E PROTEÇÃO DO SISTEMA

Existem diversos equipamentos de manobra e proteção a serem utilizados em um sistema SFCR, selecionados em função dos valores máximos de tensão e corrente em cada trecho do circuito. Pode-se abordar alguns, como (VASCONCELOS, 2013, PINHO; GALDINO, 2014):

- A caixa de *strings* tem por função conectar eletricamente os painéis fotovoltaicos, além de proteger os cabos elétricos e realizar o monitoramento eletrônico. Esta possui dois barramentos, um para os terminais positivos e outro para

os terminais negativos, cada um com portas fusíveis para adição de fusíveis a fim de proporcionar segurança ao arranjo de módulos solares;

- Os disjuntores possibilitam a interrupção do fluxo de corrente em situações de emergências ou manutenção do sistema;
- Dispositivo de proteção contra surtos (DPS), com a função de desviar as correntes provenientes de um surto;
- Quadro de proteção CC e quadro de proteção CA protegem o sistema contra surtos de tensão e descarga atmosféricas. O quadro de proteção CC é composto pela caixa de *strings*, chaves de desconexão CC e DPS. No quadro de proteção CA estão os dispositivos de proteção do lado CA do sistema fotovoltaicos como disjuntores e DPS;
- Sistema de Proteção contra descargas Atmosféricas (SPDA) integrado ao SFCR.
- Aterramento de proteção dos equipamentos, que seria a conexão da carcaça condutora ao terra; e aterramento funcional, que seria a conexão do circuito ao terra; para garantir e proporcionar um caminho preferencial às correntes indesejáveis de surto.

3.3 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE COM *BACKUP*

Os SFCRs com *backup* possuem baterias para armazenamento de energia, e podem alimentar a carga sem interferir na rede da concessionária de energia durante um ilhamento. São aplicados geralmente em localidades onde o abastecimento de energia pela rede não apresenta boa qualidade, programado para funcionar em horários de maior consumo energético, o que melhora o abastecimento de energia elétrica em outros pontos da rede, ou em ocasiões inesperadas de falta de energia. A recarga da bateria pode ser feita pelo gerador fotovoltaico ou pela própria rede, nas horas de menor consumo. No entanto, o custo com manutenção é maior. No Brasil não há regulamentação para este tipo de operação e as concessionárias não o aceitam, exigindo desligamento da geração para proteção do sistema de distribuição em casos de ilhamento (PINHO; GALDINO, 2014).

O banco de baterias adicionado obriga o sistema a utilizar o controlador de cargas, responsável por controlar os valores de tensão e corrente fornecidos à bateria e ao inversor. É

o controlador que mantém a bateria em regime de flutuação, evitando sobrecargas e descargas extremas, o que garante a vida útil da bateria. Além deste componente, é comum a adição de dispositivos de seccionamento automático, inversores bidirecionais e um sistema seguro de transferência automática. Como mostra a Figura 17, um SFCR com *backup* através de baterias é composto usualmente pelo painel fotovoltaico, controlador de carga e descarga, banco de baterias, medidor CC unidirecional, inversor CC/CA, sistema de transferência de carga CA, medidor bidirecional CA e a própria rede da concessionária (TIRAPELLE; MURA; FRAZÃO, 2013).

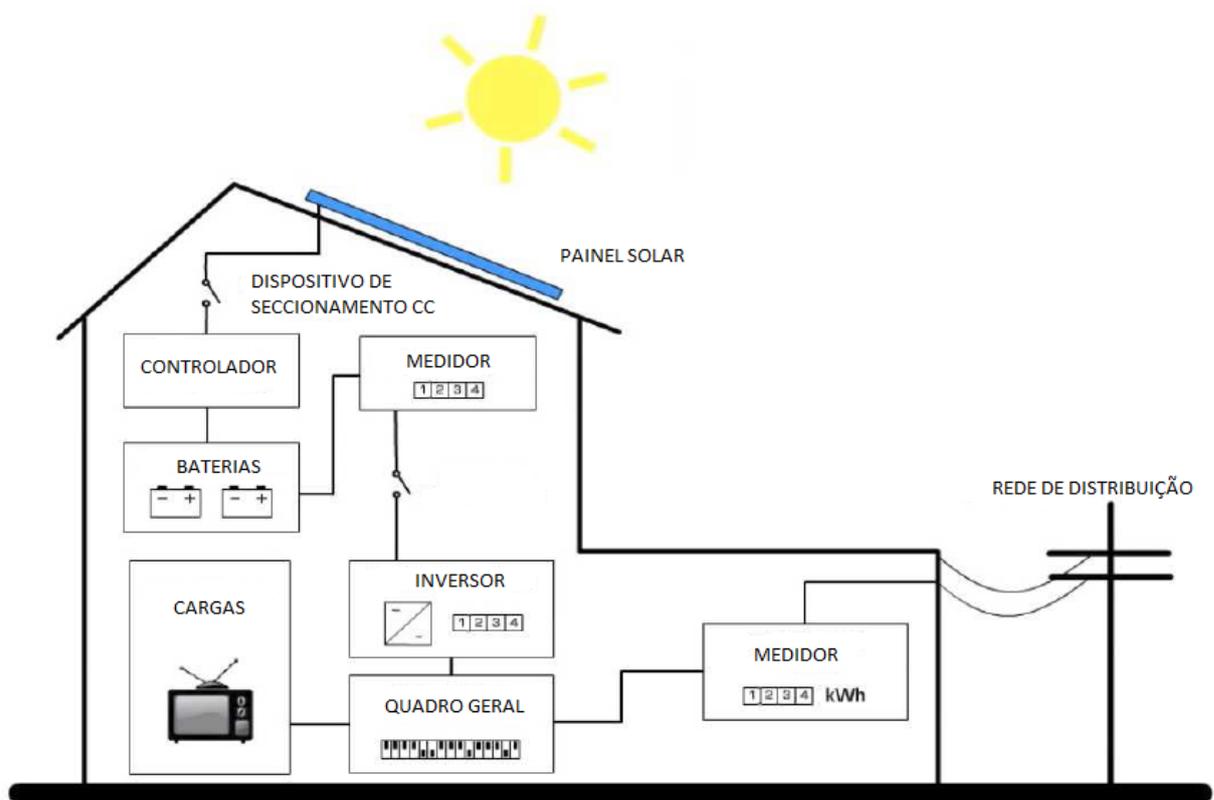


Figura 17 - SFCR com *backup* através de baterias. Fonte: Adaptado de *Renewable Future Energy Resources* INC, 2012, *apud* TIRAPELLE; MURA; FRAZÃO, 2013.

O medidor unidirecional (CC) é responsável pelo controle de energia gerada. Enquanto o medidor bidirecional (CA) fará as medidas de entrada e saída de energia da rede. O inversor bidirecional tem a capacidade de carregar as baterias a partir de uma fonte CC ou a partir de uma fonte CA.

3.3.1 BATERIA

Para Pinho e Galdino (2014), as baterias são um conjunto de vasos eletroquímicos conectados em série e/ou paralelo que armazenam energia elétrica sob a forma de energia química, e quando necessário, realizam o processo contrário, fornecendo essa energia química na forma de energia elétrica. Dos vários tipos de acumuladores disponíveis, tais como Níquel-Cádmio (NiCd), Níquel hidreto metálico (NiMH), íon de lítio (Li íon), a bateria de Chumbo-ácido (Pb ácido) é a tecnologia mais utilizada, que pode ser observada na Figura 18.

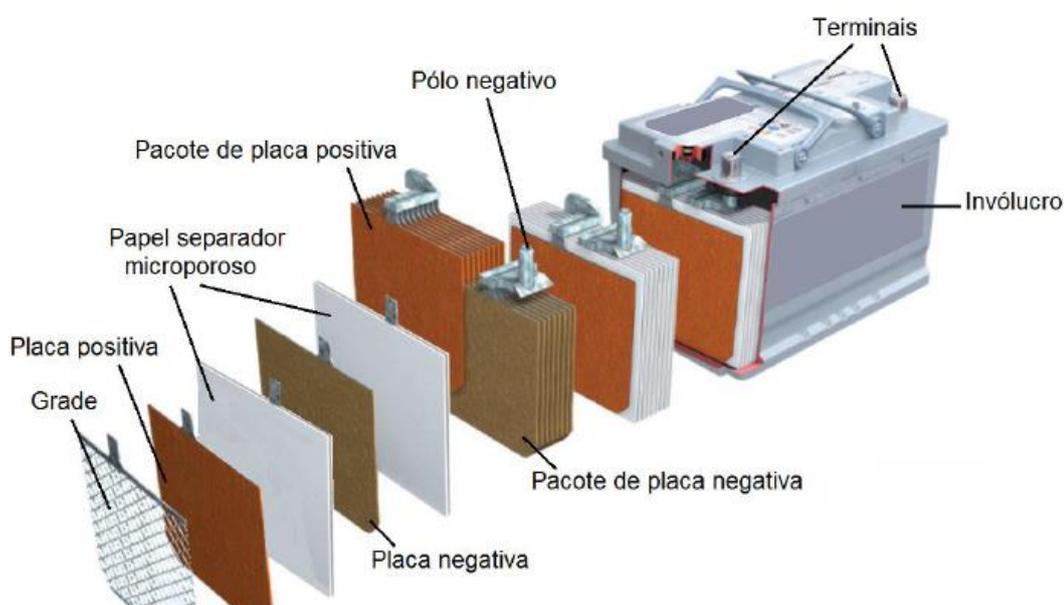


Figura 18 - Vista explodida de uma bateria de Chumbo ácido aberta. Fonte: PINHO; GALDINO, 2014.

As baterias empregadas em sistemas fotovoltaicos são baterias recarregáveis, do tipo estacionária, fabricada para tolerar descargas profundas. Podem ser seladas, em que o eletrólito é confinado no separador, sob forma de gel, ou abertas, que necessitam de verificação e correção periódica do nível de eletrólito.

A velocidade de carga e descarga, a profundidade de descarga e a temperatura são fatores que influenciam a vida útil da bateria, definida por ciclos de carregamento. Quando o processo de descarga é mais lento, a bateria consegue entregar mais energia do que se a descarga for rápida, para um mesmo nível de carga. Caso as baterias sejam expostas a baixas temperaturas, a capacidade de carga é reduzida (PINHO; GALDINO, 2014). O nível de profundidade máxima de descarga deve ser evitado, pois reduz a vida útil da bateria. Estas duas últimas relações são observadas no gráfico da Figura 19.

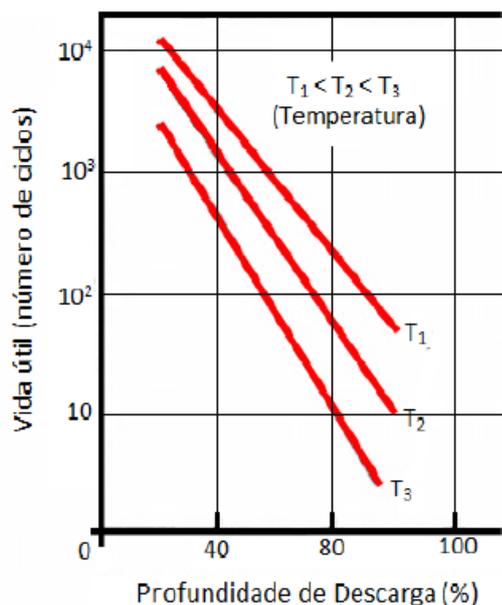


Figura 19 - Curvas aproximadas do efeito da profundidade de descarga e da temperatura na vida útil de uma bateria. Fonte: PINHO; GALDINO, 2014.

3.4 SFCR - MUNDO

A *European Photovoltaic Industry Association* (EPIA, 2014) apresenta o panorama do mercado de sistema fotovoltaico, que tem crescido ao longo da última década a um ritmo notável mesmo durante a crise econômica, e está no caminho para se tornar uma importante fonte de geração de energia para o mundo. Após recorde de crescimento em 2011, o mercado global de SFV (Sistema fotovoltaico) estabilizou em 2012 e voltou a crescer significativamente em 2013, como mostra a Figura 20. No final de 2009, a capacidade cumulativa fotovoltaica instalada do mundo foi maior do que 23 GW. Um ano mais tarde foi de 40,3 GW e, ao final de 2011 era de 70,5 GW. Em 2012, a marca de 100 GW foi alcançada e em 2013, o montante global alcançou 138,9 GW, capaz de produzir pelo menos 160 terawatts-hora (TWh) de energia elétrica a cada ano.

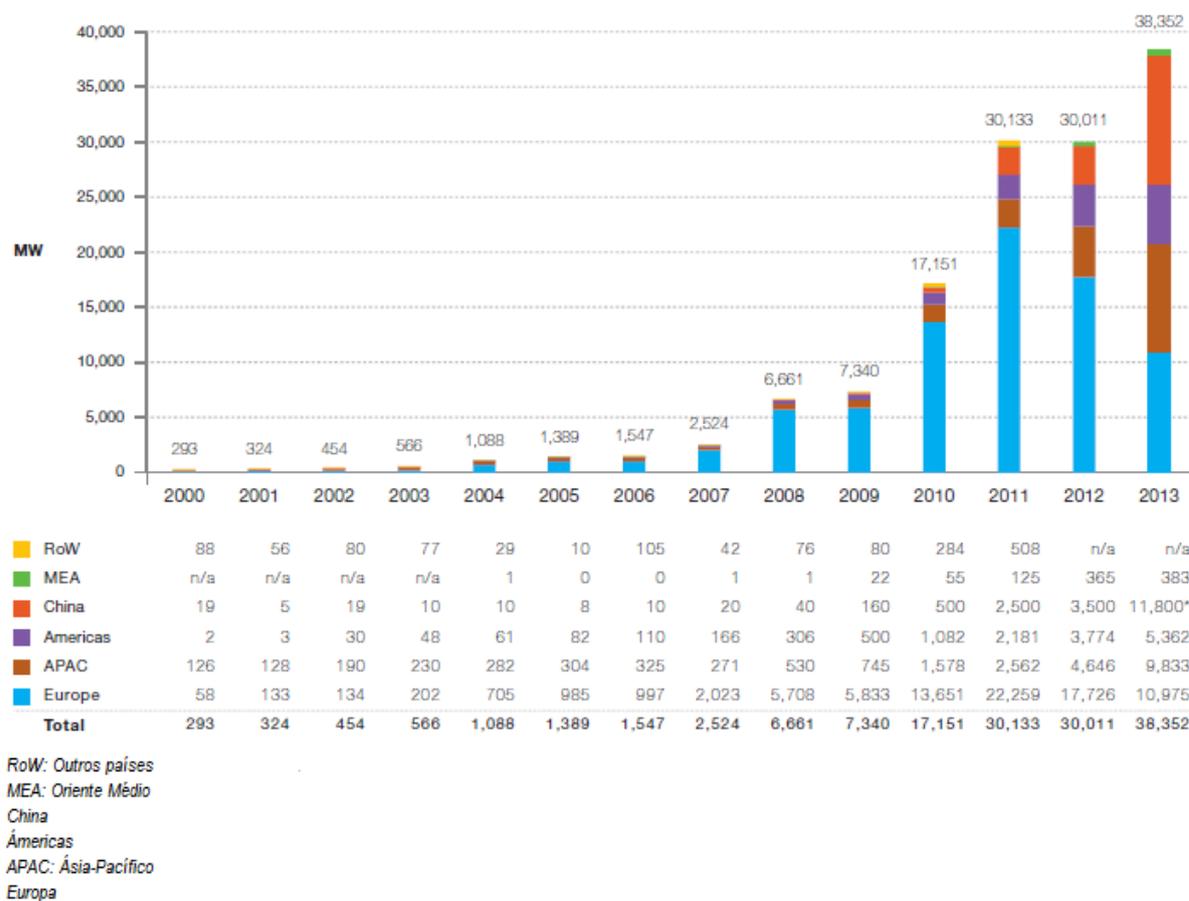


Figura 20 - Evolução mundial da capacidade cumulativa instalada do SFV entre 2000-2013. Fonte: Adaptado de EPIA, 2014.

Este volume de energia é suficiente para cobrir as necessidades de fornecimento de energia anuais de mais de 45 milhões de lares europeus e é equivalente à eletricidade produzida por 32 grandes usinas de carvão. A Europa continua a ser a principal região do mundo em termos de capacidade instalada acumulada, com 81,5 GW em 2013. Isso representa cerca de 59% da capacidade do SFV acumulado do mundo, tendo participado com 70% em 2012 e cerca de 75% da capacidade do mundo em 2011. Os países Alemanha e Itália são os que mais se destacam com potência instalada, tornando a Europa líder mundial de geração de energia em sistemas fotovoltaicos.

Os países da Ásia-Pacífico estão crescendo rapidamente, com 40,6 GW instalados; em seguida no ranking estão (13,7 GW) os Estados Unidos (EPIA, 2014). A Figura 21 mostra como está dividido o cenário mundial em relação à capacidade instalada acumulada em Sistemas Fotovoltaicos.

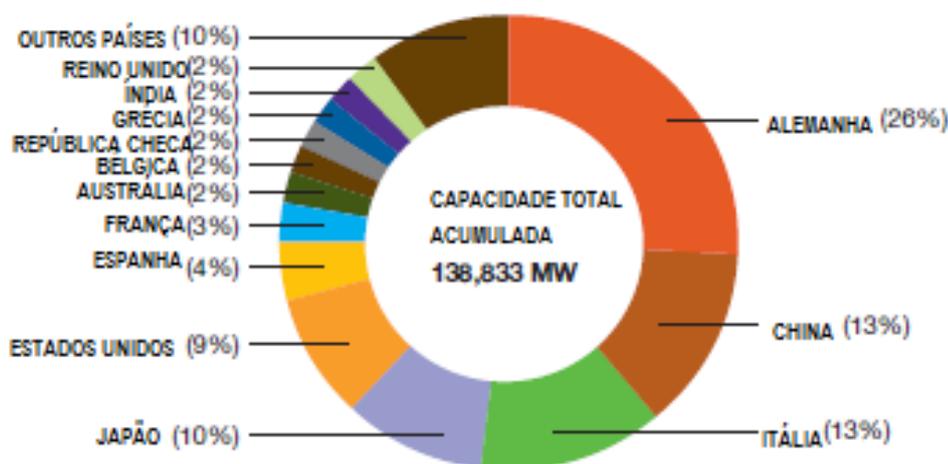


Figura 21 - Capacidade instalada acumulada em sistemas fotovoltaicos em 2013. Fonte: Adaptado de EPIA, 2014.

3.4.1 ALEMANHA

A Alemanha, a maior economia da Europa, é conhecida pelos bons resultados de suas políticas direcionadas ao uso de fontes renováveis de energia. No setor de energia solar não é diferente. Com uma das regulamentações mais rígidas da União Europeia, o país tem apresentado um mercado solar marcado pela qualidade de serviço e pela competitividade. A região mais ensolarada da Alemanha recebe um índice de radiação solar 40% menor que o índice da região menos ensolarada do Brasil. Embora possua condições climáticas menos favoráveis que a região brasileira, a Alemanha, através de tecnologias e mecanismos eficientes para incentivo à expansão da energia solar tem apresentado uma capacidade de aproveitamento superior ao do Brasil e é, atualmente, um país bem-sucedido no desenvolvimento desta fonte de energia (CABRAL; TORRES; SENNA, 2013).

Segundo BMU (2009) *apud* Toyama, Junior e Almeida (2014), devido à crise do petróleo dos anos 70 o país iniciou uma busca ousada por fontes alternativas, incentivando várias pesquisas. Consequências importantes disso foram investimentos no avanço de diversas tecnologias. Uma beneficiada foi a geração através de energia fotovoltaica em seus estágios iniciais, buscando custos viáveis.



Figura 22 - Bairro solar Schlierberg, em Friburgo, Alemanha. Fonte: ROSA, 2014.

O Programa de 100.000 Telhados, com algumas das implantações mostradas na Figura 22, é considerado o maior programa do mundo a introduzir a energia solar fotovoltaica e disponibilizou a população empréstimos para a instalação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. Este regime de apoio através de empréstimos bonificados não foi interrompido e passou a ser chamado de *Solarstrom Erzeugen – Solar Power Generation* (JANNUZZI, 2009).

O mecanismo alemão é baseado na obrigatoriedade de compra, pela operadora de rede, de toda a eletricidade gerada pelas fontes renováveis pagando ao produtor independente de energia (PI) uma tarifa prêmio por kWh gerado, programa denominado *Feed in*. Essa tarifa prêmio é relativamente superior ao preço do kWh convencional e é distinta para cada tecnologia. Os recursos para o pagamento das tarifas prêmio são captados através de um pequeno acréscimo na tarifa convencional de todos os consumidores e são depositados num fundo, utilizado para reembolsar os PIs. Neste caso, o incentivo é pago gradualmente ao longo do tempo de duração do programa (20 anos para a Alemanha), permitindo que os PIs recuperem os seus investimentos num período de 10 a 12 anos (HOLM; ARCH, 2005 *apud* RÜTHER, 2008).

O site do governo da Alemanha (*Bundesrepublik Deutschland – BDR*) mostra detalhadamente o crescimento do potencial instalado de energia fotovoltaica desde 2004 até 2012, sendo que em 2004 tinham 758 MWp instalados e em 2012 atingiram a marca de 32 GWp de potencial instalado. Isto representa um crescimento no total de 4043% em nove anos, uma taxa excelente. Portanto, a Alemanha apresenta altas taxas de crescimento, tornando-se

um país a ser utilizado como exemplo na área de energias renováveis. (TOYAMA; JUNIOR; ALMEIDA, 2014).

3.5 BRASIL

O Brasil abrange cerca de 47% da área da América do Sul, o que corresponde a 8,5 milhões de km² (NUPAC, 2008 *apud* RÜTHER, 2008). Segundo o autor, o aumento da utilização das fontes renováveis de energia no Brasil, em especial da energia fotovoltaica, pode favorecer o estabelecimento da geração distribuída num país de dimensões continentais, permitindo uma maior diversificação da matriz energética e auxiliando no suprimento de sua crescente demanda. Dada sua localização geográfica, o Brasil é particularmente privilegiado por ter níveis de radiação solar superiores aos das nações desenvolvidas e, portanto, dispõe de grande potencial para o aproveitamento da energia solar.

Nos anos 90, a difusão da tecnologia fotovoltaica no Brasil ficou defasada em relação ao que ocorria na Alemanha, Japão e outros países europeus onde os incentivos estavam direcionados ao desenvolvimento tecnológico e industrial, principalmente, para aplicações associadas ao uso da energia solar em residências. Os primeiros sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica foram instalados no Brasil no final dos anos 90 em concessionárias de energia elétrica, universidades e centros de pesquisa. A Chesf (Companhia Hidroelétrica do São Francisco) foi a pioneira nesta área ao instalar um sistema fotovoltaico de 11 kWp em 1995, em sua sede em Recife, PE. Outros sistemas pioneiros foram instalados na USP (São Paulo), na USFC (Florianópolis), na UFRGS (Porto Alegre, RS) e no Cepel (Rio de Janeiro, RJ) (PINHO; GALDINO, 2014).

O crescimento da geração fotovoltaica tem sido favorecido e impulsionado graças à iniciativa recente da ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, por meio da Resolução Normativa 482 de 17/04/2012 (ANEEL, 2012). Esta regulamentação permite micro e mini geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis, com sistemas de geração distribuída conectados a redes elétricas de baixa tensão. Em resumo, estabelece que clientes residenciais, comerciais e empresariais podem instalar painéis fotovoltaicos e deduzir essa microgeração de suas contas de energia (MARQUES, 2014).

No Brasil já estão instalados SFCR em diversos estados, legalizados por meio da Resolução 482 da ANEEL e diretrizes de instalação das concessionárias vinculadas a cada estado. Dentro do Pará, a concessionária responsável é a CELPA que já estabeleceu diretrizes para a instalação do sistema fotovoltaico conectado a rede. Tanto a ANEEL quanto a CELPA, disponibilizam regras gerais para a instalação do sistema, assim como as especificações dos equipamentos a serem instalados, que são de responsabilidade do consumidor, que deverá arcar com todos os custos até a aprovação do ponto de conexão e efetivação deferida pela concessionária (COSTA; RAMOS FILHO, 2014).

4 LEGISLAÇÃO

4.1 COMPOSIÇÃO DA CONTA DE LUZ

A partir da Lei nº 8.631 de 1993, a tarifa passou a ser fixada por concessionária, conforme peculiaridades de cada área de concessão, como número de consumidores, quilômetros de rede e tamanho do mercado, custo de energia comprada, entre outros. Para levar energia até os consumidores, a concessionária tem custos que devem ser cobertos pela tarifa de energia. De modo geral, a conta de luz inclui o ressarcimento dos custos da geração de energia, comprada pelas distribuidoras para revender aos seus consumidores por um preço determinado em leilões públicos, custos de transmissão e distribuição de energia, e encargos e tributos determinados por lei, destinados ao poder público (ANEEL, 2008). Um exemplo da conta de energia típica da concessionária local pode ser observado na Figura 23.

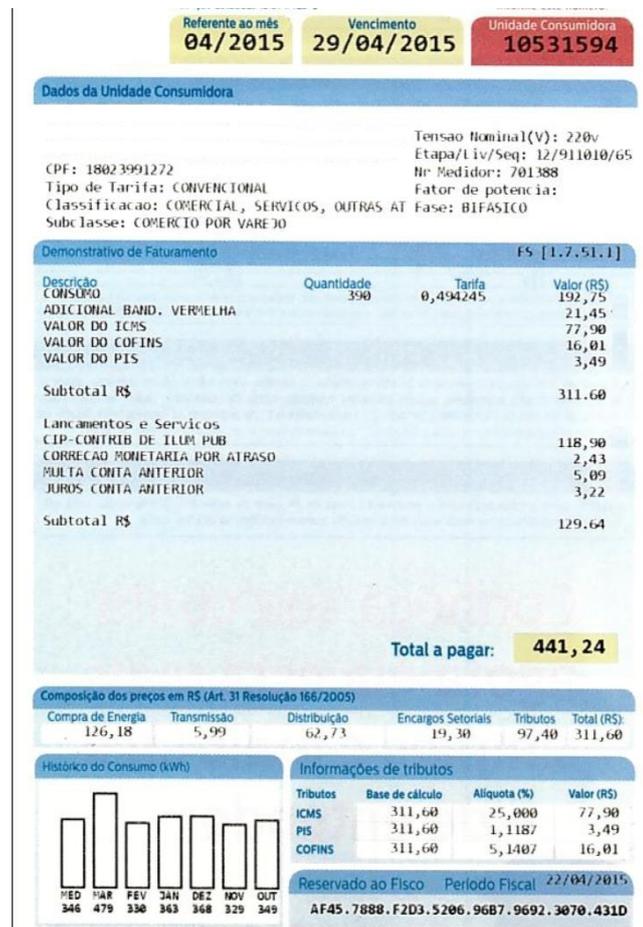


Figura 23 – Conta de energia. Fonte: CELPA, 2015.

A distribuidora cobra do consumidor um valor mínimo na fatura (taxa de disponibilidade) mesmo que este não use energia elétrica por um determinado período. Isto porque a empresa precisa manter o sistema elétrico e sua estrutura de atendimento em perfeito funcionamento para que o consumidor possa utilizar a energia no momento em que desejar. A Resolução 456/2000 da ANEEL estabeleceu os valores mínimos para cada perfil de unidade consumidora residencial. Para as unidades monofásicas e bifásicas com dois condutores, o valor em moeda corrente será o equivalente a 30 kWh, mesmo que não haja consumo. Para as unidades bifásicas a cobrança mínima será equivalente a 50 kWh, e para as unidades trifásicas o valor corresponderá a 100 kWh (ANEEL, 2008).

A contribuição para o Programa de Integração Social (PIS) e a Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS) são cobradas pela União para manter programas voltados ao trabalhador e para atender a programas sociais do Governo Federal. O imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) incide sobre as operações relativas à circulação de mercadorias e serviços e é de competência dos governos estaduais e do Distrito Federal, por este motivo sua alíquota varia de estado para estado. A distribuidora tem a obrigação de realizar a cobrança do ICMS direto na fatura e repassá-lo integralmente ao Governo Estadual. A conta inclui também a Contribuição para Iluminação Pública (CIP), cobrada na conta de luz e repassada ao Poder Público Municipal da unidade consumidora. Isto porque é atribuída ao Poder Público Municipal toda e qualquer responsabilidade pelos serviços de projeto, implantação, expansão, operação e manutenção das instalações de iluminação pública (ANEEL, 2014).

4.2 A RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482 DA ANEEL

Até 2012 a instalação de sistemas conectados à rede no Brasil enfrentava barreiras regulatórias, pois a legislação não dispunha de padrões técnicos de instalação e conexão de sistemas GD ao sistema de distribuição de energia elétrica. Diante disto, a ANEEL instaurou a Consulta Pública nº 15/2010 (de 10 de setembro a 09 de novembro de 2010) e a Audiência Pública nº 42/2011 (de 11 de agosto a 14 de outubro de 2011), com o objetivo de debater os dispositivos legais que tratariam da conexão de geração distribuída de pequeno porte na rede de distribuição. O resultado desse processo de consulta e participação pública foi a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, que estabeleceu as condições gerais para o acesso

de micro e minigeração distribuída ao sistema de distribuição de energia elétrica, e criou o sistema de compensação de energia elétrica correspondente (ANEEL, 2014).

Para adequação à Resolução, as distribuidoras de energia elétrica tiveram o prazo de 240 dias após a publicação para elaborar ou revisar as suas normas técnicas e publicá-las no respectivo endereço eletrônico. Após este prazo, as distribuidoras tornaram-se aptas a tender às solicitações de acesso por parte de seus consumidores, utilizando como referência para a energia injetada no sistema de distribuição os procedimentos da Seção 3.7 do Módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST), seção que trata do acesso ao sistema de distribuição (ANEEL, 2012).

A ANEEL define micro e minigeração distribuída, e sistema de compensação de energia elétrica na Resolução:

“Art. 2º Para efeitos desta Resolução ficam adotadas as seguintes definições:

I - microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW e que utilize fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

II - minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW para fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

III - sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração distribuída ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma

unidade consumidora ou de outra unidade consumidora de mesma titularidade da unidade consumidora onde os créditos foram gerados, desde que possua o mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto ao Ministério da Fazenda” (ANEEL, 2012).

O micro ou minissistema de geração de energia é utilizado para complementar a energia fornecida pela concessionária. O excedente de energia produzida é destinado à rede de distribuição a fim de atender a demanda local, e quando não há produção pelo sistema complementar, o consumidor é abastecido pela rede. Esta entrada e saída de energia elétrica são registradas pelo medidor bidirecional.

O valor da energia repassada à concessionária é descontado na próxima fatura de energia da unidade consumidora, e caso este valor ultrapasse o valor da fatura, o mesmo não pode ser revertido em dinheiro. O consumidor terá crédito com a distribuidora, podendo ser descontado em outra unidade consumidora de mesma titularidade e área de concessão - desde que tenha sido cadastrado previamente para tal fim -, e deverá ser consumido em um prazo de até 36 (trinta e seis) meses. A compensação dá-se primeiramente no posto tarifário – definido como período de tempo em horas para aplicação das tarifas de forma diferenciada ao longo do dia - em que ocorreu a geração, posteriormente, nos demais postos tarifários, com verificação da relação entre os valores das tarifas de energia, e somente depois nas outras unidades consumidoras (ANEEL, 2012; ANEEL, 2014). Esta sequência é ilustrada na Figura 24.

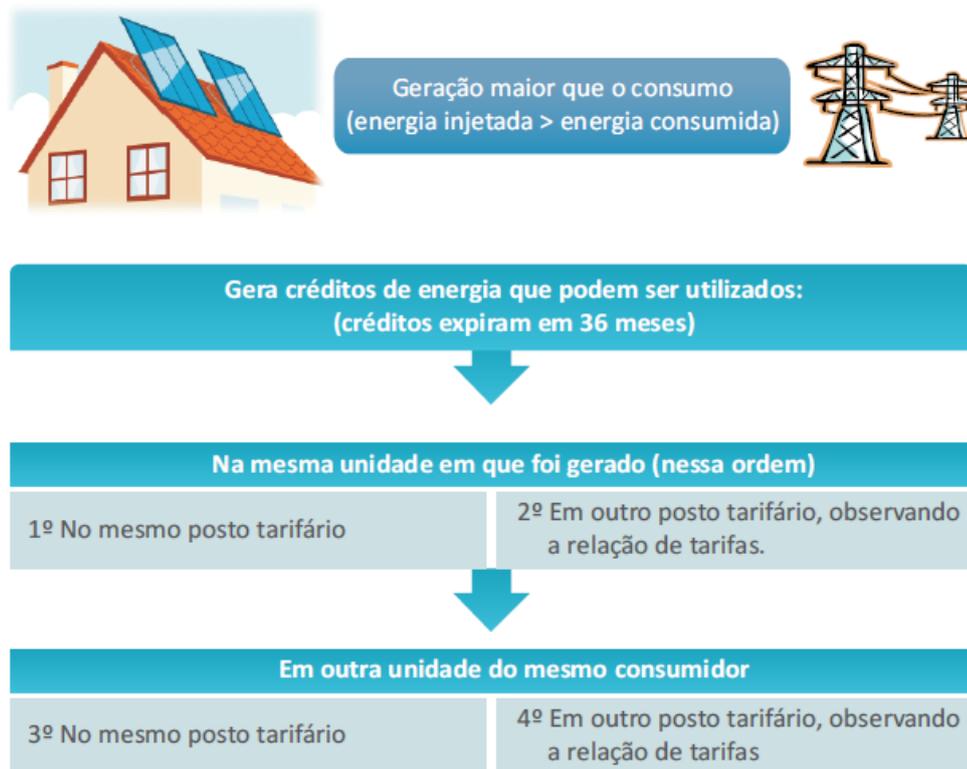


Figura 24 - Compensação do crédito de energia ativa excedente. Fonte: ANEEL, 2014.

Dependendo da forma de incidência dos impostos em cada estado, o consumidor terá ainda que pagar os impostos (ICMS, PIS/COFINS e CIP) incidentes sobre o total da energia absorvida da rede, antes da compensação. Em Minas Gerais a Lei nº 20.824, de 31 de julho de 2013, estabelece que o ICMS no estado deve ser cobrado apenas sobre a diferença positiva entre a energia consumida e a energia injetada pelos micro e minigeradores, pelo prazo de cinco anos (ANEEL, 2014). Este modelo é seguido também nos estados que aderiram ao Convênio ICMS do Conselho Nacional de Política Fazendária (Confaz), porém, sem prazo limite. O estado do Pará, local de análise deste trabalho, ainda não está incluso neste grupo.

A potência instalada da micro ou minigeração participante do sistema de compensação de energia elétrica é limitada à carga instalada no caso de unidade consumidora de grupo B, ou à demanda contratada no caso de unidade do grupo A (ANEEL, 2012). Os clientes do Grupo A são aqueles que recebem energia em média e alta tensão, respondem por cerca de 50% do mercado brasileiro e reúne supridoras, distribuidoras, produtores independentes de energia e comercializadores (FLORES, 2003), enquanto que os clientes do Grupo B formam a unidade consumidora em baixa tensão. Salienta-se que para unidades consumidoras do grupo B mesmo que a energia injetada na rede seja superior ao consumo,

será cobrada a taxa de disponibilidade da rede elétrica – valor em reais equivalente a 30 kWh (monofásico), 50 kWh (bifásico) ou 100 kWh (trifásico). Para os consumidores do grupo A, a fatura de energia será zerada, sendo que a parcela da fatura correspondente à demanda contratada será faturada normalmente (ANEEL, 2015).

Compete ao consumidor a elaboração da proposta de instalação de micro ou minigeração distribuída, assim como a definição de qual sistema será utilizado e a compra de equipamentos necessários a este. O custo de adequação do sistema de medição previsto na Resolução nº 482 é também de responsabilidade do consumidor interessado. No entanto, toda unidade consumidora tem direito a um medidor unidirecional, mas para que se instale um sistema de geração nessa unidade consumidora é necessário substituí-lo por um medidor bidirecional. A diferença de custo entre o medidor usualmente fornecido para a unidade consumidora e o medidor necessário para a conexão do sistema de geração é cobrada do interessado. A partir da instalação, a distribuidora passa a ser responsável pela operação e manutenção do sistema de medição (ANEEL, 2012; ANEEL, 2014).

4.3 ACESSO DE MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA PELA REDE CELPA

A Centrais Elétricas do Pará S/A – CELPA lançou em 2013 o caderno de normas técnicas para a conexão de micro e minigeração distribuída ao sistema de baixa e média tensão com a finalidade de sistematizar os requisitos de informações técnicas referentes a novas conexões ou alterações de conexões existentes. Mas a aquisição da CELPA pelo Grupo Equatorial Energia, também responsável pela Companhia Energética do Maranhão – CEMAR resultou no compartilhamento das normas técnicas validadas para ambas as concessionárias. Essas novas regulamentações substituíram as NTD 26 (Conexão de Microgeração Distribuída ao Sistema de Baixa Tensão) e NTD 27 (Conexão de Minigeração Distribuída ao Sistema de Média Tensão) elaboradas em janeiro de 2013, passando a vigorar a NT.31.020 de 31/10/2014 e NT.31.021 de 30/10/2014.

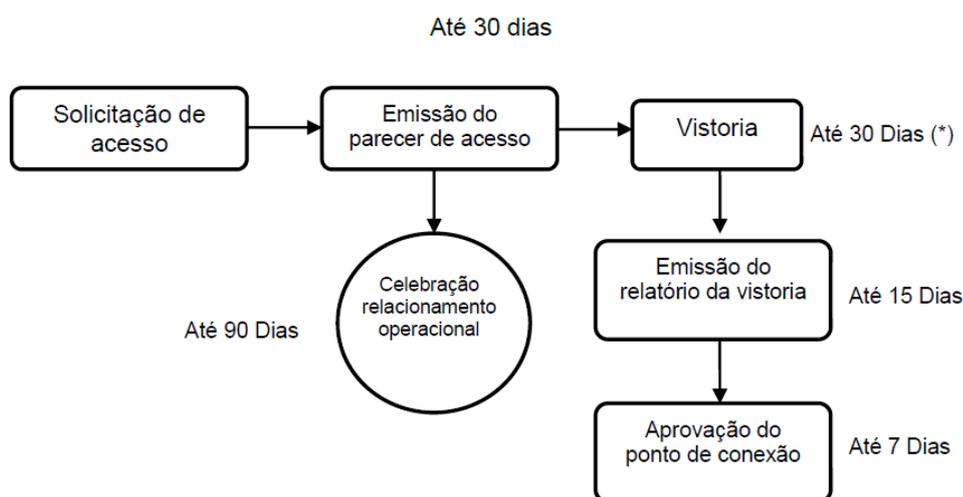
As normas em vigor apresentam os requisitos para a conexão de microgeração à rede de baixa tensão da CEMAR e da CELPA para unidades consumidoras monofásicas, bifásicas e trifásicas, através de fontes renováveis com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração com potência instalada menor que 100 kW, e requisitos para a

conexão de minigeração com potência instalada maior que 100 kW e menor ou igual a 1000 kW, conforme regulamentação da NT.31.020 e NT.31.021.

A aplicação dessas normas destina-se à Gerência de Expansão e Melhoria do Sistema Elétrico e a todas as unidades consumidoras estabelecidas na área de concessão da concessionária com necessidade de utilização ou instalação de grupos geradores de energia que utilizem fontes renováveis. Dessa forma, as normas são válidas para aqueles que fizerem a adesão ao sistema de compensação de energia, para projetistas e para empresas que realizam serviços na área de concessão da concessionária.

A fim de que a central geradora seja caracterizada como micro ou minigeração distribuída, são obrigatórias as etapas de solicitação e de parecer de acesso. A solicitação de acesso é o requerimento formulado pelo *acessante* (consumidor), e que, uma vez entregue à *acessada* (distribuidora), implica em prioridade de atendimento de acordo com a ordem cronológica de protocolo. Nessa solicitação de acesso deve constar o projeto das instalações de conexão (memorial descritivo, localização, arranjo físico, diagramas), além de outros documentos e informações eventualmente solicitados pela distribuidora (ANEEL, 2014).

O diagrama mostrado na Figura 25 apresenta de forma sucinta o caminho percorrido no processo para microgeração.



(*) a partir da solicitação de vistoria por parte do acessante.

Figura 25 - Processo de acesso a microgeração. Fonte: Grupo Equatorial Energia, 2014.

Na conexão de minigeração, a emissão do parecer de acesso pode levar até 60 dias para ser expedido, enquanto que no caso da microgeração o prazo é de até 30 dias. As demais etapas do processo seguem com o mesmo prazo para ambas as conexões.

Na etapa de acesso ocorre a solicitação formal, pelo acessante, de acesso ao sistema de distribuição da concessionária através de sua área de clientes corporativos. A solicitação é formalizada através de formulário de informações básicas contido nos anexos das normas, por tipo de fonte geradora, a ser encaminhado obrigatoriamente à concessionária pelo acessante.

Deve então ser encaminhado o projeto das instalações de conexão com arquivos dos desenhos (diagramas, plantas e cortes), em AutoCad 2004 e PDF, incluindo memorial descritivo em formato A4 na forma digital com tamanho máximo de 5 MB (por e-mail) a serem encaminhados para o atendimento corporativo, juntamente com a informação de localização, arranjo físico e diagramas.

Para a realização das instalações de conexão devem ser observadas as características técnicas, normas, padrões e procedimentos específicos do sistema de distribuição da concessionária, além das normas da ABNT. O usuário tem a responsabilidade com as obras de conexão de uso restrito e as instalações do ponto de conexão.

Os equipamentos a serem instalados pelo acessante no ponto de conexão deverão ser os especificados nos documentos pela concessionária. Caso haja necessidade de obras de reforma ou de obras de reforço no sistema de distribuição para viabilizar a conexão, cabe à concessionária a execução, respeitando os prazos utilizados para tal.

Dentre as normas técnicas e procedimentos específicos encontrados na NT.31.020 (2014) e ANEEL (2014) estão descritos requisitos para instalação, medição, proteção, qualidade e segurança. Entre eles estão:

- O Sistema de medição: que deve atender a especificações idênticas às exigidas das demais unidades consumidoras conectadas no mesmo nível de tensão da central geradora, dotada adicionalmente de funcionalidade que permita medição bidirecional de energia elétrica (medição de consumo e de geração). Em relação às instalações em baixa tensão, a medição bidirecional pode ser feita por meio de dois medidores unidirecionais – um para aferir o consumo e o outro a geração de energia.

- Dispositivo de seccionamento visível (DSV)¹: é um requisito de segurança, sendo exigido pela concessionária, e sua instalação será após a caixa de medição do padrão de entrada, ter capacidade de condução e abertura compatível com a potência da unidade consumidora. A chave seccionadora deve poder ser usada para desligar o gerador para manutenção do ponto de conexão.
- Proteção contra ilhamento: O sistema de geração distribuída deve cessar o fornecimento de energia à rede em até 2 segundos após a perda da rede (ilhamento).
- Reconexão: Depois de uma “desconexão” devido a uma condição anormal da rede, o sistema de geração distribuída não pode retomar o fornecimento de energia à rede elétrica (reconexão) por um período mínimo de 180 segundos após a retomada das condições normais de tensão e frequência da rede.
- Proteção contra curto-circuito: O sistema de geração distribuída deve possuir dispositivo de proteção contra sobrecorrentes, a fim de limitar e interromper o fornecimento de energia, bem como proporcionar proteção à rede da concessionária contra eventuais defeitos a partir do sistema de geração distribuída.
- Sinalização de segurança: Junto ao padrão de entrada de energia, próximo a caixa de medição/proteção, deverá ser instalada uma placa de advertência com os seguintes dizeres: “CUIDADO - RISCO DE CHOQUE ELÉTRICO - GERAÇÃO PRÓPRIA”.

É importante ressaltar que os critérios apresentados acima devem ser tratados como uma pequena parte das exigências propostas pela ANEEL e CELPA. Cada concessionária pode propor proteções adicionais, desde que justificadas tecnicamente, em função de características específicas do sistema de distribuição.

¹ O Despacho n° 720, de 25 de março de 2014 exclui a obrigatoriedade do DSV das microgerações, no entanto, a normativa da CELPA, até o momento de elaboração deste trabalho, ainda recomendava o uso do mesmo.

5 PROJETO DE SFCR PARA UMA RESIDÊNCIA MÉDIA

Para a verificação da viabilidade de implantação de um SFCR no município de Santarém, no estado do Pará, optou-se por utilizar os dados de uma residência de classe média em que o consumo médio mensal equipara-se à 250 kWh/mês. Para elaboração do projeto foram consultadas as seguintes normativas da ANEEL, da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e da concessionária CELPA:

- REN 482 – de 17 de Abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica;
- PRODIST - Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional. Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição;
- NT.31.001.04 - Fornecimento de Energia Elétrica em Baixa Tensão;
- NT.31.020.01 - Conexão de Microgeração Distribuída ao Sistema de Baixa Tensão;
- NBR 5410 – Instalações Elétricas em baixa tensão.

O projeto elaborado no AutoCad encontra-se disponível no Anexo I. O formulário preenchido de acordo com o modelo disponibilizado pela Celpa é encontrado no Anexo II.

5.1 DESCRIÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA

O consumo médio da residência é de 250 kWh por mês, com ligação bifásica de Baixa Tensão, 220/127 V no caso da CELPA. A Tabela 1 detalha as cargas de projeto presentes no imóvel.

Tabela 1 – Descrição das cargas da residência a ser atendida pelo SFCR proposto.

Quant	Descrição	Carga Unitária (W)	Carga Total (W)
28	Tomada de uso geral (TUG)	100	2800
04	Tomada de uso específico (TUE)	300	1200

23	Lâmpada fluorescente	23	529
02	Lâmpada fluorescente	15	30
01	Grill	1500	1500
01	Ar condicionado	950	950
01	Ferro elétrico	1350	1350
01	Máquina de lavar	1500	1500
01	Bomba d'água	1051	1051
TOTAL			10910

O Cálculo de demanda dá-se pela Equação 1 a seguir. O Fator de Demanda (FD) é considerado na equação em algumas parcelas do somatório, variando de acordo com o número e tipo de equipamentos e determinado na NT31.001. Para aparelhos de aquecimento será considerado $FD_a = 0,75$, para eletrodomésticos em geral $FD_e = 0,45$ e para aparelhos condicionadores de ar, $FD_{ca} = 1$.

$$D = \frac{a}{FP} + b + \frac{c}{0,85} + \frac{d}{FP_c} + \frac{k \times e}{0,85} + f + g + h + i$$

Equação 1 – Equação para cálculo de demanda energética.

Sendo:

- D = Demanda total da instalação em kVA;
- a = Demanda das potências, em kW, para iluminação e tomadas de uso geral;
- FP = Fator de potência da instalação de iluminação e tomada de uso geral. Seu valor será determinado em função do tipo de iluminação e reatores utilizados. No caso, usaremos iluminação fluorescente com reatores de baixo fator de potência, assim será $FP = 0,5$;
- b = Demanda de todos os aparelhos de aquecimento em kVA multiplicado pelo FD_a ;
- c = Demanda em kW de todos os aparelhos eletrodomésticos em geral multiplicado pelo FD_e , considerando o FP igual a 0,85 (fixo);
- d = Demanda de todos os aparelhos de ar condicionado em kW multiplicado pelo FD_{ca} ;
- e = Potência nominal dos motores das bombas d'água em kW, considerando $k = 1$ para uma bomba;
- f = Outros motores e máquinas de solda moto geradoras;
- g = Demanda em kVA, das máquinas de solda a transformador;
- h = Demanda em kVA, dos aparelhos de Raios-X;

- i = Outras cargas não relacionadas em kVA. Neste caso o projetista deverá estipular o fator de demanda característico das mesmas.

De acordo com a Equação 1, a demanda de energia da unidade consumidora é definida como $D=14,92$ kW. Este valor está dentro da faixa de demanda dos consumidores em baixa tensão – bifásicos (Grupo B1), que é de 10 a 15 kW. O valor da potência máxima do SFCR a ser instalado nesta residência é limitado à esta carga instalada, como descrito na NT.31.020.01, para que o sistema esteja de acordo com os condutores e dispositivos gerais de manobra e proteção já presentes.

A maior parte das tomadas na residência são do tipo 2P+T de 10A/250V, e quatro são de 20A/250V, do padrão de tomadas brasileiras, embutidas em alvenaria por um eletroduto de 25 mm². Os disjuntores são monopolares de 15 A com cabo de cobre flexível de 2,5 mm²; de 20 A com cabo de cobre flexível de 4 mm²; e 30 A com condutor de cobre flexível de 4 mm².

5.1.1 DESCRIÇÃO DO RAMAL DE LIGAÇÃO E ENTRADA

A partir da via pública há derivação da rede secundária – rede com tensões de 127/220 V - de distribuição da CELPA por via aérea para a residência em questão, a partir do poste de localização 21 M 0753736 - 9731125 UTM. O ramal de ligação e entrada é de fornecimento bifásico, com cabo de alumínio multiplexado triplex de 16 mm². A conexão entre a rede e a residência deve possuir as seguintes especificações, de acordo com padrões exigidos pela concessionária:

- Altura mínima de 3,5 m entre o ramal de ligação e o solo;
- Diâmetro nominal eletroduto de aço galvanizado de 1 ½”;
- Condutor de aterramento aço cobreado de 10 mm²;
- Diâmetro nominal eletroduto aterramento de ½”;
- Caixa padrão polimérica polifásica para proteção do medidor bidirecional instalada no muro que limita a propriedade com a via pública, de acordo com o padrão determinado pela concessionária;

- Caixa padrão para proteção do disjuntor e do Dispositivo de Seccionamento Visível (DSV);
- Disjuntor termomagnético de 60 A.

5.2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

O SFCR a ser instalado terá a potência nominal de 1,75 kW e contará com alguns equipamentos descritos no Capítulo 3. Os módulos fotovoltaicos serão instalados no telhado da residência, distantes do sombreamento de árvores ou edifícios, com ajuda de uma estrutura de fixação adequada. Devido à latitude do local de instalação ($02^{\circ} 26' 35''$ ²), a inclinação mínima deverá ser de 10° voltados para o Norte Geográfico (ZILLES *et al.*, 2012). Serão utilizados 7 módulos fotovoltaicos Yingli YL250P 29b , e 1 inversor Fronius Galvo de 1500 W, instalado próximo aos módulos para redução de perdas de corrente e tensão. Além do Dispositivo de Proteção Contra Surto (DPS); Dispositivo de Seccionamento Visível (DSV); disjuntores CA; dispositivo de seccionamento CC e conectores.

Os módulos fotovoltaicos serão conectados em série a fim de produzir a mínima corrente em uma tensão elevada, evitando a especificação de cabos de maior secção. De acordo com o *datasheet* no Apêndice I, cada módulo possui as seguintes especificações:

- 250 Wp de potência;
- Eficiência de 15,3%;
- 19,1 Kg;
- Dimensões de 1.640x990x35 mm;
- Silício Policristalino;
- Tensão de máxima potência (V_m) de 29,8 V;
- Corrente de máxima potência (I_m) de 8,39 A;
- Tensão de Circuito Aberto (V_{oc}) de 37,6 V;
- Corrente de Curto-Circuito (I_{sc}) de 8,92 A.

² Dados retirados do site Apolo11.com. Disponível em:
<<http://www.apolo11.com/latlon.php?uf=pa&cityid=2519>>.

O inversor específico para sistemas conectados à rede foi dimensionado para suportar a tensão de entrada do gerador fotovoltaico dentro de sua faixa ótima de trabalho. Este inversor possui a função de gerenciar e controlar a onda de saída, sincronizando-a com a rede local, além de proteger o sistema fotovoltaico e a rede elétrica com a detecção de ilhamento. O Inversor Fronius Galvo 1.5-1 possui proteção contra curto circuito CA, modos de operação em CC (não aterrado / aterramento pelo negativo / aterramento pelo Positivo), chave de desconexão em CC incluída e MPP com tensão de operação de 120 a 335 V. O *datasheet* do Apêndice II apresenta as seguintes especificações:

- Potência máxima de entrada de 1600W;
- Tensão máxima de entrada de 420Vcc;
- Faixa de tensão do MPP de 120Vcc a 335Vcc;
- Tensão mínima de entrada de 120Vcc;
- Tensão para inicialização de 140Vcc;
- Corrente máxima de entrada de 13,3A;
- Potência nominal de saída de 1500W;
- Tensão de saída (faixa) de 180Vca a 270Vca;
- Frequência de saída de 60Hz;
- Corrente máxima de saída de 7,2A;
- Eficiência Máxima de 95,9%;
- Frequência de saída de 60Hz;
- Dimensões de 645 x 431 x 204 mm;
- 16,4Kg.

A proteção contra curto circuito deverá ser coordenada com a proteção geral da unidade consumidora, através de disjuntor termomagnético, localizado eletricamente antes da medição. O DPS deve ser instalado entre a carga e o inversor, a fim de proteção do circuito, desviando a alta corrente proveniente de um surto para a terra e limitar as sobretensões. Para eventual necessidade de manutenção do gerador fotovoltaico, um dispositivo de seccionamento CC, que suporte a tensão de circuito aberto de 263,2 V e corrente de 8,92 A, será instalado para desligamento deste com resto do sistema.

O DSV é sugerido pela concessionária para garantir a desconexão da central geradora durante manutenção do sistema, com instalação após a caixa de medição do padrão

de entrada. O DSV deverá ter a capacidade de condução e abertura compatível com a potência da unidade consumidora.

Para Pinho *et al.* (2014), é recomendado em sistemas fotovoltaicos o uso de fios de cobre com seção do condutor dimensionada de forma que a queda máxima seja de 5% para tensão entre módulo e carga; e 3% para tensão em circuitos derivados. A conexão com inversor será por terminal tipo parafuso de conexão de seção determinada entre 2,5 e 16 mm², especificado pelo fabricante.

O aterramento do sistema de geração distribuída deverá estar conectado ao sistema de aterramento da unidade consumidora. A conexão do circuito ao terra tem o objetivo de garantir e proporcionar um caminho preferencial às correntes indesejáveis de surto. Além disso, é necessário o aterramento de proteção dos equipamentos, de todas as partes metálicas da estrutura, inclusive a carcaça condutora dos módulos, e o aterramento para o DPS. O SPDA deverá proteger a área onde o SFCR será instalado, minimizando os impactos das descargas atmosféricas no sistema, que podem ocasionar incêndios, explosões, danos material e risco à vida. Este sistema de proteção deverá estar conectado ao sistema de aterramento para que a descarga seja dissipada no solo (PINHO *et al.*, 2014).

6 ANÁLISE DO INVESTIMENTO

6.1 ORÇAMENTO

O município de Santarém conta com empresas que vendem separadamente alguns dos equipamentos que compõe um SFCR, como os módulos fotovoltaicos. Entretanto, para cotação do orçamento de uma instalação de SFCR foram consultadas empresas de outras cidades, através de seus *websites*³ por estas serem especializadas no serviço de venda e instalação completa do sistema abordado. Com base nos orçamentos enviados por estas, optou-se por escolher a de melhor preço, que também conta com equipamentos de melhor desempenho. O orçamento deste encontra-se no Anexo III.

Os sistemas cotados para esta instalação são considerados *Turn Key* (TOYAMA; JUNIOR; ALMEIDA, 2014), o que significa que o fornecedor entregará o sistema funcionando, adequado a todas as normas exigidas e regularizado junto à concessionária local de energia. Os fornecedores ainda oferecerem um sistema de monitoramento dos dados de produção energética. Os valores mostrados na Tabela 2 foram cotados em fevereiro de 2015, o preço de mercado poderá ter sofrido alteração.

Tabela 2 – Orçamento do SFCR. 2015

Item	Valor unit	Qtd	Total	R\$/kwp	Descrição
1	R\$ 960,94	7	R\$ 6.726,55	R\$ 3.843,74	Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL250P 29b
2	R\$ 6.771,81	1	R\$ 6.771,81	R\$ 3.869,61	Inversor Fronius Galvo 1.5-1 (1.500W)
3	R\$ 2.187,50	1	R\$ 2.187,50	R\$ 1.250,00	Suporte para fixação dos painéis fotovoltaicos
4	R\$ 1.225,00	1	R\$ 1.225,00	R\$ 700,00	Material elétrico de instalação do sistema fotovoltaico
5	R\$ 2.537,50	1	R\$ 2.537,50	R\$ 1.450,00	Serviço de instalação do sistema Fotovoltaico
6	R\$ 5.750,00	1	R\$ 5.750,00	R\$ 3.285,71	Projeto elétrico e

³ NeoSolar, Solstício Energia, Blue Sol e Solar Brasil.

					regularização do sistema
Subtotal			R\$	R\$	
			25.198,39	14.399,08	
Mão de obra	R\$ 1.260,00*	2	R\$ 2.520,00	R\$ 1.440,00	Passagem de avião + 3 dias a R\$ 120,00/dia
Total			R\$ 27.718,39	R\$ 15.839,08	

* Valor cotado em junho de 2015.

Estão inclusos no orçamento cabos e eletrodutos CC e CA até 20 metros, DPS, disjuntores CA, chave seccionadora CC, conectores, parafusos e miscelâneas de instalação. Além disso, adiciona-se ao valor orçado pela empresa o custo do deslocamento da equipe de instalação, posto que em nossa pesquisa não se encontrou em Santarém mão de obra adequada para a execução deste serviço. Deste modo, inclui-se no custo o deslocamento aéreo e uma diária de R\$120,00 por técnico para cobrir as despesas de estadia. Portanto, pressupondo-se que dois técnicos instalariam este sistema em um prazo de 3 dias, pode-se estimar um custo adicional de aproximadamente R\$ 1.260,00 por técnico, assumindo tarifas áreas e de hospedagem de baixa temporada. A condição de pagamento sugerida pela empresa é a seguinte: um terço na assinatura do contrato, um terço antes do envio dos equipamentos e o restante após a conclusão dos serviços, à vista ou no boleto bancário sem parcelamento. No entanto, para os fins deste trabalho, considera-se que o pagamento será realizado em uma única parcela, na entrega do sistema em funcionamento e regularizado junto à concessionária.

O dimensionamento do sistema foi elaborado pela empresa com base no consumo médio de 250 kWh/mês. Os dados de insolação local para os cálculos de produção de energia foram fornecidos pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial) e NREL (*U.S. National Renewable Energy Laboratory*). O gráfico da Figura 26 apresenta a estimativa de produção energética do sistema proposto que produzirá em média cerca de 205 kWh/mês de energia.

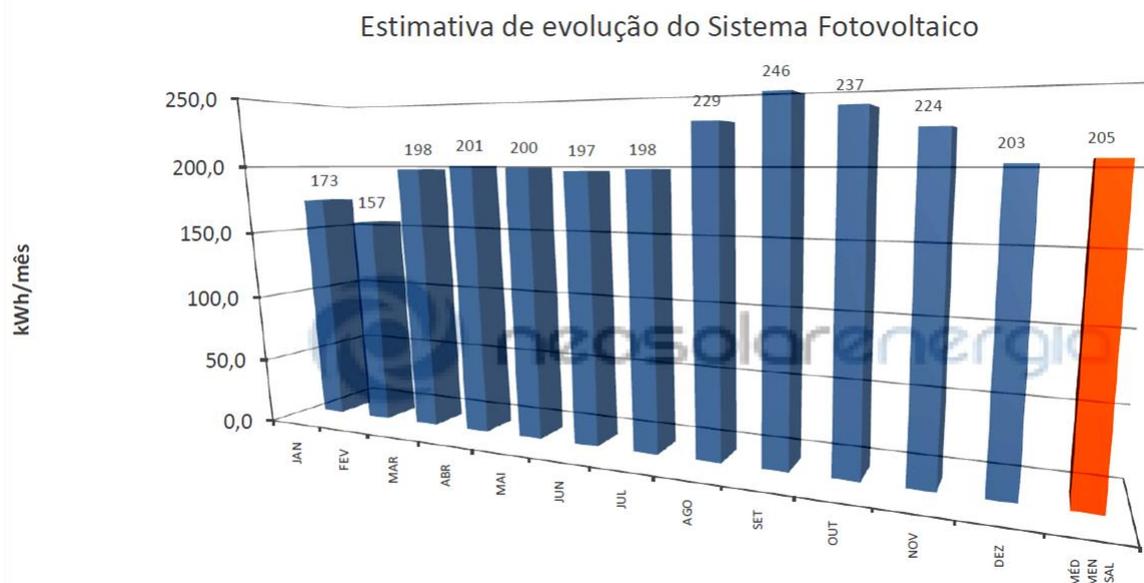


Figura 26 – Gráfico da estimativa de produção de energia mensal do SFCR proposto. Fonte: NEOSOLAR, 2015 (Anexo III).

Para os cálculos da quantia economizada com a geração própria será considerado que a residência consumirá toda a energia produzida pelo SFCR, pois a energia cedida à concessionária para compensação, e conseqüentemente o seu valor descontado na conta de luz, atualmente não gera desconto nos impostos sobre a energia entregue pela concessionária à residência no estado do Pará.

Trata-se, portanto, do melhor caso de redução na conta de luz, que ocorre quando a residência deixa de demandar da concessionária uma parte de suas necessidades de energia por estar gerando ao mesmo tempo em que está consumindo⁴, em oposição ao caso em que a energia gerada pelo SFCR é integralmente entregue à concessionária para compensação⁵. A ocorrência de um caso ou outro dependerá dos hábitos de consumo da residência, e é provável que um caso real seja um misto das duas situações, onde uma parte da energia gerada pelo SFCR é consumida e o excedente é entregue à concessionária para compensação.

⁴ É o caso de uma residência ocupada e muito ativa durante o dia, com consumo diurno grande o suficiente para utilizar toda a energia gerada pelo SFCR.

⁵ Caso de uma residência desocupada e/ou inativa durante o dia, que consome a maior parte de sua demanda energética durante a noite.

6.2 VIABILIDADE FINANCEIRA

6.2.1 CONCEITOS

Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

A taxa mínima de atratividade (TMA) corresponde à melhor remuneração que poderia ser obtida com o emprego do capital em um investimento alternativo de perfil de risco semelhante. TMA é uma taxa de juros que representa o mínimo que um investidor se propõe a ganhar, quando faz um investimento, ou o máximo que um tomador de dinheiro se propõe a pagar, quando faz um financiamento (APOLÔNIO, 2014).

Payback Simples

O *payback* simples é o tempo de retorno do valor do investimento. No entanto, possui uma análise limitada por não considerar os valores futuros do dinheiro - o dinheiro perde ou ganha valor no tempo - no fluxo de caixa (SILVA *et al.*, 2013). Este método permite uma análise econômica rápida do investimento, sem considerar fatores como projeções de inflação e a taxa mínima de atratividade do investidor. Segundo Motta e Calôba (2002, *apud* MACEDO, LUNA e ALMEIDA, 2007), quanto maior for o prazo de *payback*, menos interessante o projeto se torna para o investidor por estar mais exposto às incertezas ao longo do tempo.

$$\text{Payback simples} = \frac{\text{investimento}}{\text{fluxo de caixa mensal}}$$

Equação 2 – *Payback* simples.

Valor Presente Líquido (VPL)

Segundo Puccini (2011), o VPL é a soma algébrica dos valores presentes de todos os componentes do fluxo de caixa, ou seja, a soma dos valores presentes das entradas de caixa menos a soma dos valores presentes das saídas de caixa.

Um VPL positivo significa que as entradas ao longo do tempo descontadas à TMA superam o valor das saídas ao longo tempo descontadas à mesma taxa, o que demonstra que o capital será recuperado juntamente com uma remuneração superior à mínima desejada pelo investidor. Trata-se, portanto, de um investimento desejável e o projeto deve ser aprovado.

Um VPL nulo indica que o capital investido será recuperado juntamente com a remuneração mínima do capital indicada pela TMA. O aceite ou não do projeto é indiferente. Já um VPL negativo indica que o investimento não será capaz de retornar o capital investido e a remuneração mínima desejada, e que o projeto deverá, com base neste critério, ser rejeitado (EPELBAUM, 2014).

$$VPL = \sum_{n=1}^k \frac{\text{valores}_n}{(1 + \text{taxa})^n}$$

Equação 3 – VPL.

Taxa Interna de Retorno (TIR)

Também conhecida como *Internal Rate of Return (IRR)*, a TIR corresponde ao cálculo da taxa de desconto que, aplicada a uma série de entradas e saídas de caixa, iguala o fluxo a zero. Ou seja, é a taxa que zera o VPL (BALARINE, 2002, p.27). Na Equação 4, o PV (*Present Value*) é o investimento inicial em uma única parcela no início da série e o PMT são os pagamentos (*Payments*) realizados ao longo de intervalos de tempo regulares, no caso em meses.

$$VPL = \frac{PMT_1}{(1 + i)} + \frac{PMT_2}{(1 + i)^2} + \dots + \frac{PMT_n}{(1 + i)^n} - PV = 0$$

Equação 4 – VPL para TIR.

A solução dessa equação deverá produzir um resultado para i , que será o valor da TIR. Essa taxa representa a rentabilidade relativa (forma percentual unitária) de um projeto de investimento e deverá ser comparada com a TMA da empresa (PUCCINI, 2011). Se a taxa de retorno for maior que a TMA, o projeto em questão é viável para este critério.

6.2.2 COMPARAÇÃO COM A POUPANÇA

A remuneração dos depósitos de poupança é calculada sobre o menor saldo de cada período de rendimento, que é o mês corrido a partir da data de aniversário da conta de depósito de poupança, isto para os depósitos de pessoas físicas e de entidades sem fins lucrativos (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2015b).

Segundo Lisita (2005), o dinheiro economizado com o uso do SFCR anualmente pode ser encontrado a partir da Equação 5, e conseqüentemente pode-se determinar o *payback* simples do projeto.

$$T_{eco} = T_e \times E_p$$

Equação 5 – Valor economizado pela geração de energia num SFCR.

Onde:

T_{eco} = taxa de economia do sistema em R\$;

T_e = taxa de energia com impostos em R\$/kWh;

E_p = energia produzida pelo sistema em kWh/mês.

A taxa de energia utilizada é a tarifa B1 residencial convencional (sem ponta), bandeira verde da Rede CELPA, de R\$/kWh 0,52539 (Apêndice III) mais impostos. Para o cálculo desses tributos cobrados na conta de energia utiliza-se o cálculo por dentro, também denominado *gross up*, em que há uma incidência circular das Contribuições PIS/COFINS e do ICMS sobre seus respectivos montantes. Desta forma, cada tributo recai sobre o valor do consumo, sobre o valor dele próprio e sobre o valor dos demais tributos. Esta metodologia foi regulamentada pela ANEEL após a Audiência Pública n. 014/2005 e é utilizada pela concessionária CELPA. Além disso, o PIS e o COFINS são de regime não cumulativo para a concessionária e portanto o seu cálculo tem como base apenas a receita bruta da mesma, com alíquotas máximas de 1,65% e 7,6%, respectivamente (MENEZES JUNIOR, 2009). Do valor apurado para as contribuições devem, então, ser abatidos os créditos tributários identificados pela equipe financeira da concessionária, obtidos com as diversas compras feitas pela mesma sobre as quais estes tributos tenham incidido. Por este motivo, as alíquotas efetivas do PIS e da COFINS aplicadas nas contas de luz podem variar de mês para mês, dependendo dos créditos obtidos e identificados pela concessionária. Esta discussão não faz parte dos objetivos deste trabalho e, portanto, limita-se a justificar o uso de uma alíquota média para o PIS e para a COFINS na estimativa da economia na conta de luz.

Considerando a média de produção energética de 205 kWh/mês para simplificação dos cálculos, e a tarifa de energia com impostos de R\$ 0,76748 por kWh (Tabela 3), o fluxo de caixa mensal representado no gráfico da Figura 27 será de R\$ 157,33. Estes valores referem-se à situação em que a energia produzida será consumida pela própria residência.

Com isto, o investimento de R\$ 27.718,39 (Tabela 2) terá o *payback* simples (Equação 2) de aproximadamente 15 anos, espaço de tempo razoável, visto que os módulos solares possuem uma vida útil de 25 anos e o inversor de 10-15 anos, de acordo com o fabricante. A troca do inversor é considerada após o 15º ano, e o valor inclui o custo do equipamento e da mão de obra para a substituição.

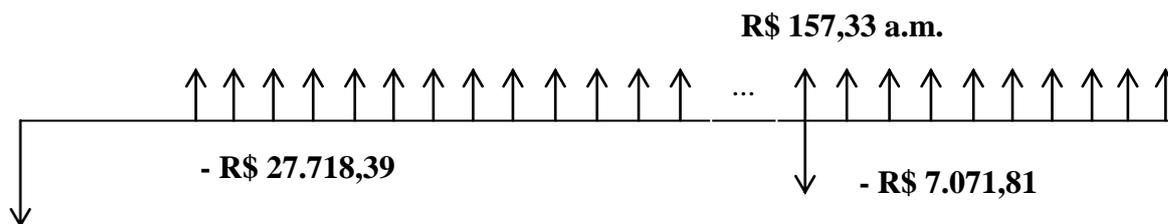


Figura 27 – Gráfico do fluxo de caixa do projeto.

Para a comparação do investimento em um SFCR com a poupança foi utilizada como TMA a taxa de rendimento da poupança do Banco Central do Brasil, de 0,6307 % a.m.⁶. A taxa pode variar de acordo a SELIC (Sistema Especial de Liquidação e Custódia, a taxa básica de juros da economia brasileira), sendo fixa (0,5%+Taxa Referencial) quando esta atinge valores maiores que 8,5%, e deve ser consultada quando a decisão de investir for tomada. Considerando o fluxo de caixa ao longo de 300 meses (25 anos) de vida útil do sistema, com a troca do inversor após 180 meses (15 anos), e desconsiderando mudanças de bandeira, inflação e variação na tarifa de energia, pôde-se calcular o VPL = - R\$ 8.836,21 e a TIR = 0,2750 %, como mostra a Tabela 3. O VPL negativo e a TIR menor que a TMA definem a inviabilidade do projeto em questão se comparados ao investimento na poupança.

Tabela 3 – Análise utilizando como TMA a Poupança.

Poupança	
Preço energia sem impostos	R\$ 0,525390
ICMS	25,00000%
COFINS	5,37618% *
PIS	1,16740% *
Preço da energia com impostos	R\$ 0,76748
Geração mensal (kWh)	205
Economia mensal	R\$ 157,33
TMA (poupança)	0,63070%
Investimento total no SFCR	R\$ 27.718,39

⁶ Taxa válida para investimentos com aniversário em 15/05/2015, utilizando as regras válidas para aplicações realizadas a partir de 04/05/2012. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br/pec/poupanca/poupanca.asp>>. Acesso em: 15 mai. 2015.

Troca do inversor + mão de obra	R\$ 7.071,81
Vida útil do sistema (meses)	300
Vida útil do inversor (meses)	180
VP Investimento	-R\$ 29.998,95
VP economia na conta	R\$ 21.162,75
VPL	-R\$ 8.836,21
TIR	0,2750 %

*os valores do PIS/COFINS utilizados no cálculo são a média dos valores utilizados pela CELPA nas contas de luz entre os meses de agosto de 2014 e julho de 2015.

Para o pior caso, em que o consumidor utilize o SFCR apenas para posterior compensação na conta de energia, o *payback* simples é superior à vida útil estimada para o sistema proposto, com VPL = R\$ -15.511,69, a TIR reduziria para - 0,0675 %, o que deixaria o investimento ainda menos atrativo.

6.2.3 COMPARAÇÃO COM UM FINANCIAMENTO

Entre as várias modalidades de empréstimo se encontra o financiamento em que a parte financiadora fornece recursos para outra parte para a aquisição de bens, de modo que esta possa executar algum investimento específico, como a aquisição de veículo ou de bem imóvel. Geralmente o financiamento possui algum tipo de garantia, por exemplo, alienação fiduciária ou hipoteca (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2015a).

No Brasil existem muitos bancos e financeiras que oferecem linhas de crédito para pessoa física que podem financiar o SFCR pelas linhas de aquisição de bens duráveis. Nessa modalidade financeira foram consultados os bancos com agência presente em Santarém e considerados os dados do melhor financiamento encontrado de acordo com o perfil das autoras deste trabalho, com maior crédito e prazo de pagamento e menor taxa de juros. Optou-se pelo financiamento do valor total do investimento com parcelamento em 48 vezes para que a parcela a ser paga fosse a menor possível, facilitando a aquisição do sistema a famílias de classe média. A troca do inversor também foi financiada da mesma forma, visto que é um equipamento caro que representa cerca de 25% do total do investimento.

Na Tabela 4 encontram-se os dados utilizados para o cálculo da viabilidade do financiamento. Para o fluxo de caixa foram utilizados os mesmos cálculos de crédito de geração usados na comparação com a poupança.

Tabela 4 - Cálculos do financiamento.

Financiamento	
Preço energia sem impostos	R\$ 0,525390
ICMS	25,00000%
COFINS	5,37618%
PIS	1,16740%
Preço da energia com impostos	R\$ 0,76748
Geração mensal (kWh)	205
Economia mensal	R\$ 157,33
TMA (poupança)	0,63070%
Investimento	R\$ 27.718,39
Troca do inversor + mão de obra	R\$ 7.071,81
Vida útil do sistema (meses)	300
Vida útil do inversor (meses)	180
Juro do financiamento	3,31000%
Prazo financiamento	48
PMT do sistema	-R\$ 1.160,62
PMT troca do inversor	- R\$ 296,11
VP Investimento (PMT descontado pela TMA)	-R\$ 51.882,13
VP economia na conta	R\$ 21.162,75
VPL	-R\$ 30.719,39

O investimento inicial de R\$ 27.718,39, juntamente com a taxa de juro e prazo, resulta no parcelamento mensal de R\$ 1.160,62 utilizado no fluxo de caixa como saída. A troca do inversor é realizada após o fim de sua vida útil, financiada à mesma taxa de juros ao longo do mesmo prazo de 48 meses, resultando no parcelamento mensal de R\$ 296,11.

O valor presente líquido desta opção é negativo, demonstrando a inviabilidade do projeto. O *payback* simples é superior a 300 meses, prazo considerado neste estudo como a vida útil dos equipamentos. Dessa forma, o sistema financiado a esta taxa de juro, mesmo sem uma TMA, não se paga no prazo de 25 anos.

7 CONCLUSÃO

7.1 ANÁLISE DO PROJETO

Apesar de viável tecnicamente e legalmente permitido no Brasil, o sistema residencial de 1,75 kW proposto não se mostrou viável financeiramente no município de Santarém. Dentre os principais fatores causadores desta situação, pode-se destacar o momento econômico em que o projeto foi analisado, de elevada Taxa SELIC e fraca posição do Real frente ao Dólar Americano. A alta da Taxa SELIC eleva os juros cobrados sobre financiamentos e torna a poupança mais atrativa ao investidor. Apesar de esta alta contribuir para a desvalorização do Dólar no país, a moeda americana ainda se encontra forte, elevando o custo dos equipamentos utilizados, visto que estes são equipamentos predominantemente importados.

Além dos fatores econômicos citados, Santarém até o momento não possui mão de obra especializada para a instalação de um SFCR. Mesmo com a existência de empresas que instalam sistemas fotovoltaicos isolados, não há no município empresas que realizam o serviço *Turn Key* para sistemas conectados à rede. O uso de mão de obra de outra região encarece o projeto por demandar o acréscimo dos custos de passagens, hospedagens e diárias de deslocamento pagas aos técnicos de instalação ao custo total do projeto.

O mercado local para SFCR ainda está em estágio emergente. A energia fotovoltaica na área urbana é ainda considerada algo recente na região, com poucos investimentos realizados e custos ainda elevados. A própria concessionária CELPA afirma serem poucos os SFCR no estado, e no município de Santarém não há dados de sistemas já instalados⁷.

Outro ponto a ser destacado é o aumento não linear do preço do sistema pela potência nominal do mesmo⁸. Deste modo, quanto maior o sistema menor será a relação custo/potência (R\$/Wp). Ao dobrar os valores de produção energética, e estimar o custo deste novo SFCR com base nos preços obtidos no site do fornecedor dos orçamentos utilizados neste trabalho (Apêndice IV), pôde-se notar que o SFCR seria viável apenas para sistemas de

⁷ Conversa informal em março de 2015 com a responsável pelo Setor Cooperativo da CELPA, unidade Santarém.

⁸ Consulta feita ao site da NeoSolar no 11 de junho de 2015.

maiores potências. Casas de alto padrão e estabelecimentos comerciais com elevado consumo de energia⁹ são lugares onde a instalação de SFCRs seria viável, especialmente no caso deste último. Estima-se que os estabelecimentos comerciais consumiriam toda a energia gerada pelo sistema fotovoltaico, visto que a maior parte de seu consumo energético se dá durante o dia, período em que os módulos estão em pleno funcionamento. O autoconsumo, conforme exposto anteriormente, é o melhor caso para viabilidade financeira do sistema dentro do contexto vigente no Estado do Pará.

Para a verificação da viabilidade técnica de implantação de um SFCR em Santarém, foram analisadas a legislação e as normas técnicas da concessionária local referentes a este tipo de instalação, e elaborado um projeto elétrico que foi enviado à CELPA junto com os documentos exigidos na Solicitação de Acesso. No entanto, até o término deste trabalho o Parecer de Acesso não foi enviado como resposta, apesar de já o prazo para resposta indicado na Figura 25 já ter expirado.

Mesmo sem o retorno da concessionária, é possível afirmar que o SFCR proposto é viável tecnicamente na região, posto que o mesmo atende à legislação e às normas técnicas pertinentes. Além disso, a região possui bons níveis de irradiação e Santarém é uma cidade com baixo índice de verticalização, o que diminui o risco de sombreamentos durante a maior parte do dia e aumenta a área de telhado/residência, possibilitando a instalação de sistemas com a potência necessária para obter o máximo desconto nas faturas de energia. A região também costuma consumir mais energia fora do período de chuvas por conta das altas temperaturas, que é também a melhor época para a geração solar pela diminuição da nebulosidade.

Apesar dos pontos favoráveis citados acima, as autoras enfrentaram dificuldades para encontrar um engenheiro eletricitista local capacitado para projetar um SFCR (posto que o envio do projeto à CELPA exige uma Anotação de Responsabilidade Técnica junto ao CREA-PA), percebendo que a aplicação é desconhecida por alguns profissionais da área, principalmente fora da área acadêmica. Destaca-se também que a concessionária local ainda precisará adequar seus procedimentos de operação, controle e proteção da rede de distribuição, visto que não há SFCRs instalados na cidade, o que é a possível causa da demora na resposta à Solicitação de Acesso enviada.

⁹ A tarifa de energia cobrada pela CELPA na mobilidade tarifária convencional para estabelecimentos comerciais é a mesma incidente sobre residências (Apêndice III).

É importante comentar que foi publicada pelo governo federal a Lei nº 13.169, de 06 de outubro de 2015, que em seu art. 8º reduz a zero a cobrança das alíquotas do PIS/COFINS incidentes sobre a energia elétrica ativa fornecida pela distribuidora à unidade consumidora, na quantidade correspondente à injetada pela consumidora na rede (BRASIL, 2015). Esta isenção, que ainda não estava em vigor durante a elaboração dos orçamentos e avaliações deste trabalho, é um importante agente de incentivo para tornar viável e mais atrativo os SFCRs no Brasil, e juntamente com a iniciativa de alguns estados de isentar a energia injetada também do ICMS, tornam a injeção de energia na rede tão atrativa quanto o autoconsumo, descrito neste trabalho como o melhor caso para a viabilidade do sistema e avaliado em detalhe nos cálculos de viabilidade financeira aqui apresentados.

7.2 PRINCIPAIS BARREIRAS PARA INSTALAÇÃO DE SFCR NO BRASIL

A implementação da Resolução Nº 482 teve como objetivo a regulamentação e o incentivo a inserção do consumidor na oferta de energia elétrica. Entretanto, segundo a ANEEL, até agosto de 2015, 918 SFCRs entraram em funcionamento (MING, 2015), indicando um crescimento acentuado, mas muito abaixo do potencial de expansão no país. Mesmo com as vantagens técnicas encontradas no Brasil para a instalação de sistemas fotovoltaicos, como o alto índice de irradiação, o seu uso e instalação encontram diversas barreiras. Inicialmente, o modelo de compensação brasileiro não considerou o principal incentivo para produção em um mundo capitalista, o retorno financeiro. O tamanho da escala do mercado interno de energia solar, o alto valor do investimento, o retorno de longo prazo, a ausência de crédito atrativo, a política tributária, e a impossibilidade de vender a geração excedente (que poderia justificar a instalação de sistemas maiores mesmo em residências de consumo modesto) são algumas das dificuldades encontradas para a adoção de um SFCR (MARTINS; OLIVEIRA, 2015).

A EPE (2012) afirma que a demanda brasileira por sistemas fotovoltaicos é ainda incipiente, e que devido, dentre outros fatores, a esta baixa demanda, o custo de um SFCR no país é 25% maior que o custo médio final *Turn Key* de sistemas residenciais nos Estados Unidos, por exemplo. Desta forma, o crescimento do mercado nacional levaria a ganhos de escala que tenderiam a reduzir o investimento necessário. Além disso, não existem linhas de crédito para pessoas físicas específicas para o financiamento deste tipo de equipamento.

Alguns bancos oferecem financiamento para a aquisição de componentes na modalidade de bens duráveis, entretanto as altas taxas de juros não tornam o investimento atrativo ao consumidor residencial.

Dentre as demais barreiras destaca-se o número escasso de políticas públicas eficazes que estimulem a aquisição de um SFCR. A isenção do ICMS sobre a energia inserida na rede, já garantida em alguns estados brasileiros, estimularia o aumento de SFCR instalados, visto que o tempo de retorno do investimento reduziria para aqueles que utilizam a energia gerada para compensação. Neste cenário estima-se que 700 mil consumidores residenciais e comerciais instalariam sistemas de microgeração solar fotovoltaica até o ano de 2024, 200 mil a mais do que o previsto sem a isenção do imposto (MARTINS; OLIVEIRA, 2015).

As esferas municipais poderiam contribuir para o aumento do uso de SFCR oferecendo ao consumidor que adotar o sistema descontos em impostos, como o IPTU, para casas sustentáveis. A produção de energia nas residências diminuiria o consumo de energia proveniente da rede elétrica, liberando maior quantidade de energia para ser consumida em atividades comerciais, industriais e de serviço o que poderia favorecer a economia do município, a geração de empregos e a arrecadação de tributos sobre a atividade econômica.

Outra possibilidade seria permitir ao trabalhador o uso dos recursos de sua conta do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS) para a aquisição dos sistemas, de forma análoga ao que hoje já se faz para a aquisição da casa própria, tendo em vista que mesmo aqueles que já possuem casa própria e não pagam aluguel ainda têm que pagar pela energia elétrica de forma perene. Neste caso o sistema seria economicamente viável, pois há casos onde o FGTS rende atualmente menos do que a poupança, a uma taxa de apenas 3% a.a., ou 0,25% a.m., mais atualização monetária pela Taxa Referencial (TR)¹⁰.

Dentre as barreiras técnicas, pode-se citar: escassez de profissionais especializados, principalmente fora do meio acadêmico; pouca estrutura fornecida pelas concessionárias para conexão de um SFCR; e o risco de injeção de distorções harmônicas na rede elétrica, elevação da tensão em dias de produção elevada e baixo consumo e demais distúrbios à rede que possam vir a ocorrer com a adoção de SFCRs em ampla escala para os quais as concessionárias devem se preparar.

¹⁰ Dados retirados de FGTS - O patrimônio do trabalhador melhora a vida de todos. Disponível em: <<http://www.fgts.gov.br/trabalhador/index.asp>>; e Rendimento do FGTS. Disponível em: <http://www.fgtsfacil.org.br/oquee/texto_oquee8.asp>.

Em suma, poderá levar tempo para que o Brasil adote a energia solar como uma das principais fontes de energia. Qualquer nova fonte de energia opera inicialmente em grande desvantagem, sem cadeias de produção, transformação e distribuição suficientemente desenvolvidas, e com pouco apoio financeiro se comparada às fontes estabelecidas. A transição para ou a adição significativa desta fonte de energia na matriz energética nacional não deve ocorrer de maneira instantânea. Ressalta-se, entretanto, que a energia solar, juntamente com outras fontes de energia renovável, é a grande aposta para a diminuição da dependência dos combustíveis fósseis (KLARE, 2015).

7.3 FUTURO DA ENERGIA SOLAR NO BRASIL E NO MUNDO

Mesmo com os obstáculos apresentados anteriormente, a perspectiva de expansão da energia solar futuramente no Brasil é positiva. Estima-se que a energia solar poderá receber investimentos de até R\$ 7 bilhões nos próximos 20 anos e que cada MW instalado por ano gerará em torno de 30 empregos ao longo da cadeia produtiva onde o sistema for implantado, dos quais 20% serão na fabricação de equipamentos (CORREIO BRASILIENSE, 2015).

No primeiro semestre de 2015 a empresa chinesa BYD anunciou que investirá R\$ 150 milhões, para montar uma unidade no país. Com apoio do governo brasileiro, o presidente da Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos (Apex-Brasil), David Barioni Neto, e a vice-presidente do Grupo BYD, Stella Li, assinaram um memorando de entendimento para oficializar o investimento. A empresa articula estudos com o governo desde 2011 e em 2014 o grupo chinês aportou R\$ 100 milhões na instalação de uma fábrica de ônibus elétricos em Campinas. O ministro do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, Armando Monteiro, acredita que a chegada de uma nova planta para fabricação de painéis fotovoltaicos no Brasil deve ser celebrada pela geração de empregos e por ser um estímulo para o desenvolvimento da indústria nacional (PORTAL BRASIL, 2015).

Em Valinhos (São Paulo), a Globo Brasil Indústria de Painéis Solares iniciou atividades com apoio do governo local em 2015, sendo considerada a primeira grande fábrica do setor no Brasil e da América Latina. Com capacidade de produção de 580 mil painéis por ano, a empresa passou por três anos de pesquisas para a realização do projeto. A expectativa é

implantar linha de produção em 2016 para fabricar até 1 milhão de painéis por ano (PREFEITURA DE VALINHOS, 2015).

Além da iniciativa privada com apoio do governo, universidades também investem em pesquisas na área, como a tentativa de produzir de forma viável placas fotovoltaicas em uma minifábrica dentro da PUC Rio Grande do Sul. A concepção dos pesquisadores que trabalham há 10 anos no projeto é desenvolver um meio de gerar este tipo de energia e comercializá-lo no país, utilizando materiais encontrados no mercado nacional para diminuir o custo de produção dos equipamentos. Os pesquisadores da PUC do Rio Grande do Sul desenvolveram placas de captação de energia solar mais eficientes que a média mundial, a custos menores, mas ainda não conseguiram ganhar escala no mercado brasileiro (COLLETTA, 2015).

Atualmente a fábrica da Tesla Motors com sede em Fremont, Califórnia (EUA), está produzindo uma bateria de consumo pensada para uso em residências ou empresas onde seria combinada a painéis solares. Trata-se de grandes baterias de lítio e eficientes com capacidade de armazenar grande quantidade de energia para consumo durante a noite por exemplo, quando os painéis deixam de produzir ou em estação com poucas horas de radiação nas placas. Tal tecnologia permitiria a existência economicamente viável de usuários de energia isolados da rede em área urbana. Anunciada como *Powerwall* por Elon Musk, presidente da empresa apresenta-se como uma grande promessa no futuro da energia solar (BBC, 2015).

7.4 RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Considerando o cenário atual de inserção da energia fotovoltaica na matriz energética brasileira, adicionado as previsões de aumento do consumo de energia elétrica do povo brasileiro (EPE, 2014a) e as novas metas do governo de redução na emissão de gases de efeito estufa e de aumento no uso de fontes de energia renováveis na geração de energia elétrica até 2030¹¹, seria importante o desenvolvimento de estudos em busca de mecanismos de mercado que incentivem, em ampla escala, os SFCRs no país. Além disso, a realização de estudos de viabilidade técnica e financeira para o uso de SFCR por usuários com diferentes perfis de

¹¹ Dados sobre as novas metas no Blog do Planalto – Presidência da República. 27 set. 2015. Disponível em: <<http://blog.planalto.gov.br/index.php?s=redu%C3%A7%C3%A3o+emiss%C3%A3o>>.

consumo, tais como estabelecimentos comerciais e casas de alto padrão, exemplificados anteriormente como possíveis sistemas viáveis; estudos em busca de mecanismos para que as próprias concessionárias incentivem seus clientes a aderirem um SFCR; e sua posterior divulgação contribuiriam para o desenvolvimento deste setor na região. Pode-se também sugerir, a elaboração de um projeto para instalação de SFCR em pelo menos um dos campus da UFOPA, servindo futuramente, caso instalado, para o desenvolvimento acadêmico dos alunos de diversos cursos da universidade, principalmente os do curso de Engenharia Física com ênfase em Energia.

REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410 – Instalações Elétricas em baixa tensão**. 2004.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica**. Cadernos temáticos da ANEEL. Brasília, 2014. 28 p.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Por Dentro da Conta de Luz - Informação de Utilidade Pública**. 4. Ed. Brasília, 2008. 32 p.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. Acesso em: fev. 2015.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 482**. Brasília. Abril, 2012. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 04 de mar. 2015.

APOLÔNIO, Daniel Moussalem. **Energia Solar Fotovoltaica Conectada à Rede de Energia Elétrica em Cuiabá: Estudo de Caso**. 149 p. Dissertação. Universidade Federal de Mato Grosso - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental – PPGEEA. Cuiabá. 2014.

BALARINE, Oscar Fernando Osório. **Tópicos de Matemática Financeira e Engenharia Econômica**. 2ª ed. Porto Alegre: Edipucrs. 2002.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Empréstimo e Financiamento**. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/?EMPRESTIMOEFINANCIAMENTOFQAQ>> Acesso em: 24 mai. 2015a.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Remuneração dos Depósitos de Poupança**. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br/pec/poupanca/poupanca.asp>> Acesso em: 28 mai. 2015b.

BARBOSA, Wilson Pereira; AZEVEDO, Abílio César de Soares. **Geração Distribuída: Vantagens e Desvantagens**. II Simpósio de Estudos e Pesquisa em Ciências Ambientais na Amazônia. UEPA, Belém. 2013.

BASTOS, Adriano Silva. **Evolução dos Marcos Regulatórios do Mercado de Energia Elétrica no Brasil, uma Análise Crítica**. 66 p. Monografia. Instituto de Recursos naturais, Universidade Federal de Itajubá. Itajubá. 2007.

BBC. **Empresa Promete 'Revolução' com Baterias para Residências**. 01 mai. 2015. Disponível em: <www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/05/150501_bateria_casas_ru> Acesso em: 07 ago. 2015.

BENEDITO, Ricardo da Silva. **Caracterização de Geração Distribuída de Eletricidade por meio de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede, no Brasil, sob os Aspectos Técnico, Econômico e Regulatório**. 110 p. Dissertação (Mestrado em Ciências). São Paulo. 2009.

BORBA, Julia. Aneel aprova reajuste de 7 distribuidoras; alta média é de 45,7%. **A Folha de S. Paulo**, Brasília, 03 de fev. 2015. Disponível em <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2015/02/1584514aneelaprovareajustedesetedistribuidorasumentocheгаа457.shtml>>. Acesso em: 05 de fev. 2015.

BRASIL. Lei nº 13.169, de 06 de outubro de 2015. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13169.htm#anexoi>. Acesso em: 11 out. 2015.

CABRAL, Isabelle Souza; TORRES, Adriana Cazelgrandi; SENNA, Pedro Rocha. **Energia Solar – Análise Comparativa entre Brasil e Alemanha**. IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2013, Salvador. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2013/X-009.pdf>>. Acesso em: 24 de fev. 2015.

CARNEIRO, Joaquim. **Eletromagnetismo B – Módulos Fotovoltaicos**. Departamento de Física, Universidade do Minho. 2010. 18 p.

CARVALHO, Paulo C. M. Carvalho; JUCÁ, Sandro C. S.; FREIRE, Cristiano A. S. **Programa Didático de Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos Autônomos**. Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Ceará. COBENGE, 2003, Rio de Janeiro.

CELPA. Comprovante de quitação de débito – Dê uma olhada na sua conta de energia. **Para Transformar – Blog da CELPA**, Belém, 07 mai. 2015. Disponível em: <<http://blogdacelpe.com.br/comprovante-de-quitacao-de-debito-de-uma-olhada-na-sua-conta-de-energia/>>. Acesso em: 03 ago. 2015.

CELPA. **NT.31.001.04 - Fornecimento de Energia Elétrica em Baixa Tensão**. 2014.

CELPA. **NT.31.020.01 - Conexão de Microgeração Distribuída ao Sistema de Baixa Tensão**. 2014. Disponível em: <<http://www.cemar116.com.br/conheca-a-cemar/informacoes/normas-tecnicas>>. Acesso em: 05 mar. 2015.

CELPA. **NT.31.021.02 - Conexão de Minigeração Distribuída ao Sistema de Média Tensão**. 2014. Disponível em: <<http://www.cemar116.com.br/conheca-a-cemar/informacoes/normas-tecnicas>> Acesso em: 05 mar. 2015.

COLLETTA, Denise Dalla. Brasil faz placa solar mais eficiente a custos menores. **Revista Galileu**. Editora Globo, 2015.

CORREIO BRASILIENSE. **Energia Solar Fotovoltaica terá investimentos de R\$ 7 bilhões em 20 anos**. Brasília, 28 mai. 2015. <http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/economia/2015/05/28/internas_economia,484854/energia-solar-fotovoltaica-tera-investimentos-de-r-7-bilhoes-em-20-anos.shtml>. Acesso em: 19 ago. 2015.

COSTA, Tatiane Silva; RAMOS FILHO, José Roberto Branco. **Normativas do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede no Estado do Pará**. 2014. Disponível em: <<http://www.cetufg.com/site/images/15.pdf>> Acesso em: 28 de fev. 2015.

CRESESB. **Energia Solar – Princípios e Aplicações**. 2006.

EL-KHATTAM, W.; SALAMA, M.M.A. 2004. *Distributed generation technologies, definitions and benefits*. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378779604000240>>. Acesso em: 9 fev. 2015.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Nota técnica DEA 13/14. Demanda de Energia 2050**. Ministério de Minas e Energia. Rio de Janeiro, ago. 2014a.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Nota Técnica DEA 19/14 Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos**. Ministério de Minas e Energia. Rio de Janeiro, out. 2014b.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Nota Técnica - Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira**. Ministério de Minas e Energia. Rio de Janeiro, 2012.

EPELBAUM, Vanessa Janni. **Análise de Viabilidade de Projetos. Pós Graduação em Gerenciamento de Projetos - FGV**. 2014.

EPIA, *European Photovoltaic Industry Association*. **Global Market Outlook for Photovoltaics 2014-2018**. 2014. Disponível em: <<http://www.epia.org/news/publications/>> Acesso em: 26 fev. 2015.

FALCÃO, Djalma Mosqueira. **Smart Grids e Microredes: o Futuro já é Presente**. VIII Simpósio de Automação de Sistemas Elétricos, 2009, Rio de Janeiro.

FILHO, Altino Ventura. **O Brasil no Contexto Energético Mundial. Núcleo de Análise Interdisciplinar de Políticas e Estratégias da Universidade de São Paulo (NAIPPE USP)**. Vol.6, 2009. 29 p.

FLORES, Edson marques. **Modelo Probabilístico de Viabilidade de Geração Distribuída em Ambiente Competitivo**. 155 p. Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade de São Paulo. São Paulo. 2003.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2007.

INEE, Instituto Nacional de Eficiência Energética. **Notas sobre geração Distribuída**. 2001. Disponível em: <<http://www.inee.org.br/downloads/forum/Notas%20sobre%20GD.pdf>> Acesso em: 10 fev. 2015.

JANNUZZI, Gilberto de Martino (coord.). **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica no Brasil: Panorama da Atual Legislação**. *International Energy Initiative* para a América Latina. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2009.

KLARE, Michael T. **The Age of Wind and Solar Is Closer Than You Think**. Scientific American. 22 abr. 2015. Disponível em: <<http://www.scientificamerican.com/article/the-age-of-wind-and-solar-is-closer-than-you-think/>>. Acesso em: 19 ago. 2015.

LAMARÃO, Sérgio Tadeu de Niemeyer. **A Energia Elétrica e o Parque Industrial Carioca (1880-1920)**. **Fundação Getúlio Vargas – CPDOC/FGV**, Rio de Janeiro. Simpósio Internacional *Globalización, innovación y construcción* de redes técnicas urbanas em América y Europa, 1890-1930. 2012, Barcelona.

LISITA JÚNIOR, Orlando. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede**: Estudo de caso-3KWp instalados no estacionamento do IEE-USP. 81 p. Dissertação (Mestrado – Programa Interunidades de Pós-graduação em Energia). Instituto de Eletrotécnica e Energia / Escola Politécnica / Faculdade de Economia e administração / Instituto de Física da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2005. Disponível em: <http://lsf.iee.usp.br/lsf/pdf/mestrado/Mestrado_Orlando_Lisita.pdf> Acesso em: 29 abr. 2014.

MACÊDO, Wilson Negrão. **Estudo de Sistemas de Geração de Eletricidade Utilizando as Energias Solar Fotovoltaica e Eólica**. 170 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pará. Belém. 2002.

MACÊDO, Marcelo Álvaro Da Silva; LUNGA, Aloizio; ALMEIDA, Kátia. **Análise de Viabilidade Econômico-Financeira de Projetos Agropecuários: O Caso da Implantação de um Projeto de Produção de Produtos Apícolas**. XLV CONGRESSO DA SOBER "Conhecimentos para Agricultura do Futuro". Londrina, 2007.

MARQUES, F.R. **Perspectivas para a energia solar no Brasil**. 2014. Disponível em: <<http://www.revistabsp.com.br/edicao-julho-2014/2014/07/25/perspectivas-para-a-energia-solar-no-brasil/>> Acesso em: 22 fev. 2015.

MARTINS, Juliany; OLIVEIRA, Michele. **Audiências Públicas Discutem Resolução Nº 482/2012**. CERPCH. 24 jun. 2015. Disponível em: <<http://cerpch.unifei.edu.br/noticias/audiencias-publicas-discutem-resolucao-no-4822012/>>. Acesso em: 15 ago. 2015.

MENEZES JUNIOR, Nirio Lyra de. **Do cálculo ilegal das contribuições pis/cofins na energia e telefonia**. Jus Navigandi. Jul. 2009. Disponível em: <<http://jus.com.br/artigos/13446/do-calculo-ilegal-das-contribuicoes-pis-cofins-na-energia-e-telefonia>>. Acesso em: 19 ago. 2015.

MING, Celson. Hora e vez da Energia Solar. **Estadão**, 04 out. 2015. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,hora-e-vez-da-energia-solar,1773959>>. Acesso em: 26 out. 2015.

NAKAGUISHI, Marcos Issao; HERMES, Paulo Diego. **Estudo Comparativo Técnico/Financeiro para Implantação de Redes de Distribuição Subterrâneas**. 100 p. Monografia. Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2011.

NEW MEXICO STATE UNIVERSITY. **Energia Fotovoltaica**. *Institute for Energy and Environment*. Disponível em: <http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html>. Acesso em: abr. 2015.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio (coord.). **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Grupo de Trabalho de Energia Solar - GTES. CEPTEL – CRESESB. Rio de Janeiro – RJ, 2014.

PINHO, João Tavares *et al.* **Sistemas Híbridos – Soluções Energéticas para a Amazônia**. Ministério de Minas e Energia. 1ª Edição. Brasília, 2008.

PORTAL BRASIL. **Brasil Instala Primeira Fábrica de Painéis Solares**. 21 mai. 2015. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2015/05/brasil-instala-primeira-fabrica-de-paineis-solares>>. Acesso em: 09 jul. 2015.

PREFEITURA DE VALINHOS. **Primeira Fábrica de Painéis Solares do Brasil Inicia Atividades em Valinhos com Apoio da Prefeitura**. Disponível em: <http://www.valinhos.sp.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=5802:primeira-fabrica-de-paineis-solares-do-brasil-inicia-atividades-em-valinhos-com-apoio-da-prefeitura&catid=34:noticias&Itemid=93>. Acesso em: 09 jul. 2015.

PRODIST - **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional. Módulo 3** – Acesso ao Sistema de Distribuição. 2012.

PUCCINI, Ernesto Coutinho. **Matemática Financeira e Análise de Investimentos**. Florianópolis : Departamento de Ciências da Administração / UFSC; [Brasília] : CAPES : UAB, 2011. 204p.

RAMPINELLI, Giuliano Arns. **Análise da Distribuição de Tensões Elétricas em uma Associação de Módulos de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede**. 141 p. Dissertação (Mestre em Engenharia) Universidade Federal do Rio grande do Sul. Porto Alegre. 2007.

RIBEIRO, Uirê Guimarães Vieira. **Estudo de Viabilidade Econômica de Instalação de Fontes de Energia Renováveis Baseadas em Células Fotovoltaicas para o Uso Residencial**. 58 p. Monografia. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2012.

ROCHA, Bruno de Paula. **Estudos Elétricos para Avaliação do Impacto da Geração Distribuída na Rede de Distribuição e na Formação de Microredes**. 123 p. Monografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica. Rio de Janeiro. 2010.

RODRÍGUEZ, Carlos Roberto Cervantes. **Mecanismos Regulatórios, Tarifários e Econômicos na Geração Distribuída: O caso dos Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede**. 135 p. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos). Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2002.

ROMAGNOLI, Henrique Cesar. **Identificação de Barreiras à Geração Distribuída no Marco Regulatório atual do Setor Elétrico Brasileiro**. 127 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade de Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2005.

RÜTHER, Ricardo *et al.* **Programa de Telhados Solares Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica Pública no Brasil**. XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2008, Fortaleza. Disponível em: <<http://www.piniweb.com/datapini/bancomaterias/images/ENTAC4.pdf>> Acesso em 24 fev. 2015.

SANTANA, Felipe Souza. **PROJETO DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA PARA A UFRJ**. Monografia. 116 p. Universidade Federal do Rio de Janeiro – Escola Politécnica. Rio de Janeiro. 2014.

SANTOS, Fernando Antônio Castilho Mamede; SANTOS, Fernando Miguel Soares Mamede. **Células de Combustível**. 2004. Disponível em:

<<https://repositorio.ipv.pt/bitstream/10400.19/589/1/C%C3%A9lulas%20de%20combust%C3%ADvel.pdf>>. Acesso em: 11 de fev. 2015.

SHAYANI, Rafael Amaral. **Método para Determinação do Limite de Penetração da Geração Distribuída Fotovoltaica em Redes Radiais de Distribuição**. 186 p. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica). Universidade de Brasília. Brasília. 2010.

SILVA, Alessandro Juliano *et al.* **Análise e comparativo entre investimento na caderneta de poupança ou aquisição de caminhão**. UNILINS. 2013.

SILVA, Bruno Gonçalves. **Evolução do Setor Elétrico Brasileiro no Contexto Econômico Nacional: Uma Análise Histórica e Econométrica de Longo Prazo**. 162 p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Programa de Pós-graduação em Energia, Universidade São Paulo. São Paulo. 2011.

TIRAPELLE, Guilherme Alfredo; MURA, Laís Botassari; FRAZÃO, Lucas. **Análise da Viabilidade Técnica de Painéis Solares Fotovoltaicos Conectados à Rede, com Backup de Energia, Instalados em Postos de Combustíveis**. 146 p. Monografia. Departamento de Eletrotécnica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. 2003.

TOYAMA, Alain Heizo; JUNIOR, Natalino das Neves; ALMEIDA, Nelson Geraldo. **Estudo de Viabilidade Econômica da Implantação de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica de Energia para Diferentes Regiões no Estado do Paraná**. 113 p. Monografia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Departamento Acadêmico de Eletrotécnica – DAELT. Curitiba. 2014.

VASCONCELOS, Vinícius Belmuds. **Estudo de Implantação de um Sistema de Microgeração Distribuída Residencial. Engenharia de Controle e Automação**. 153 p. Monografia. Universidade Federal do Espírito Santo. Serra. 2013.

VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia Solar Fotovoltaica Conceitos e Aplicações – Sistemas Isolados e Conectados à Rede**. São Paulo: Érica, 2012. 224 p.

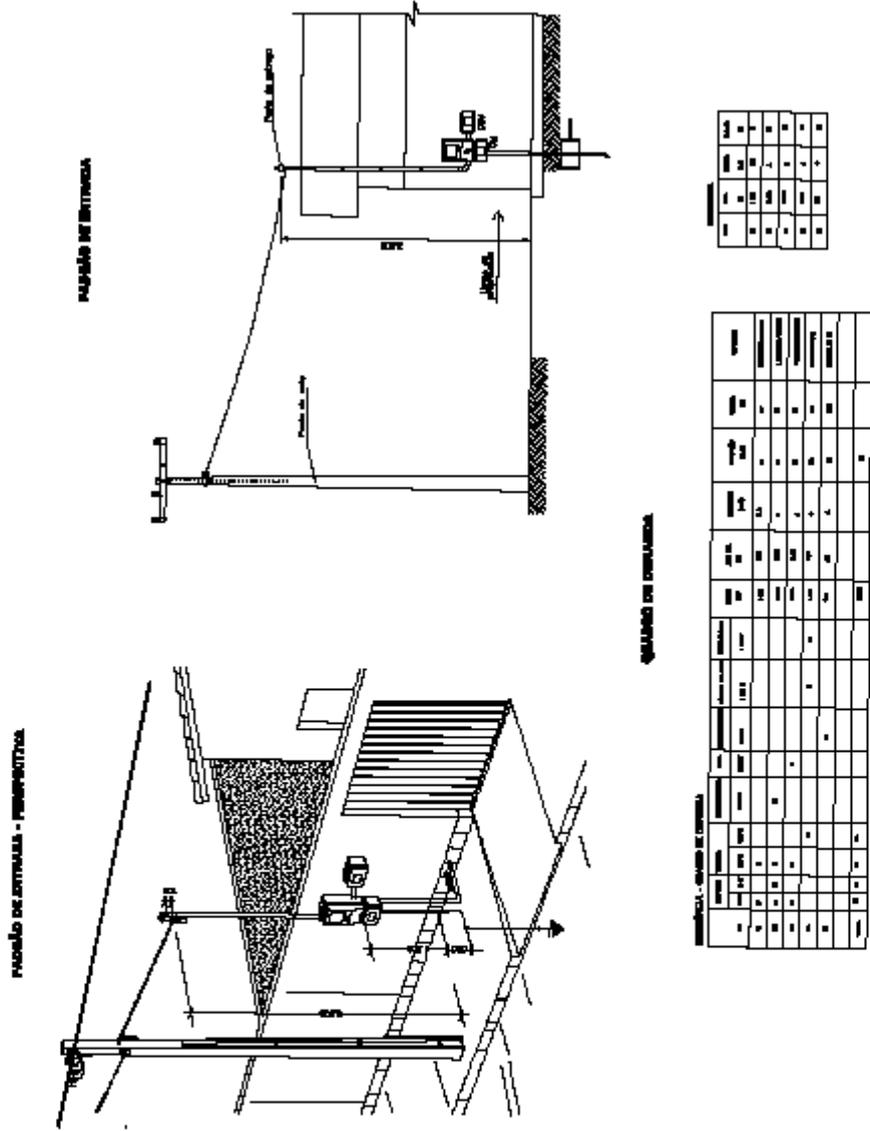
ZILLES, Roberto *et al.* **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica**. Editora Oficina de textos. 2012.

ANEXO I – PROJETO ELÉTRICO

CRIADO POR UM PRODUTO EDUCACIONAL DA AUTODESK

CRIADO POR UM PRODUTO EDUCACIONAL DA AUTODESK

CRIADO POR UM PRODUTO EDUCACIONAL DA AUTODESK



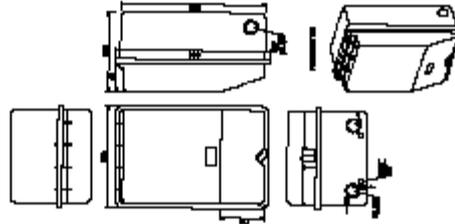
	CENTRAIS ELÉTRICAS DO PARÁ	
	SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE	
<small>CELPA: Implantação de sistema fotovoltaico conectado à rede em uma residência de baixa tensão</small>		
MUNICÍPIO: SANTARÉM	TIPO: SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A REDE	DATA: 02/06/2015 FRANQUIA: UNICA ESCALA: 1/1000 CAD: 2004
APROVAÇÃO: _____ _____		CRIADO POR UM PRODUTO EDUCACIONAL DA AUTODESK

CRIADO POR UM PRODUTO EDUCACIONAL DA AUTODESK

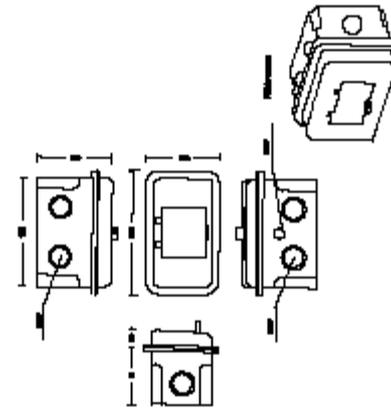
CRIADO POR UM PRODUTO EDUCACIONAL DA AUTODESK

CRIADO POR UM PRODUTO EDUCACIONAL DA AUTODESK

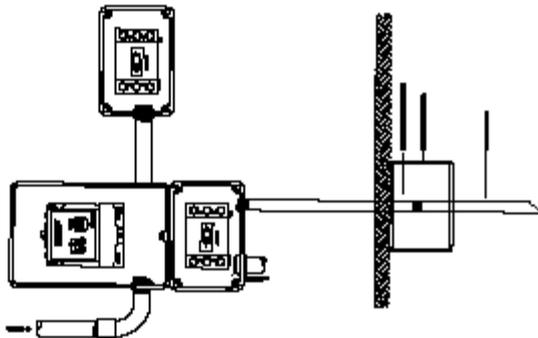
caixa de instalação - externa



caixa de instalação - interna



aplicação e instalação

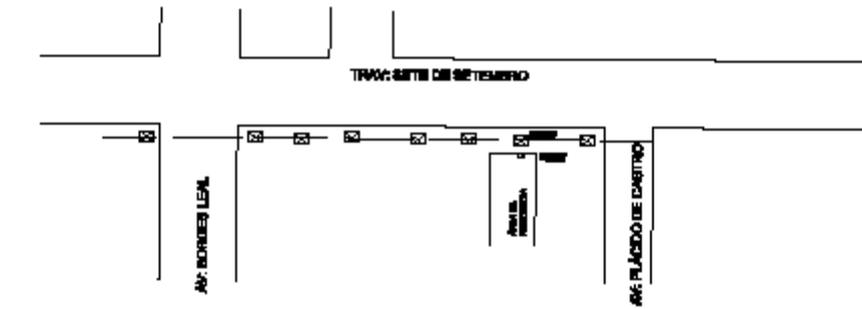


	CENTRAIS ELÉTRICAS DO PARÁ		DATA: 02/06/2015
	SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE		PRANCHAS: ÚNICA
OBRA: Implantação de sistema fotovoltaico conectado à rede em uma residência de baixa renda		MUNICÍPIO: SANTARÉM	ESCALA: 1/1000
PROJ: SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A REDE		APROVAÇÃO:	CAD: 2004

CRIADO POR UM PRODUTO EDUCACIONAL DA AUTODESK

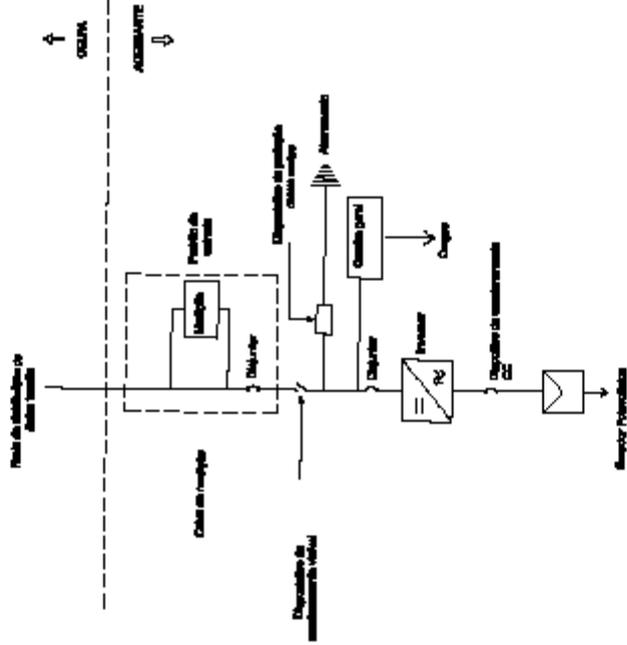
CRIADO POR UM PRODUTO EDUCACIONAL DA AUTODESK

CROQUI DE LOCALIZAÇÃO



CRIADO POR UM PRODUTO EDUCACIONAL DA AUTODESK

DIAGRAMA UNIFILAR



CRIADO POR UM PRODUTO EDUCACIONAL DA AUTODESK

CELEPA		CENTRAIS ELÉTRICAS DO PARÁ	
SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE			
OBRA: Implantação de sistema fotovoltaico conectado à rede em uma residência de baixa renda		DATA:	03/06/2015
MUNICÍPIO: SANTARÉM		PRANCHAS:	ÚNICA
TÍTULO: SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE		ESCALA:	1/1000
APROVAÇÃO:		CAD:	2004

CRIADO POR UM PRODUTO EDUCACIONAL DA AUTODESK

ANEXO II – FORMULÁRIO CELPA

INFORMAÇÕES BÁSICAS DE MINIGERAÇÃO COM USINA FOTOVOLTAICA						
N° CONTA CONTRATO: [REDACTED]			N° DA INSTALAÇÃO:			
Observação: O consumidor deve informar os dados acima que se localizam na parte superior direita da sua conta de energia.						
RESPONSÁVEL TÉCNICO:			N° CREA:		N° DA ART:	
PROPRIETÁRIO			USINA FOTOVOLTAICA			
Nome	[REDACTED]		Nome	[REDACTED]		
Endereço:	[REDACTED]		Endereço:	[REDACTED]		
Município:	Santarém		Município:	Santarém		
CEP:	[REDACTED]		CEP:	[REDACTED]		
RG:	[REDACTED]		Coordenadas Geográficas	Latitude:	Longitude:	
CPF/CNPJ:	[REDACTED]		CPF/CNPJ:	[REDACTED]		
Contato:	[REDACTED]		Contato:	[REDACTED]		
E-mail:	[REDACTED]		E-mail:	[REDACTED]		
Telefone:	[REDACTED]		Telefone:	[REDACTED]		
Fax:	[REDACTED]		Fax:	[REDACTED]		
Ramo de Atividade (descrição)			Residencial Convencional			
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO EMPREENDIMENTO						
Data de início do uso do sistema de distribuição da [REDACTED]			Especificar quais:			
Geração híbrida? <input checked="" type="checkbox"/> Não possui <input type="checkbox"/> Possui						
Potência total gerada (kW):	1.75 kW		Demanda Contratada (kW):	Grupo B		Potência total injetada (kW):
Tensão nominal (V):	127/220		Fator de potência:	0.92		
DADOS DOS TRANSFORMADORES						
Potência Total Instalada:	Não se aplica					
Quantidade de inversores	1	2	3	4	5	6
Potência nominal (kVA)						
Reatância do trafo (%)						
Tensão Primária (V)						
Tensão Secundária (V)						

Faixa de regulação (+ ou -x%) caso o transformador permita comunicação de tap							
DADOS DOS GERADORES							
Área Total da usina (m²): 11,3652		N° de arranjos: 1			Quant. de módulos: 7		
Arranjos	N° de placas por arranjo	Área do arranjo (m²)	Potência de Pico		Data de entrada em		
1	7	11,3652	2				
2							
3							
4							
5							
DADOS DOS INVERSORES							
Quantidade de inversores	1 x	2	3	4	5	6	
Potência nominal (kVA)	1500						
Faixa de tensão de operação (V)	120-335						
Corrente nominal (A)	7,2						
Fator de potência	0,92						
Rendimento (%)	95,9						
Fabricante	FRONIUS						
Modelo	Galvo 1.5-1						
DADOS COMPLEMENTARES							
É obrigatório o preenchimento integral deste formulário							
Anexar o projeto das instalações de conexão, incluindo memorial descritivo, localização, arranjo físico e diagramas							
O proprietário/representante legal é o responsável pelas informações anotadas							
Local e data:				Assinatura do cliente:			
N° do Protocolo:							

ANEXO III – ORÇAMENTO

Neosolar Energia Ltda ME

 +55 11 4328-5113
 Av Brigadeiro Luís Antônio, 3005, cs 4
 01401-000 - São Paulo/SP
 contato@neosolar.com.br

EST-M-9209-01

Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos Integrados à Rede Elétrica (Grid-Tie)

26/02/2013

DADOS DO CLIENTE:

 Nome: Gislane Santos de Oliveira
 Cidade: SANTAREM / PA
 E-mail: gislaneoliveira@hotmail.com
 Obs.:

 Empresa:
 Fone / Cel:
 Endereço:

DADOS DA INSTALAÇÃO

 CIDADE: SANTAREM / PA
 LOCALIZAÇÃO:
 CONSUMO MÉDIO: 250 Kwh/mês 3.000 Kwh/ano

 DISTRIBUIDORA: CELPA (Centrais Elétricas do Pará S/A. (Interli)
 TARIFA MÉDIA: R\$ 0,78 /Kwh
 TIPO LOCAL: Outros Tipos
 REDE: 110V / 220V

CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA

 POTÊNCIA INSTALADA: 1,75 Kwp
 PAINÉIS: 7x Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL250P 29b (250Wp)
 INVERSORES: 1x Inversor Fronius Galvo 1.5-1 (1.500W)
 PRODUÇÃO MÉDIA: 205 Kwh/mês 2.463 Kwh/ano
 INCLINAÇÃO: 10°
 AZIMUTE: 180° (N)
 EFICIÊNCIA ESTIMADA: 76,4%
 COBERTURA SOLAR: 82,1%

EQUIPAMENTOS

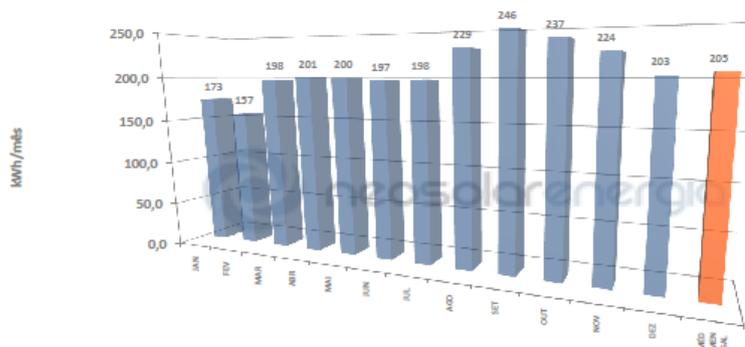
 PAINEL: Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL250P 29b (250Wp)
 POTÊNCIA: 250 Wp
 PESO: 19,1 Kg
 DIMENSÕES: 1.650x990x40mm
 TIPO: Policristalino
 GARANTIA: 10 anos contra defeito de fabricação e 25 anos contra perda de 20% da produção de energia
 TOLERANCIA: 0/+5W
 EFICIÊNCIA CÉLULA: -
 EFICIÊNCIA PAINEL: 15,3%
 Vm (V): 30,4 V
 Im (A): 8,24 A

 INVERSOR: Inversor Fronius Galvo 1.5-1 (1.500W)
 MAX POT CC: 1.600 W
 MAX POT CA: 1.500 VA
 PESO: 16 Kg
 DIMENSÕES: 645x431x204mm
 GARANTIA: 5 anos contra defeito de fabricação. Vida útil estimada de 10 a 15 anos
 EFC. MAX/EUR: 95,9%/94,5%
 V MAX/MIN/START: 420/120/140 Vcc
 V MAX/MIN MPPT: 120/335 Vcc
 V NOM CA: 180 - 270 V
 FREQUÊNCIA: 50/60

ANÁLISE DE PRODUÇÃO - ATENÇÃO, ESTE ESTUDO CONSIDERA CONDIÇÕES ÓTIMAS DE INSTALAÇÃO, LEIA ATENTAMENTE OBSERVAÇÕES NO FINAL DESTES ESTUDO

MÊS	Radiação Global	Rad. no pl ideal 2°	Rad. no pl do painel 10°	Produção Específica	Produção do sistema	Consumo Estimado	Cobertura Solar
	Horizontal Kwh/m²	180° (N) Kwh/m²	az. 180° (N) Kwh/m²	(kWh/kWp) Kwh	Kwh	Kwh	%
JAN	138,1	136,6	129,7	99,1	173,5	250 Kwh/mês	69,4%
FEV	122,0	121,2	117,3	89,6	156,9	250 Kwh/mês	62,7%
MAR	149,8	149,7	147,9	113,1	197,9	250 Kwh/mês	79,1%
ABR	146,9	147,8	149,9	114,6	200,5	250 Kwh/mês	80,2%
MAI	142,5	144,1	149,2	114,1	199,6	250 Kwh/mês	79,9%
JUN	138,5	140,5	147,4	112,7	197,2	250 Kwh/mês	78,9%
JUL	140,7	142,4	148,3	113,4	198,4	250 Kwh/mês	79,4%
AGO	165,7	167,2	171,4	131,0	229,2	250 Kwh/mês	91,7%
SET	184,1	184,4	184,2	140,8	246,4	250 Kwh/mês	98,6%
OUT	183,5	182,6	177,2	135,4	237,0	250 Kwh/mês	94,8%
NOV	178,5	176,6	167,3	127,9	223,7	250 Kwh/mês	89,5%
DEZ	163,7	161,4	151,4	115,8	202,6	250 Kwh/mês	81,0%
TOTAL	1.854,0	1.854,5	1.841,1	1.407,4	2.463,0	3.000 Kwh/mês	82,1%
MÉD MENSAL	154,5	154,5	153,4	117,3	205,2	250,0	82,1%

Estimativa de evolução do Sistema Fotovoltaico



Dados de Irradiação: INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial) e LABSOLAR (Laboratório de Energia Solar/UFSC) - Brasil

OBSERVAÇÕES

A Neosolar utiliza os dados de irradiação solar fornecidos pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial) e NREL (U.S. National Renewable Energy Laboratory). Usamos os dados mais próximos disponíveis para a localidade onde será feita a instalação do sistema de energia solar.

O dimensionamento do sistema é feito conforme o consumo de energia informado pelo solicitante. A conferência desses dados é de responsabilidade do cliente.

Este estudo é simplificado e aproximado. A produção real de energia depende de inúmeros fatores locais que não foram considerados no estudo.

A garantia dos equipamentos é fornecida pelos fabricantes. Sempre consulte os termos de garantia de cada equipamento.



Neosolar Energia Ltda ME
+55 11 4328-5113 / 5114
Av Brigadeiro Luís Antônio, 3005, cs 4
01401-000 - São Paulo/SP
contato@neosolar.com.br

ORCD-M-9209-01

ORÇAMENTO DE VENDA

São Paulo, 26/fev/2015

DADOS DO CLIENTE

Nome: Gisllane Santos de Oliveira Empresa:
Cidade: SANTAREM / PA Fone / Cel:
E-mail: gisllaneoliveira@hotmail.com Endereço:
Obs.:

ITEM	COD	DESCRIÇÃO	VALOR UNIT	QTDE	Total	R\$/kWp	
1	01.008.013	Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL250P 29b (250Wp)	R\$ 960,94	7	R\$ 6.726,55	R\$ 3.843,74 /kWp	
2	03.501.011	Inversor Fronius Galvo 1.5-1 (1.500W)	R\$ 6.771,81	1	R\$ 6.771,81	R\$ 3.869,61 /kWp	
3	SUP	Suporte para fixação dos painéis fotovoltaicos	R\$ 2.187,50	1	R\$ 2.187,50	R\$ 1.250,00 /kWp	
4	MAT	Material elétrico de instalação do sistema fotovoltaico	R\$ 1.225,00	1	R\$ 1.225,00	R\$ 700,00 /kWp	
5	INST	Serviço de instalação do sistema fotovoltaico	R\$ 2.537,50	1	R\$ 2.537,50	R\$ 1.450,00 /kWp	
6	PROJ	Projeto elétrico e regularização do sistema	R\$ 5.750,00	1	R\$ 5.750,00	R\$ 3.285,71 /kWp	
					SUBTOTAL:	R\$ 25.198,37	R\$ 14.399,07 /kWp
					FRETE:	Consultar	-
					TOTAL:	R\$ 25.198,37	R\$ 14.399,07 /kWp

ITENS INCLUSOS NESTA PROPOSTA:

- Painéis Fotovoltaicos conforme descrição acima
- Inversores conforme descrição acima
- Suporte para fixação dos painéis
- Material elétrico necessário para instalação do sistema
- Serviço de instalação do sistema
- Projeto elétrico e regularização do sistema junto a distribuidora de energia
- Sistema de monitoramento dos dados de produção de energia

ITENS NÃO INCLUSOS:

- Outros itens não especificados no orçamento

CONDIÇÕES DE PAGAMENTO

- 1/3 de sinal, 1/3 antes do envio dos equipamentos e 1/3 após a conclusão dos serviços
- Impostos inclusos (exceto ST). Valores em R\$, sujeitos a variações do Dólar (confirme os valores antes de fechar o pedido)

PRAZO DE ENTREGA

- A entrega dos equipamentos e cronograma de instalação será definida entre as partes

SUPORTE PARA FIXAÇÃO DOS PAINÉIS

Incluso nos valores dos suportes:

- Perfis em alumínio reforçado (estrutura sem inclinação, para utilização em telhado já inclinado) e grampos para fixação dos painéis

Não incluso:

- Estrutura para fixação no solo ou com inclinação para instalação em superfícies planas (lages ou telhado sem inclinação natural)

MATERIAL ELÉTRICO DE INSTALAÇÃO

Incluso nos valores de material elétrico de instalação:

- Cabos e eletrodutos CC até 20 metros. Cabos e eletrodutos CA até 20 metros
- DPS, Disjuntores CA e CC, Chave Seccionadora CC, conectores, parafusos e miscelâneas de instalação

Não está incluso:

- Material adicional, não previsto previamente nas normas da ANEEL e da distribuidora de energia (servindo como base a norma da Eletropaulo)

SERVIÇO DE INSTALAÇÃO

Cobrança de Deslocamentos e Estadia:

- Passando de 100km será cobrado R\$1,20/km rodado. Passando de 300km, o deslocamento será aéreo
- Será cobrado R\$120,00 por dia e por pessoa para cobrir as despesas de estadia da equipe de instalação

PROJETO E REGULARIZAÇÃO JUNTO A DISTRIBUIDORA

- Valores não incluem deslocamento e estadia, se necessários

GENERALIDADES

- Este orçamento tem validade de 10 dias

APÊNDICE I – DATASHEET DO MÓDULOS SOLAR

YGE 60 Cell 35mm SERIES

Powered by **YINGLI**

YL260P-29b
YL255P-29b
YL250P-29b
YL245P-29b
YL240P-29b



ABOUT YINGLI GREEN ENERGY

Yingli Green Energy Holding Company Limited (NYSE: YGE) is one of the world's largest fully vertically integrated PV manufacturers, which markets its products under the brand "Yingli Solar". With over 7.0GW of modules installed globally, we are a leading solar energy company built upon proven product reliability and sustainable performance. We are the first renewable energy company and the first Chinese company to sponsor the FIFA World Cup™.

PERFORMANCE

- High efficiency, multicrystalline silicon solar cells with high transmission and textured glass deliver a module efficiency of up to 16.0%, minimizing installation costs and maximizing the kWh output of your system per unit area.
- Tight positive power tolerance of 0W to +5W ensures you receive modules at or above nameplate power and contributes to minimizing module mismatch losses leading to improved system yield.
- Top ranking in the "TÜV Rheinland Energy Yield Test" and the "PHOTON Test" demonstrates high performance and annual energy production.

RELIABILITY

- Tests by independent laboratories prove that Yingli Solar modules:
 - ✓ Fully conform to certification and regulatory standards.
 - ✓ Withstand wind loads of up to 2.4kPa and snow loads of up to 5.4kPa, confirming mechanical stability.
 - ✓ Successfully endure ammonia and salt-mist exposure at the highest severity level, ensuring their performance in adverse conditions.
- Manufacturing facility certified by TÜV Rheinland to ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 and BS OHSAS 18001:2007.

WARRANTIES

- 10-year limited product warranty¹.
- Limited power warranty²: 10 years at 91.2% of the minimal rated power output, 25 years at 80.7% of the minimal rated power output.
¹In compliance with our Warranty Terms and Conditions.

QUALIFICATIONS & CERTIFICATES

IEC 61215, IEC 61730, MCS, CE, ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, BS OHSAS 18001:2007, PV Cycle, SA 8000



YINGLISOLAR.COM



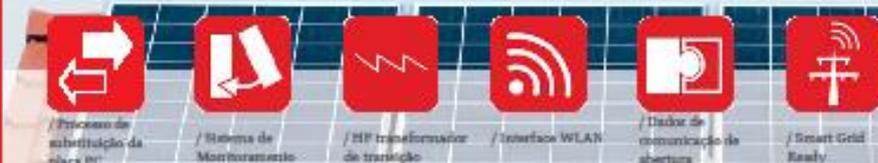
APÊNDICE II – DATASHEET DO INVERSOR

/ Carregadores de Bateria / Tecnologia de Soldagem / Energia Solar



FRONIUS GALVO

/ O inversor à prova do futuro para os sistemas de pequeno porte e de auto-consumo.



/ Com categorias que vão de energia 1,5-3,1 kW, o Fronius Galvo é otimizado para sistemas de auto-consumo. O relé integrado de gestão de energia permite uma maximização do auto-consumo. Uma série de outros recursos inteligentes tornam o Fronius Galvo um dos inversores mais à prova de futuro da sua classe: por exemplo, o registro de dados integrado, a simples conexão à internet por WLAN, ou a tecnologia plug-in card para adaptação funções adicionais.

DADOS TÉCNICOS FRONIUS GALVO

DADOS DE ENTRADA	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.0-1 ¹⁾	GALVO 3.1-1
Potência CC máxima para cos φ=1	1,600 W	2,140 W	2,650 W	3,160 W	3,310 W
Máx. corrente de entrada	13,3 A	17,8 A	16,4 A	19,8 A	20,7 A
Máx. tensão de entrada	20,0 A	26,8 A	24,8 A	29,6 A	31,0 A
Faixa de tensão MPP		120 V		165 V	
Mín. tensão de entrada		120 V		165 V	
Feed-in tensão inicial		280 V		330 V	
Tensão nominal de entrada		420 V		500 V	
Máx. tensão de entrada (HDC max)		120 - 335 V		165 - 440 V	
Número de ligações CC			3		
DADOS DE SAÍDA	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.0-1 ¹⁾	GALVO 3.1-1
Saída Nominal	1,500 W	2,000 W	2,500 W	3,000 W	3,100 W
Potência de saída máx	1,500 VA	2,000 VA	2,500 VA	3,000 VA	3,100 VA
Corrente de saída máx.	7,2 A	9,7 A	12,1 A	14,5 A	15,0 A
Grid de conexão			1-NPE 230 V		
Tensão de saída mín.			180 V		
Tensão de saída máx			270 V		
Frequência			50 Hz / 60 Hz		
Faixa de frequência			45 - 65 Hz		
Fator de distorção			< 4 %		
Fator de Potência			0,85 - 1 ind. / cap.		
DADOS GERAIS	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.0-1 ¹⁾	GALVO 3.1-1
Dimensões (altura x largura x profundidade)			645 x 431 x 204 mm		
Peso			16,8 kg		
Grau de Proteção			IP 55		
Classe de Proteção			1		
Categoria de sobretensão (DC / AC)			2 / 3		
Consumo Noturno			< 1 W		
Conceito retificador			Transformador HF		
Resfriamento			Refrigeração de ar controlado		
Instalação			Montagem interna e externa		
Faixa de temperatura ambiente			-25 - +50 °C		
Unidade relativa permissível			0 a 100 %		
Tecnologia de conexão de rede			Parafuso terminal de conexão 2,5 mm ² - 16 milímetros		
Principal tecnologia de conexão			Parafuso terminal de conexão 2,5 mm ² - 16 milímetros		
Certificates and compliance with standards			OVE / ÖNORM E 8001-4-712, AS 4777-2, AS 4777-3, ASS100, DEN V VDE 0126-1-1(AT), VDE AR N 4105, IEC 62109-1-2, IEC 62116, IEC 61727, CER 06-190, CEI 0-21, EN 50438, G63, G59, ABNT NBR 16149		

¹⁾ disponível para os países onde as restrições 3 kW aplicam. Mais informações sobre a disponibilidade dos inversores no seu país pode ser encontrada em www.fronius.com.br

APÊNDICE III – TARIFA DE ENERGIA CELPA

TARIFAS (em vigor a partir de 07/08/2015)				
MODALIDADE TARIFÁRIA CONVENCIONAL (GB)				
Resolução Homologatória 1930/2015		BANDEIRA VERDE	BANDEIRA AMARELA	BANDEIRA VERMELHA
B1 Residencial Baixa Renda				
Até 30 kWh (desconto de 65%)	C (kWh)	0,181871	0,190621	0,197621
De 31 a 100 kWh (desconto de 40%)	C (kWh)	0,311778	0,362778	0,338778
De 101 a 220 kWh (desconto de 10%)	C (kWh)	0,467667	0,490167	0,508167
Acima de 220 kWh	C (kWh)	0,51963	0,5446	0,564630
B1 Residencial	C (kWh)	0,525390	0,550390	0,570390
B2 Rural	C (kWh)	0,367770	0,392770	0,412770
B2 Coop. de Eletrificação Rural	C (kWh)	0,367770	0,392770	0,412770
B2 Serviço Público de Irrigação	C (kWh)	0,315240	0,340240	0,360240
B2 Rural, Irrigação e Aquicultura (desconto 67% TE - 21h30 às 06h)	C (kWh)	0,121364	0,146364	0,166364
B3 Demais Classes	C (kWh)	0,5254	0,5504	0,5704
B3 Água, Esgoto e Saneamento (já aplica do desconto de 15%)	C (kWh)	0,446582	0,471582	0,491582
B4a Iluminação Pública (rede de distribuição)	C (kWh)	0,2890	0,318960	0,333960
B4b Iluminação Pública (bulbo lâmpada)	C (kWh)	0,3152	0,340240	0,360240

APÊNDICE IV – PREÇO DE KIT SFCR NO SITE DO FORNECEDOR

11/05/2015

Kit Energia Solar conexão a rede (Grid Tie) 2,3kW

11 - 4328-5113 [ligar](#) [orçamento](#) [fale conosco](#)



[LOJA](#) [APRENDA](#) [PARTICIPE](#) [BLOG](#)

busca:

1 produto no carrinho

Início > Kit Grid Tie para conexão a rede 2,3kW - Sistema Completo

- HOME PAGE
- LOJA
- BLOG
- FÓRUM
- Promoção**
 - Painéis Fotovoltaicos**
 - Kit Energia Solar**
 - Sistemas Isolados - Off-grid
 - Conexão à Rede - Grid-tie
 - Bombamento de Água
 - Inversores**
 - Sistemas Isolados - Off-grid
 - Conexão à Rede - Grid-tie
 - Controladores**
 - Estruturas / Montagem**
 - Baterias**
 - Iluminação**
 - Postes - Iluminação Pública
 - Postes e Balizadores de Jardim
 - Luminárias de Parede
 - Luminárias de Piso
 - Sinalizadores Solares
 - Outros Aparelhos
 - Refletores LED
 - Bombas Solares**
 - Outros**
 - Sistemas de Montamento
 - Aerogeradores
 - Acessórios

Kit Completo Grid Tie 2,3kWp



Gera até 340kWh/mês



Kit Grid Tie para conexão a rede 2,3kW - Sistema Completo

10.001.203 [Mais informações](#)

ESSENCIAL

por: **R\$ 22.490,00**

em até 3X de R\$ 7.496,67 sem juros [ver todos](#)
à vista: **R\$ 21.690,40 no Boleto (4% desconto)**

Descrição	Informação Adicional	Documentação	Comentários
Dimensões (mm)	Conforme Equipamento		
Garantia do Fabricante	Conforme Equipamento		
Potência Total (Wp)	2350		
Energia Disponível (kWh/mês)	Estimado entre 250 e 340 kWh/mês		
Placas	10x 235Wp		
Inversores	1x SMA Sunny Boy SB2500		
Estrutura	Schletter Flushmount para telhado cerâmico inclinado		
Faixa de Potência Kit Grid-Tie	de 2,0 a 5,0 kWp		
Informações Úteis	Não		
Marca	SMA		

produtos similares



Kit Grid-Tie Microinversor 1,8kWp
Microinversor GT260 - 2.000Wp (3 painéis + 3 Mts + cabo AC)

por: **R\$ 15.834,00**

[FALE CONOSCO](#)



Kit Grid-Tie Microinversor 2,3kWp
Microinversor GT260 - 3.000Wp (12 painéis + 12 Mts + cabo AC)

por: **R\$ 29.626,00**

[FALE CONOSCO](#)



Kit Completo Grid Tie 1,2kWp
Gera até 170kWh/mês

por: **R\$ 12.900,00**

[FALE CONOSCO](#)



Kit Conexão Grid Tie 4,2kWp
Gera até 620kWh/mês

por: **R\$ 34.790,00**

[FALE CONOSCO](#)

BOMBA SOL
Use a Energi



SOLICITE UM



Dimensões sem co

[SOLICITE](#)

NEWSLETTE

Cadastre-se i

nos

digite seu em

CALCULADO



Calcule seu consumo e sistema solar.

11/05/2015

Sistema de energia fotovoltaica Grid Tie (para conexão a rede) de 4,2kW

11 - 4328-5113 [loga](#) [orçamento](#) [fale conosco](#)[LOJA](#) [APRENDA](#) [PARTICIPE](#) [BLOG](#)

busca:

O seu carrinho está vazio

Início > Kit Grid Tie para conexão a rede 4,2kW - Sistema Completo

MENU

Promoção**Painéis Fotovoltaicos****Kit's Energia Solar**

Sistemas Isolados - Off-grid
Conexão à Rede - Grid-tie
Bombeamento de Água

Inversores

Sistemas Isolados - Off-grid
Conexão à Rede - Grid-tie

Controladores**Estruturas / Montagem****Baterias****Iluminação**

Postes - Iluminação Pública
Postes e Balizadores de Jardim
Luminárias de Parede
Luminárias de Piso
Sinalizadores Solares
Outros Aparelhos
Refletores LED

Bombas Solares**Outros**

Sistemas de Monitoramento
Aerogeradores
Acessórios

Kit Completo Grid Tie 4,2kW**Gera até 620kWh/mês**

Kit Grid Tie para conexão a rede 4,2kW - Sistema Completo

10.001.204 [Mais informações](#)

ESOTIC20

por: R\$ 34.790,00

em até de 3X de R\$ 11.596,67 sem juros [ver todas](#)
à vista: R\$ 33.398,40 no Boleto (4% desconto)

Descrição [Informação Adicional](#) [Documentação](#) [Comentários](#)

O Kit Grid Tie da Neosolar possuem todos os equipamentos necessários para produção de energia para Auto-Consumo. Gera entre 450 e 600 kWh/mês com este kit

DESCRIÇÃO

O Kit Completo para Conexão à Rede Neosolar de 4,2kW tem todos os equipamentos necessários para um sistema de geração de energia solar.

Este kit foi desenvolvido para instalação em telhados residenciais, empresas ou indústrias

A conexão deve ser feita em 60Hz e 220V (também pode ser instalado em locais onde a tensão é 110V ou 127V, conectando entre 2 fases)

Pode gerar até 620kWh/mês na região Nordeste. Na região Sul gera até 470kWh/mês

Os sistemas de Energia Solar Grid Tie ou conectados à rede podem fornecer de 0 a 100% da energia elétrica consumida, reduzindo o valor da conta de energia elétrica

[saiba mais](#)

Todos os itens que compõe este kit são conhecidos, testados, certificados e utilizados mundialmente. São marcas de primeira linha e com garantia do fabricante.

Este Kit Contém

- 18 painéis solares fotovoltaicos Jettion JT235PCe ou equivalente - [saiba mais](#)
- 1 Inversor SMA Sunny Boy 3800 - [saiba mais](#)
- 2 estruturas Schletter em alumínio própria para telhado inclinado (perfis, grampos, gancho e parafusos) - [saiba mais](#)

Este Kit não Contém

- Serviço de instalação, mão de obra ou equipamentos a serem utilizados na instalação como cabos e disjuntores

INSTALAÇÃO

Podemos oferecer o serviço de instalação em todo o Brasil. Entre em contato e consulte nossos preços.

Conheça o sistema FlushMount Schletter

BOMBA SOL

Use a Energi



SOLICITE UM



Dimensione sem co

SOLICITE

NEWSLETTE

Cadastre-se i nos

digite seu em

CALCULADO



Calcule

seu consumo e sistema solar.

