

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA - DAELT
ENGENHARIA ELÉTRICA/ ENGENHARIA INDÚSTRIAL ELÉTRICA ÊNFASE
AUTOMAÇÃO**

**ALLAN FABIO PEREIRA SIQUEIRA
LETÍCIA NEVES DOS SANTOS**

**ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO
CONECTADO A REDE (SFVCR) NA CÂMARA MUNICIPAL DE SÃO
JOSÉ DOS PINHAIS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**CURITIBA
2016**

**ALLAN FABIO PEREIRA SIQUEIRA
LETÍCIA NEVES DOS SANTOS**

**ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO
CONECTADO A REDE (SFVCR) NA CÂMARA MUNICIPAL DE SÃO
JOSÉ DOS PINHAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, em Engenharia Elétrica, Departamento Acadêmico de Eletrotécnica - DAELT, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Gerson Máximo Tiepolo

**CURITIBA
2016**

Allan Fabio Pereira Siqueira
Letícia Neves dos Santos

ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A REDE (SFVCR) NA CÂMARA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro(a) Eletricista, do curso de Engenharia Elétrica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 15 de Junho de 2016

Prof. Emerson Rigoni, Dr.
Coordenador de Curso
Engenharia Elétrica

Profa. Annemarlen Gehrke Castagna, Ma;
Responsável pelos Trabalhos de Conclusão de Curso
de Engenharia Elétrica do DAELT

ORIENTAÇÃO

Gerson Máximo Tiepolo, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Carlos Henrique Karam Salata, Esp.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Jair Urbanetz Junior, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Gerson Máximo Tiepolo, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos que nos ajudaram a percorrer a caminhada até a graduação, amigos, nossos familiares e a todos os professores que passaram por nossas vidas desde o início das atividades escolares.

Ao nosso prezado Orientador Prof. Dr. Gerson Máximo Tiepolo que nos direcionou no desenvolvimento deste trabalho, pela dedicação e atenção durante nossas reuniões.

Ao Diretor Geral da Câmara Municipal de São José dos Pinhais, Guilherme Cherobim, pela parceria proporcionada e a disposição sempre demonstrada quando solicitada a sua ajuda, e a todos os funcionários que de algum modo nos ajudaram durante nossas visitas técnicas.

Agradecimento ao Allax Siqueira por proporcionar essa parceria com a Câmara Municipal de São José dos Pinhais e apoio durante esses longos anos de graduação.

Um agradecimento em especial vai aos nossos pais que nos propiciaram e sempre incentivaram a estar aqui hoje finalizando um curso de graduação em Engenharia Elétrica.

“ Agradeço todas as dificuldades que enfrentei; não fosse por elas, eu não teria saído do lugar. As facilidades nos impedem de caminhar. Mesmo as críticas nos auxiliam muito. ”

Chico Xavier

RESUMO

SIQUEIRA, Allan F. Pereira. SANTOS, Leticia Neves. **Estudo de implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede (SFVCR) na câmara municipal de São José dos Pinhais**. 2016 81f. Trabalho de Conclusão de Curso - Bacharelado em Engenharia Elétrica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

O potencial fotovoltaico do Brasil é muito alto quando comparado a países como Alemanha que possuem valores altos de investimentos em sistemas fotovoltaicos. Mesmo o estado do Paraná que é um estado considerado de baixo potencial quando comparado com o restante do Brasil apresenta valores muito superiores aos da Alemanha. A região do Município de São José dos Pinhais, que é o foco deste trabalho também apresenta índices de irradiação considerável. O intuito deste trabalho é mostrar como o Brasil, mesmo nas regiões aparentemente não consideradas muito eficientes na geração de energia fotovoltaica pelo público leigo, apresentam altos índices de geração de energia fotovoltaica. Para que esta percepção que a população em geral possui seja passível de mudança, no Brasil é importante que se iniciem investimentos a partir de políticas públicas para que incentivem a população em geral a realizar investimentos em energia fotovoltaica. Através desse trabalho foi possível concluir que o projeto considerando as condições ideais através do mapa fotovoltaico do Estado do Paraná e também quando foram consideradas as condições reais de projeto obteve-se um retorno financeiro positivo, até mesmo quando comparado com a aplicação na poupança, o investimento no sistema fotovoltaico foi considerado mais rentável. Estas informações podem ser vistas mais detalhadamente ao longo do texto que demonstra como o sistema fotovoltaico é de fato um bom investimento financeiro além de contribuir com o desenvolvimento sustentável do país.

Palavras-chave: Potencial fotovoltaico. São José dos Pinhais. Políticas públicas. Energia Solar. Sistema fotovoltaico conectado à rede (SFVCR).

ABSTRACT

SIQUEIRA, Allan F. Pereira. SANTOS, Leticia Neves. **Implementation study of a photovoltaic system connected to the network (SFVCR) in City hall of São José dos Pinhais.** 2016 81f. Final dissertation (Bachelor Degree) – Electrical Engineering. Federal Technological University of Paraná, Curitiba, 2016.

Brazil's photovoltaic potential is very high when compared with countries such as Germany that have high investment values in photovoltaic systems. Even the state of Paraná is a state considered low potential when compared to the rest of Brazil has much higher than Germany. The region of São José dos Pinhais, which is the focus of this work also has very good irradiation indexes. The purpose of this work is to show how Brazil, even in areas apparently not considered very eficiente by the lay public in photovoltaic power generation, have high rates of photovoltaic power generation. For change this image with general population in Brazil is important to start Investments from public policies to Encourage the general population to invest in photovoltaics. Through this study it was concluded that the project considering the ideal conditions by the photovoltaic map of Paraná and also when we considered the actual conditions of the project obtained a positive financial return, even when compared to application in saving the investment in photovoltaics system was considered more profitable. This information can be seen in more detail in the text that demonstrates how the photovoltaic system is indeed a good financial investment as well as contributing to sustainable development.

Keywords: photovoltaic potential. São José dos Pinhais. Public policy. Solar energy. PV system connected to the network (SFVCR).

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1: EFEITO FOTOVOLTAICO NA JUNÇÃO PN..... | 18 |
| FIGURA 2: EFEITO FOTOVOLTAICO..... | 19 |
| FIGURA 3: EFEITO DA VARIAÇÃO DE INTENSIDADE LUMINOSA..... | 21 |
| FIGURA 4: EFEITO DA VARIAÇÃO DE TEMPERATURA NA CÉLULA, CURVA IXV..... | 22 |
| FIGURA 5: CÉLULA, MÓDULO E PAINEL..... | 22 |
| FIGURA 6: CONFIGURAÇÃO BÁSICA DE UM SFVCR..... | 23 |
| FIGURA 7: PRIMEIRO SFVCR HOMOLOGADO PELA COPEL APÓS RESOLUÇÃO 482/2012 - EMPRESA ELCO. | 24 |
| FIGURA 8: ETAPAS DOS PROCEDIMENTOS DE ACESSO POR TIPO DE ACESSANTE..... | 26 |
| FIGURA 9: ETAPAS DE ACESSO OBRIGATÓRIAS PARA CONSUMIDORES LIVRES E ESPECIAIS E CENTRAIS GERADORAS SOLICITANTES DE REGISTRO..... | 26 |
| FIGURA 10: ETAPAS DE ACESSO OBRIGATÓRIAS PARA CENTRAIS GERADORAS SOLICITANTES DE AUTORIZAÇÃO. | 27 |
| FIGURA 11: MAPA FOTOVOLTAICO DO ESTADO DO PARANÁ - TOTAL ANUAL NO PLANO INCLINADO..... | 45 |
| FIGURA 12: MAPAS SAZONAIS DO ESTADO DO PARANÁ NO PLANO INCLINADO..... | 46 |
| FIGURA 13: COMPARAÇÃO ENTRE O MAPA FOTOVOLTAICO DO PARANÁ – TOTAL ANUAL E MAPA FOTOVOLTAICO DA EUROPA..... | 47 |
| FIGURA 14: MAPA DO ESTADO DO PARANÁ, COM DESTAQUE À SÃO JOSÉ DOS PINHAIS..... | 48 |
| FIGURA 15: VISÃO AÉREA DO PRÉDIO DA CÂMARA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS..... | 49 |
| FIGURA 16: IMAGEM DO GOOGLE EARTH COM A INSERÇÃO DOS PONTOS MAIS PRÓXIMOS AO LOCAL PESQUISADO. | 56 |
| FIGURA 17: IMAGEM DA TELA DO EXCEL –IDENTIFICAÇÃO DA LINHA COM AS COORDENADAS MAIS PRÓXIMAS DO LOCAL PESQUISADO COM OS RESPECTIVOS VALORES DE IRRADIAÇÃO GLOBAL HORIZONTAL..... | 57 |
| FIGURA 18: INSERÇÃO DE DADOS NO RADIASOL..... | 57 |
| FIGURA 19: TABELA DE RADIAÇÃO SEM A CORREÇÃO DO DESVIO AZIMUTAL..... | 58 |
| FIGURA 20: DADOS DE RADIAÇÃO COM A CORREÇÃO DA INCLINAÇÃO E DESVIO AZIMUTAL..... | 59 |
| FIGURA 21: RENDIMENTO MENSAL DA POUPANÇA DURANTE TREZENTOS MESES..... | 69 |
| FIGURA 22: RENDIMENTO MENSAL DA POUPANÇA COM RESGATE DO VALOR DA FATURA MENSAL DE ENERGIA ELÉTRICA..... | 70 |
| FIGURA 23: IMAGEM COM VISÕES DISTINTAS DO TELHADO CMSJP (A, B, C)..... | 81 |

LISTA DE TABELA

| | |
|---|----|
| TABELA 1: PROTEÇÕES MÍNIMAS PARA CONEXÃO DE GERADORES CONECTADOS ATRAVÉS DE INVERSOR NO SISTEMA 13,8 kV | 37 |
| TABELA 2: PROTEÇÕES MÍNIMAS PARA CONEXÃO DE GERADORES CONECTADOS ATRAVÉS DE INVERSOR NO SISTEMA 34,5 kV. | 38 |
| TABELA 3: MÉDIA DE CONSUMO MENSAL. | 50 |
| TABELA 4: PREVISÃO DE AUMENTO DA TARIFA AO LONGO DOS VINTE E CINCO ANOS..... | 63 |
| TABELA 5: CUSTO TOTAL AO LONGO DE 25 ANOS PARA A POTÊNCIA INSTALADA DE 132 kWp. | 65 |
| TABELA 6: CUSTO TOTAL AO LONGO DE 25 ANOS PARA A POTÊNCIA INSTALADA DE 57,14 kWp. | 65 |
| TABELA 7: ECONOMIA ANUAL ESTIMADA ATRAVÉS DO SFVCR PARA A POTÊNCIA INSTALADA DE 132 kWp. .. | 66 |
| TABELA 8: ECONOMIA ANUAL ESTIMADA ATRAVÉS DO SFVCR PARA A POTÊNCIA INSTALADA DE 57,14 kWp. | 67 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 1.1 TEMA | 12 |
| 1.1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA..... | 12 |
| 1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS | 12 |
| 1.3 OBJETIVO | 13 |
| 1.3.1 OBJETIVO GERAL..... | 13 |
| 1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 13 |
| 1.4 JUSTIFICATIVA..... | 13 |
| 1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS | 15 |
| 1.6 ESTRUTURAS DO TRABALHO | 15 |
| 2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO | 17 |
| 2.1 ENERGIA SOLAR..... | 17 |
| 2.1.1 Célula Solar Fotovoltáica..... | 20 |
| 2.1.2 MÓDULOS E PAINÉIS FOTOVOLTAICOS | 20 |
| 2.2 SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A REDE (SFVCR)..... | 23 |
| 2.3 CONCESSÃO DE CONEXÃO COM A REDE DE DISTRIBUIÇÃO CONFORME ANEEL | 24 |
| 2.3.1 Etapas para a viabilização do acesso | 25 |
| 2.3.2 CONSULTA DE ACESSO | 27 |
| 2.3.3 Informação de acesso | 27 |
| 2.3.4 Solicitação de Acesso..... | 28 |
| 2.3.5 Parecer de acesso..... | 29 |
| 2.4 RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012 E SUAS ALTERAÇÕES VIA RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº687 | 30 |
| 2.4.1 acesso ao sistema de distribuição..... | 31 |
| 2.4.2 MEDIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA..... | 32 |
| 2.4.3 responsabilidades por dano ao sistema elétrico | 33 |
| 2.4.4 disposições gerais | 33 |
| 2.5 CRITÉRIOS DE CONEXÃO COM A REDE DE DISTRIBUIÇÃO CONFORME COPEL | 33 |
| 2.5.1 NORMAS TÉCNICAS COPEL – NTC 905200 | 34 |
| 2.5.2 Procedimentos de acesso | 34 |
| 2.5.3 Contratos para acesso | 35 |
| 2.6 REQUISITOS TÉCNICOS..... | 36 |
| 2.6.1 Conexão ao sistema de distribuição..... | 36 |
| 2.6.2 DEFINIÇÃO DOS TIPOS DE CONEXÃO | 38 |
| 2.6.3 Requisitos de Conexão | 39 |

| | |
|---|-----------|
| 2.6.4 Requisitos Gerais de proteção | 41 |
| 2.6.5 Equipamentos e Funções de proteção..... | 42 |
| 2.6.6 Requisitos de qualidade | 42 |
| 2.6.7 Requisitos Gerais de projeto | 42 |
| 2.7 POTENCIAL FOTOVOLTAICO DO ESTADO DO PARANÁ | 43 |
| 2.8 POTENCIAL FOTOVOLTAICO DA CIDADE DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS | 47 |
| 3 ANÁLISE DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DO SFVCR | 49 |
| | 49 |
| 3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL A SER IMPLANTADO..... | 49 |
| 3.1.1 INCLINAÇÃO DO TELHADO E ORIENTAÇÃO | 50 |
| 3.1.2 MÉDIA DE CONSUMO NO ANO | 50 |
| 3.2 ELABORAÇÃO DO CÁLCULO PARA DETERMINAR A POTÊNCIA A SER INSTALADA | 51 |
| | 51 |
| 4 ELABORAÇÃO DO PROJETO PRELIMINAR DO SFVCR..... | 52 |
| 4.1 PROJETO CONSIDERANDO CONDIÇÕES IDEIAIS ATRAVÉS DO MAPA FOTOVOLTAICO DO ESTADO DO PARANÁ | 52 |
| 4.1.1 COTAÇÃO DO PROJETO CONSIDERANDO EM CONDIÇÕES IDEIAIS ATRAVÉS DO MAPA FOTOVOLTAICO DO ESTADO DO PARANÁ..... | 53 |
| 4.2 PROJETO CONSIDERANDO CONDIÇÕES REAIS | 55 |
| 4.2.1 COTAÇÃO DO PROJETO EM CONDIÇÕES REAIS | 61 |
| 4.3 ANÁLISE DA VIABILIDADE DO PROJETO EM CONDIÇÕES IDEIAS CONFORME MAPA FOTOVOLTAICO DO ESTADO PARANÁ E O PROJETO EM CONDIÇÕES REAIS | 63 |
| 4.3.1 PROJEÇÃO NO AUMENTO DA TARIFA DE energia elétrica EM FUNÇÃO DO TEMPO DE USO DO SFVCR | 63 |
| 4.3.2 CUSTO DE MANUTENÇÃO AO LONGO DO TEMPO DE UTILIZAÇÃO DO SFVCR..... | 64 |
| | 64 |
| 4.3.3 ANÁLISE DO TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO..... | 64 |
| 4.3.4 Análise dos resultados de Economia total e economia efetiva | 68 |
| 4.3.5 COMPARAÇÃO ENTRE RENDIMENTO DO DINHEIRO INVESTIDO NA POUPANÇA AO LONGO DOS VINTE E CINCO ANOS E O INVESTIMENTO TOTAL EM SFVCR | 68 |
| | 68 |
| 5 CONCLUSÃO | 71 |
| 6 REFERÊNCIAS..... | 74 |
| ANEXO A | 78 |
| ANEXO B | 81 |

1 INTRODUÇÃO

A evolução da humanidade está atrelada a energia elétrica. Para que a sociedade conviva em harmonia, tenha um bem-estar e se desenvolva em todos os âmbitos é um fator importante que a energia elétrica esteja disponibilizada ao consumidor a qualquer momento desejado. A demanda de consumo de energia elétrica no Brasil está crescendo de forma considerável nas últimas décadas. Segundo a EPE (2006) na década de 70 o consumo de energia elétrica no Brasil era de 39,660 TWh, entretanto no de 2014 o consumo ultrapassou os 590,5 TWh (MME, 2015).

Com a necessidade de suprir a demanda da matriz elétrica do Brasil e de modo sustentável, surgiram várias novas fontes de produção de energia, entre elas estão a eólica, fotovoltaica e biomassa. Conforme indica o Balanço Energético Nacional (BEN, 2015), a matriz elétrica brasileira depende de modo significativo da geração de energia elétrica através das usinas hidrelétricas, essa modalidade de geração foi responsável por 65,2% de toda energia elétrica produzida no Brasil no ano de 2014.

Entretanto, a produção de energia elétrica via recursos hídricos gera um alto impacto ambiental. Considerando os impactos durante a construção das usinas hidrelétricas e após o início da produção, torna a geração elétrica oriunda de recursos hídricos, menos sustentável que a produção por módulos fotovoltaicos, considerando que o sistema fotovoltaico não necessita de uma grande área desabrigada e emite um percentual muito inferior de CO₂ (INATOMI, 2000).

Diante disto, a instalação de sistemas fotovoltaicos no Brasil possui várias características favoráveis para investimentos, entre elas estão o alto nível de irradiação solar, grandes reservas de quartzo (LIMA *et al.*, 2015) e a grande necessidade de diversificar a matriz de energia elétrica através de outras fontes além das já exploradas no Brasil.

1.1 TEMA

Estudo de implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica de energia - SFVCR.

1.1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Estudo da viabilidade técnica-econômica para implantação de um SFVCR na Câmara Municipal de São José dos Pinhais, e determinação do potencial elétrico a ser gerado através deste sistema.

1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

Devido ao desenvolvimento tecnológico e econômico da sociedade, o consumo de energia elétrica tem aumentado cada vez mais, e com isso vem a necessidade de se gerar mais energia. No estado do Paraná o potencial hidráulico é em torno de 24,12 GW, porém explorar todo esse potencial é inviável social e economicamente (TIEPOLO, 2015), assim surge à necessidade de explorar novas fontes de energia renováveis.

O Paraná apresenta também condições muito favoráveis para a implantação de SFVCR, conforme descrito por (TIEPOLO *et al.*, 2014), potencial esse que deve ser melhor aproveitado pela sociedade para colaborar com o desenvolvimento sustentável do estado. Entretanto, ao se implantar um SFVCR em uma edificação já existente, cabe aos responsáveis técnicos calcular e identificar se é possível e viável tecnicamente e financeiramente a aplicação dessa tecnologia. O local desejado para implantação do sistema precisa ser analisado levando em consideração todas as características presentes e futuras na área de instalação e em torno da mesma e as expectativas do investidor.

1.3 OBJETIVO

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a viabilidade de implantação de SFVCR para geração de energia elétrica no prédio da Câmara Municipal de São José dos Pinhais.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Definir a área/local de implantação do SFVCR;
- b) Determinar a potência a ser instalada;
- c) Estimar o valor de energia que será gerada;
- d) Analisar o custo para implantar o SFVCR;
- e) Calcular a economia gerada com a implantação do sistema;
- f) Determinar prazo estimado de retorno do capital investido;
- g) Elaborar projeto preliminar para a implantação do sistema fotovoltaico;
- h) Calcular e analisar a viabilidade econômica para a implantação do sistema fotovoltaico.

1.4 JUSTIFICATIVA

Com as secas e maior escassez do recurso hídrico no país torna-se necessário a geração de energia elétrica através de outras fontes para suprir o consumo energético nacional. O aumento do uso das usinas térmicas, aumento do dólar e com o auxílio de outros fatores externos a conta de energia encareceu ainda mais no país. Em 24/06/14 entrou em vigência a resolução 1763/2014 de reajuste médio aplicado de 24,86%, e em 02/03/2015 entrou em vigor a resolução 1858/2015 de reajuste médio aplicado de 36,79%, porém mais recentemente ocorreu um novo

reajuste médio através da nova resolução 1897/2015 que entrou em vigor em 24/06/15 com 15,32% de aumento na tarifa (COPEL, 2015).

Então tornou-se mais interessante apostar em outros meios de geração de energia, sendo uma delas a solar fotovoltaica. O desenvolvimento de mercado fotovoltaico teve uma grande mudança devido ao grande aumento da produção chinesa (CRESESB, 2014). O aumento em investimento e pesquisa na área de geração de energia solar possibilitou o desenvolvimento de células solares mais eficientes e com menor custo de fabricação, favorecendo a possibilidade do aumento no número de instalações de sistemas fotovoltaicos.

Algumas das vantagens da instalação de módulos fotovoltaicos em construções residenciais para a geração de energia é que são de fácil instalação, tem baixo custo e pouca manutenção, podem ser aproveitadas áreas inutilizadas (telhados de casas e garagens), e apresenta um mínimo impacto ambiental (CRESESB, 2014).

Conforme o número de instalações de sistemas fotovoltaicos em residências aumente, haverá uma demanda menor de energia elétrica do sistema de distribuição, desafogando assim o setor de distribuição e geração, diminuindo o custo com manutenção da rede elétrica, reduzindo gastos com instalação de linhas de transmissão e distribuição e evitando o risco de apagões devido a não capacidade da concessionária de absorver a demanda por energia elétrica (CEMIG, 2012).

A geração de energia elétrica no Brasil é dependente dos recursos hídricos, recurso que é cada vez mais escasso. Com maior incentivo ao uso da energia solar (além de outros meios de produção de energia limpa) ocorreria a descentralização da produção/fornecimento da energia elétrica para a matriz elétrica, reduzindo a dependência das hidrelétricas (TIEPOLO, 2014).

Com isto, o tema desse trabalho foi escolhido para mostrar como o poder público pode estimular a sociedade na implantação residencial de maneiras alternativas de geração de energia elétrica e obter redução de custos e do impacto ambiental.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa, será desenvolvida primeiramente uma pesquisa bibliográfica sobre energia solar, SFVCR e suas características, normas, resoluções aplicadas no Brasil através de livros, artigos, dissertações, teses, revistas entre outras.

Em seguida serão levantadas as informações sobre o Potencial Fotovoltaico do estado do Paraná, em especial em São José dos Pinhais, onde será realizado um estudo para a planta do prédio da Câmara Municipal de São José dos Pinhais, com o objetivo de instalar uma usina de geração solar, e os critérios de conexão com a concessionária. Este estudo será a base para o desenvolvimento do projeto.

Em seguida será realizado um projeto preliminar do SFVCR a ser implantado na edificação em estudo, verificando a potência do sistema a ser implantado, equipamentos necessários, custos preliminares da implantação, e energia elétrica estimada a ser gerada pelo SFVCR.

Finalmente será realizada uma simulação visando analisar qual será a economia do prédio após a instalação do projeto em função da energia elétrica que será gerada e qual o tempo de retorno do investimento, e as conclusões finais deste projeto de pesquisa.

1.6 ESTRUTURAS DO TRABALHO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) será composto das seguintes etapas:

1º Etapa: Revisão Bibliográfica

Na etapa inicial, serão brevemente apresentados os conceitos referentes a sistemas fotovoltaicos conectados à rede. Iniciando com definições de SFVCR, estudo da radiação solar, métodos de implantação do SFVCR e normas técnicas.

2º Etapa: Desenvolvimento

Levantamento de dados sobre o potencial fotovoltaico do estado do Paraná e em específico do município de São José dos Pinhais. Analisar os critérios de conexão com a concessionária.

3º Etapa: Projeto preliminar e análise econômica da implantação do SFVCR

Elaboração do projeto preliminar SFVCR, estimativa da potência do sistema a ser implantada, análise de viabilidade econômica e tempo de retorno do investimento.

4º Etapa: Conclusão

Nesta última etapa será realizada a análise do projeto como um todo, se houve ou não discrepâncias entre estes dados e se de fato foram alcançadas as expectativas.

2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

2.1 ENERGIA SOLAR

A energia solar é responsável pela manutenção da vida na Terra e a radiação solar representa uma imensa fonte energética. Desse modo quando se pensa em energia solar, deve ser lembrado que o Sol é responsável pela origem de quase todas as fontes de energia na Terra, conclui-se então que a maioria das outras fontes de energia são derivadas do Sol (CRESESB, 2014). Outro fato importante é que anualmente a Terra recebe $1,5 \times 10^{18}$ kWh de energia solar, sendo que o consumo mundial de energia para este mesmo período é 10.000 vezes menor (CRESESB, 2014). Esse fato indica que o sol é uma fonte inesgotável de energia e possui um enorme potencial de utilização em várias formas de energia. Dentre as fontes de energia renováveis provenientes do sol a energia solar fotovoltaica é uma das mais promissoras (CRESESB, 2014).

Devido ao aquecimento global, emissões de gases causadores do efeito estufa e demais questões ambientais, muitas iniciativas com o objetivo de tornar a matriz elétrica mais atraente vêm ocorrendo ao longo dos anos (TIEPOLO, 2015) e esses investimentos tornaram a energia solar muito mais atrativa (CRESESB, 2014).

A radiação solar possui um enorme potencial de utilização via sistemas de conversão e captação em outras formas de energia, umas das possíveis formas é o efeito fotovoltaico. Esse fenômeno ocorre através das células fotovoltaicas, que são componentes optoeletrônicos que convertem diretamente a radiação solar em eletricidade. A conversão da energia solar em energia elétrica ocorre através do efeito de radiação sobre materiais como os semicondutores, que se caracterizam por apresentarem bandas de energia que permitem a presença de novos elétrons e de outra banda, em sua camada mais externa, totalmente "vazia" (banda de condução). O elemento mais usado é o silício, que se caracteriza por possuir quatro elétrons em sua camada de valência, formando uma rede cristalina. Quando uma ligação com átomos de cinco elétrons é realizada, com o fósforo, por exemplo, um elétron acabará sobrando nessa ligação, que ficará instável, ou fracamente ligado. O resultado disso é que com pouca energia térmica, esse elétron vá para a banda de condução. Então,

pode - se dizer que o fósforo é um dopante doador de elétrons e denomina-se dopante n ou impureza n. Da mesma maneira que a ligação com um átomo a mais pode ser realizada também existe a hipótese de realizar a ligação com um elétron a menos na camada de valência para que se torne uma ligação estável, ou seja, uma ligação com apenas três átomos, como é o caso do boro (CRESESB, 2014). Esta falta de elétron é denominada buraco ou lacuna, com pouca energia térmica um elétron em uma camada vizinha pode “saltar” e passar para esta posição, deslocando a lacuna. Portanto a ligação do silício com o boro cria um processo denominado aceitador de elétrons ou um dopante tipo p (silício tipo P) (NASCIMENTO, 2004). Na figura 2 pode-se analisar o efeito fotovoltaico na junção pn.

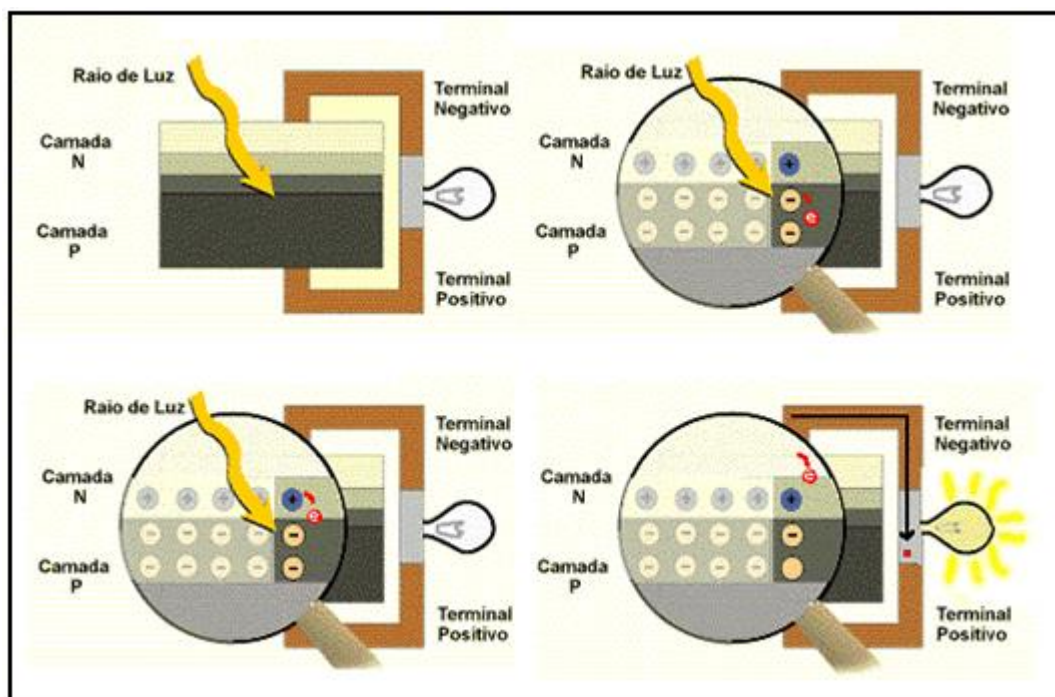


Figura 1: Efeito fotovoltaico na junção pn.
Fonte: CRESESB,2014.

Se forem introduzidos átomos de boro em uma metade e de fósforo na outra de silício puro, forma - se então uma junção pn. Na junção pn elétrons livres do lado n passam para o lado p, ondem encontram as lacunas, que os capturam. Com isso é gerado um acúmulo de elétrons no lado p, o que faz com que se torne negativamente carregado, como consequência o lado n tem redução de elétrons, fazendo com que

fique eletricamente positivo. Essas cargas ficam aprisionadas e originam um campo elétrico permanente que passa a dificultar a passagem de outros elétrons do lado n para o p. Quando esse processo alcança a estabilidade o campo elétrico forma uma barreira que barra os elétrons livres que sobraram do lado n (CRESESB, 2014).

No caso de uma junção pn se expor a fótons com energia maior que o espaço entre lacunas, serão gerados pares elétron-lacuna, e na hipótese de isso ocorrer na região onde o campo elétrico é diferente de zero, as cargas serão aceleradas, fazendo uma corrente através da junção. O deslocamento de cargas nada mais é que uma diferença de potencial, o qual é chamado de Efeito Fotovoltaico. Portanto caso duas extremidades do “pedaço” de silício forem conectadas com um fio, tem-se circulação de elétrons, ou seja, uma corrente (CRESESB, 2014). A intensidade da corrente gerada portando depende da proporção da intensidade da luz, estas características são diretamente proporcionais. A célula fotovoltaica não armazena energia elétrica, ela apenas mantém o fluxo de elétrons num circuito elétrico enquanto houver incidência de luz sobre ela. Esse fenômeno se denomina efeito fotovoltaico conforme é demonstrado na figura 3 (NASCIMENTO, 2004).

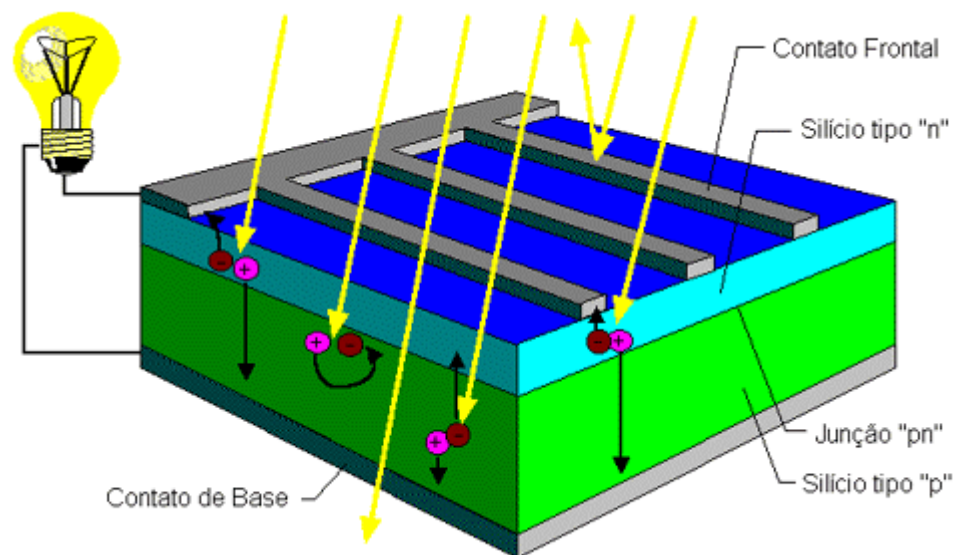


Figura 2: Efeito Fotovoltaico
Fonte: CRESESB, 2014

A partir do descobrimento do efeito fotovoltaico por Edmond Becquerel em 1839, muitas tecnologias foram sendo desenvolvidas e melhoradas ao longo dos anos. Além das melhorias diversas aplicações foram criadas, umas das mais

promissoras foi o uso da energia fotovoltaica para a geração de energia elétrica em satélites (CRESESB, 2014).

Para estabelecer se um local possui condições viáveis para instalações fotovoltaicas e garantir que seja aproveitado ao máximo, devem ser analisadas as variações da intensidade da radiação solar e suas alterações ao longo do ano. Para isso precisa ser realizado um histórico com essas medidas. Os limites de precisão são determinados pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM), esta determina limites de precisão para quatro tipos de instrumentos, que são eles: instrumentos de primeira, segunda e terceira classe, de referência ou padrão. Para medições padrão tem – se: radiação global e difusa no plano horizontal e radiação direta normal (CRESESB, 2014).

2.1.1 CÉLULA SOLAR FOTOVOLTÁICA

Um dos componentes mais importantes e lembrados quando se fala em captar energia solar é a célula solar, sendo que a maioria delas são produzidas utilizando silício (Si). Dentre as células de silício tem – se diferentes tipos como:

- Célula de silício monocristalino: Esse tipo de célula apresenta a maior eficiência e é bastante utilizada em aplicações comerciais (AMÉRICA DO SOL, 2011).

- Célula de silício policristalino: Estas possuem menor custo que as células de silício monocristalino, porém possuem um rendimento menor (CRESESB, 2014).

- Célula de silício amorfo: É muito propício esse tipo de célula quando se pensa em baixo custo. Porém apresenta algumas desvantagens, dentre elas baixo rendimento e degradação nos primeiros meses de operação. Contudo apresentam suas vantagens, necessitam de baixo consumo energético para produção em comparação as células cristalinas, podem ser fabricadas células com áreas grandes e tem aparência estética mais agradável (CRESESB, 2014).

2.1.2 MÓDULOS E PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Um módulo pode possuir um número variado de células, este número depende da necessidade de tensão e corrente (CASTRO, 2008).

Existem alguns fatores que afetam as características elétricas dos módulos, são elas, a intensidade luminosa e a temperatura das células. A intensidade luminosa faz com que a corrente dos módulos aumente linearmente com seu aumento. Já a temperatura das células tem efeito contrário, quanto maior for a temperatura menor será a eficiência do módulo. Nas figuras 4 e 5 estão apresentados esses dois fenômenos (CRESESB, 2014).

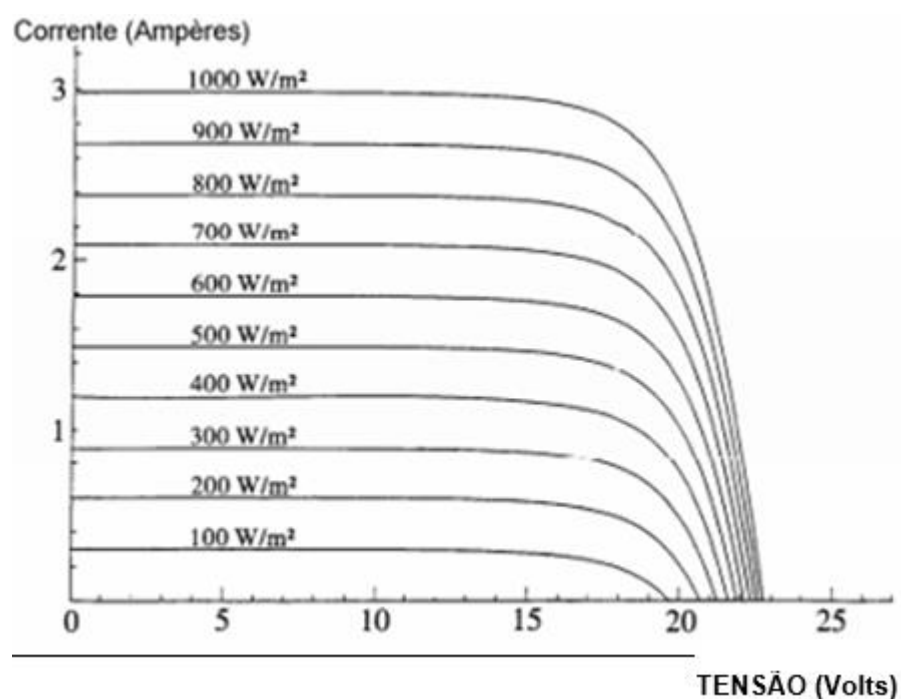


Figura 3: Efeito da variação de intensidade luminosa.
Fonte: CRESESB, 2014

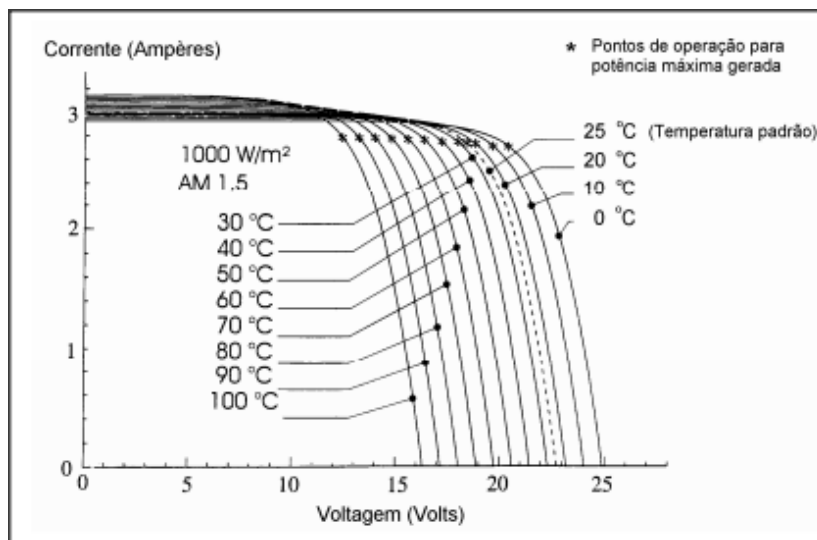


Figura 4: Efeito da variação de temperatura na célula, curva IxV.
Fonte: CRESESB, 2014.

A figura 6 ilustra a diferença entre célula, módulo e painel fotovoltaico.

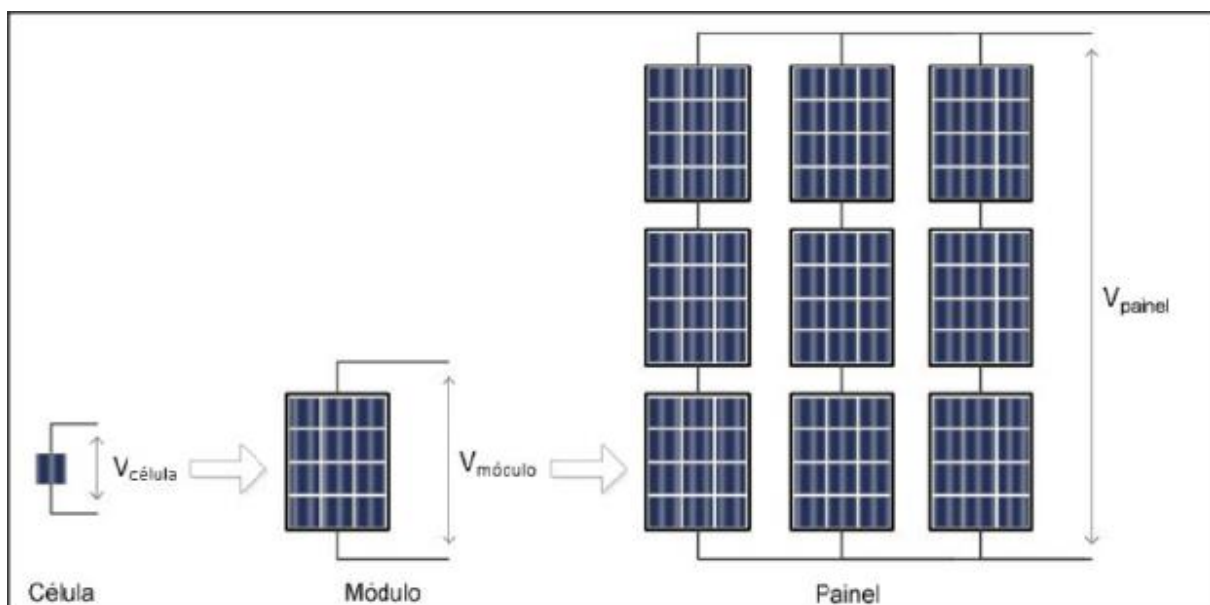


Figura 5: Célula, módulo e painel.
Fonte: Almeida, 2012.

2.2 SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A REDE (SFVCR)

O Sistema fotovoltaico conectado à rede (SFVCR) não utiliza armazenamento, porque toda sua geração é entregue a rede (CRESESB, 2014). O SFVCR em baixa ou média tensão contribui com a geração distribuída (GD) além disso colabora a disponibilizar energia próxima ao ponto de consumo (URBANETZ, 2010). Para o SFVCR a rede elétrica da concessionária é vista como armazenador, devido ao fato de toda a energia gerada ser colocada em paralelo com a energia da rede (URBANETZ, 2010). A figura 7 ilustra a configuração básica para este sistema.

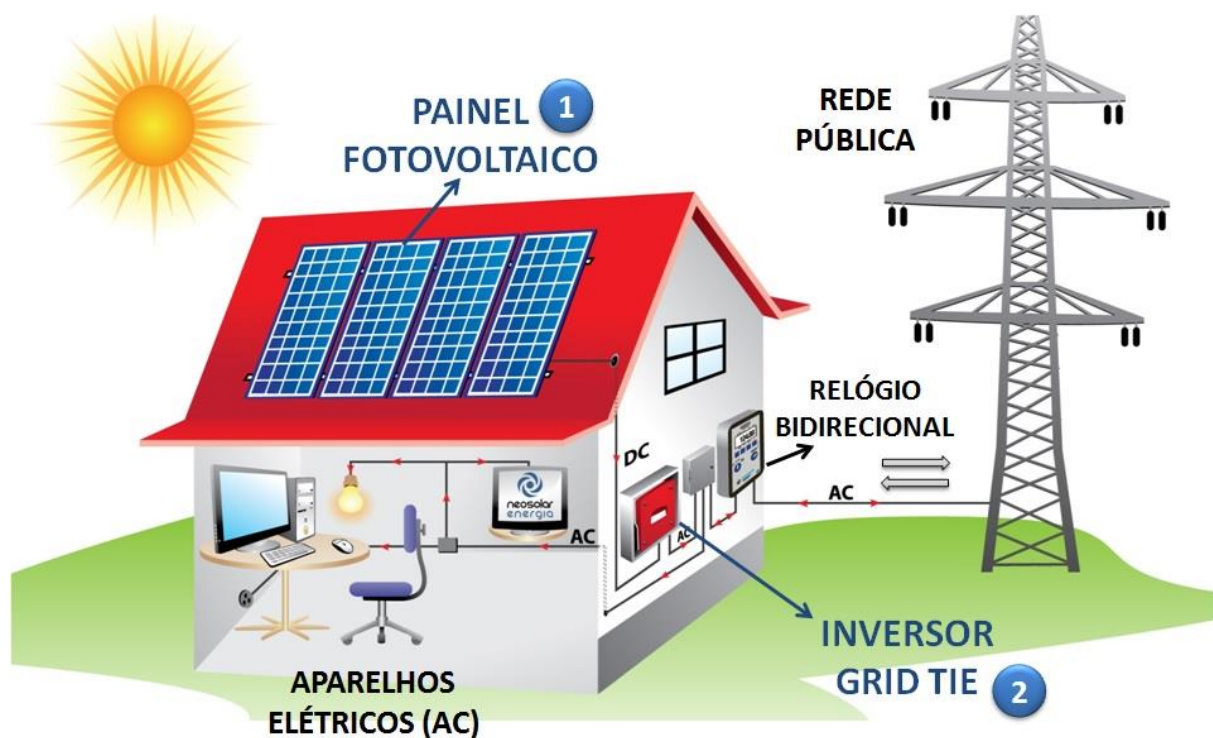


Figura 6: Configuração básica de um SFVCR
Fonte: NeoSolar 2016.

Após a resolução da ANEEL 482/2012 a empresa ELCO Engenharia instalou o que foi considerado o primeiro SFVCR no Paraná homologado pela COPEL. A figura 8 ilustra este SFVCR.



Figura 7: Primeiro SFVCR homologado pela COPEL após Resolução 482/2012 - Empresa ELCO.

Fonte: Urbanetz *et al.* (2014).

2.3 CONCESSÃO DE CONEXÃO COM A REDE DE DISTRIBUIÇÃO CONFORME ANEEL

A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL regula ações relacionadas à energia elétrica oferecida para o consumidor geral no âmbito nacional. A ANEEL desenvolveu várias resoluções e diretrizes para regulamentar a conexão do sistema fotovoltaico com a rede de distribuição. Entre algumas diretrizes desenvolvidas estão os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST, entre alguns dos critérios gerais estão as solicitações de acesso à rede distribuidora local de energia elétrica e que os procedimentos de acesso deverão atender aos padrões de indicadores de desempenho e de qualidade do serviço de distribuição, resguardando a segurança, a eficiência e a confiabilidade do sistema e das conexões existentes. Segundo ANEEL, a distribuidora titular deverá fornecer todas as informações solicitadas pelo acessante referentes à prestação do serviço, inclusive quanto às tarifas em vigor, o número e a data da resolução que as houver homologado, e também sobre critérios de cobrança dos encargos e serviços (ANEEL, 2012).

Os serviços cobráveis, realizados a pedido do acessante, serão definidos em regulamento específico da ANEEL. A cobrança desses serviços é facultativa e só poderá ser cobrada em contrapartida de serviço efetivamente executado pela distribuidora. Na primeira vistoria realizada pela a acessada não haverá cobrança, sendo essa vistoria acompanhada por algum representante do acessante, salvo algo acordado no contrato. A acessada deverá fornecer informações e dados ao acessante referentes ao seu sistema elétrico necessários para a elaboração de projeto ou estudo pelo acessante, sempre que houver a necessidade e sem qualquer ônus para o interessado no acesso (ANEEL, 2012).

O acesso poderá ser por prazo indeterminado ou por um prazo estipulado com o acesso temporário à rede. Os encargos oriundos de uso do sistema e de conexão, quando aplicáveis, deverão ser de responsabilidade do acessante, devendo esses eventuais custos estarem celebrados nos contratos entre o acessante e acessada para a utilização e a conexão com a rede (ANEEL, 2012).

2.3.1 ETAPAS PARA A VIABILIZAÇÃO DO ACESSO

São quatro etapas a serem observadas: consulta de acesso, informação ao acesso, solicitação de acesso e parecer do acesso. A figura 9 apresenta, por tipo de acessante, as etapas a serem cumpridas nos procedimentos de acesso (ANEEL, 2012).

Nas figuras 10 e 11 são demonstradas as etapas e prazos relacionados aos procedimentos de acesso para vários formatos de acessante.

| ACESSANTE | ETAPAS A CUMPRIR | | | |
|---|--|----------------------|-----------------------|-------------------|
| | CONSULTA DE ACESSO | INFORMAÇÃO DE ACESSO | SOLICITAÇÃO DE ACESSO | PARECER DE ACESSO |
| Consumidor Especial | Opcionais | | Necessárias | |
| Consumidor Livre | Opcionais | | Necessárias | |
| Central Geradora – Registro | Opcionais | | Necessárias | |
| Central Geradora – Autorização | Necessárias | | Necessárias | |
| Central Geradora – Concessão | Procedimento definido no edital de licitação | | | |
| Outra Distribuidora de Energia | Necessárias | | Necessárias | |
| Agente Importador/Exportador de Energia | Necessárias | | Necessárias | |

Figura 8: ETAPAS DOS PROCEDIMENTOS DE ACESSO POR TIPO DE ACESSANTE
FUNTE: MÓDULO 3 – PRODIST, ANEEL 2012.

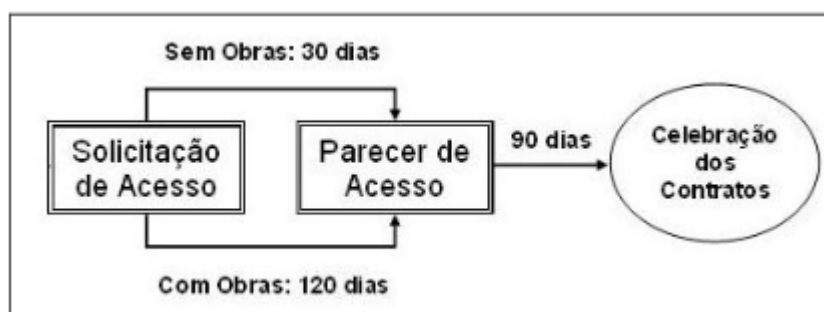


Figura 9: Etapas de acesso obrigatórias para consumidores livres e especiais e centrais geradoras solicitantes de registro
FUNTE: MÓDULO 3 – PRODIST, ANEEL 2012.

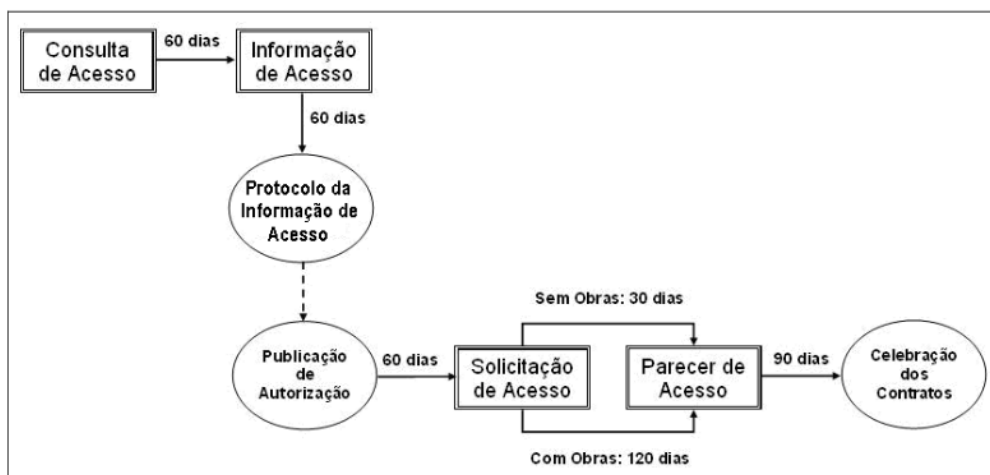


Figura 10: Etapas de acesso obrigatórias para centrais geradoras solicitantes de autorização.
FONTE: MÓDULO 3 – PRODIST , ANEEL 2012.

2.3.2 CONSULTA DE ACESSO

A consulta de acesso deve ser formulada pelo acessante à acessada com o objetivo de obter informações técnicas que subsidiem os estudos pertinentes ao acesso, sendo livre ao acessante a indicação de um ou mais pontos de conexão de interesse (ANEEL, 2012).

A consulta de acesso é obrigatória para os acessantes em processo de obtenção de ato autorizativo junto à ANEEL (ANEEL, 2012).

2.3.3 INFORMAÇÃO DE ACESSO

A informação de acesso é reposta formal e obrigatória da acessada para a consulta de acesso, sem ônus para o acessante, com o intuito de fornecer informações sobre o acesso pretendido, devendo indicar:

- A classificação da atividade do acessante;
- Quando couber, informações sobre a regra de participação financeira;

- Quando a central geradora de energia solicitante de autorização, a definição de acordo com o critério de menor custo global, com a apresentação das alternativas de conexão que foram avaliadas pela acessada, acompanhadas das estimativas dos respectivos custos, conclusões e justificativas;
- As características do sistema de distribuição acessado, do possível ponto de conexão de interesse do acessante e do ponto indicado pela acessada, considerando requisitos técnicos e padrões de desempenho;
- As tarifas de uso aplicáveis;
- As responsabilidades do acessante;
- Os estudos e projetos a serem apresentado pelo acessante à acessada durante a solicitação de acesso;

A informação de acesso deve ser apresentada pela acessada ao acessante, por escrito, no prazo máximo de sessenta dias a partir da data do recebimento da consulta de acesso, devendo ser mantida em cadastro específico por sessenta meses para efeito de fiscalização (ANEEL, 2012).

A informação de acesso é um documento necessário para obtenção do ato autorizativo de central geradora de energia junto à ANEEL. Deve ser protocolada na ANEEL pela central geradora em até sessenta dias após a emissão do documento pela acessada. A central geradora deve informar a acessada que protocolou a documentação junto à ANEEL. Após a data de publicação do ato autorizativo, a acessante até o prazo de sessenta dias para efetuar a solicitação de acesso à distribuidora (ANEEL, 2012).

2.3.4 SOLICITAÇÃO DE ACESSO

A solicitação de acesso é o requerimento preenchido pelo acessante, que por sua vez entregue a acessada deve priorizar o atendimento conforme a ordem cronológica de protocolo (ANEEL, 2012).

A solicitação de acesso deve conter os seguintes itens:

- Contrato de concessão ou ato autorizativo, no caso de acessante central geradora de energia sujeita a concessão ou autorização;
- Projeto das instalações de conexão, incluindo o memorial descritivo, localização, arranjo físico, diagramas e, quando couber, Sistema de medição para Faturamento – SMF.

2.3.5 PARECER DE ACESSO

O parecer de acesso é o documento formal obrigatório formulado pela acessada, sem custos para o acessante, nesse documento serão informadas as condições de acesso, compreendendo a conexão e o uso, e os requisitos técnicos que possibilitam a conexão das instalações do acessante, com os prazos estipulados, devendo indicar quando possível:

- A classificação da atividade do acessante;
- A definição do ponto de conexão de acordo com o critério de menor custo global, acompanhada das estimativas dos respectivos custos, conclusões e justificativas;
- As características dos sistemas de distribuição acessada e do ponto de conexão;
- A relação das obras e serviços necessários no sistema de distribuição acessado, com a informação dos prazos para a sua conclusão, especificando as obras de responsabilidade do acessante;
- A participação financeira;
- As informações gerais relacionadas ao ponto de conexão, como tipo de terreno, faixa de passagem, características mecânicas das instalações, sistemas de proteção, controle e telecomunicações disponíveis;
- Os modelos de contratos a serem celebrados;
- As tarifas de uso aplicáveis;
- As responsabilidades do acessante;

- Eventuais informações sobre equipamentos ou cargas susceptíveis de provocar distúrbios ou danos no sistema de distribuição acessado ou nas instalações de outros acessantes.

A distribuidora acessada tem o prazo de trinta dias após o recebimento da solicitação de acesso, quando não houver necessidade de execução de obras no sistema de distribuição. Quando houver necessidade de execução de obras de reforço ou de ampliação no sistema de distribuição ou necessidade de elaboração de estudo ou informação adicional pelo acessante. Após a emissão do parecer de acesso, os contratos relacionados ao acesso têm um prazo de noventa dias para serem assinados entre as partes. (ANEEL, 2012).

2.4 RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012 E SUAS ALTERAÇÕES VIA RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº687

A Resolução nº482 estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências (Resolução nº 482, 2015 – ANEEL).

Conforme a Resolução nº687, são definidos como microgeração distribuída uma central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada à rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. Também a minigeração distribuída como central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes com base em energia hidráulica ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada à rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras (Resolução nº 482, 2015 – ANEEL).

Considera-se como sistema de compensação de energia elétrica o 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 futuramente 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 (Resolução nº 482, 2012 – ANEEL).

2.4.1 ACESSO AO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

A Resolução nº482 define que as distribuidoras deverão adequar seus sistemas comerciais e elaborar ou revisar normas técnicas para tratar do acesso de microgeração e minigeração distribuída, utilizando como referência os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, as normas técnicas brasileiras e, de forma complementar, as normas internacionais (Resolução nº 482, 2012 – ANEEL).

É dispensada a assinatura de contratos de uso e conexão na condição de central geradora para a microgeração e minigeração distribuída que participe do sistema de compensação de energia elétrica da distribuidora, sendo suficiente a celebração de Acordo Operativo para os minigeradores ou do Relacionamento Operacional para microgeradores (Resolução nº 482, 2012 – ANEEL).

A potência instalada da microgeração e da minigeração distribuída fica limitada à potencia disponibilizada para a unidade consumidora onde a central geradora será conectada, nos termos do inciso LX, art. 2º da Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010 (Resolução nº 687, 2015 – ANEEL).

Conforme o capítulo III da Resolução nº482, o consumidor com o sistema fotovoltaico instalado na unidade consumidora poderá aderir ao sistema de compensação de energia elétrica. Para fins de compensação, a energia ativa injetada no sistema de distribuição pela unidade consumidora, será cedida a título de empréstimos sem custo extras a distribuidora, esse empréstimo terá um prazo de sessenta meses para a unidade consumidora utilizar da rede de distribuição esse crédito em quantidade de energia ativa (Resolução nº 687, 2015 – ANEEL).

Na fatura da unidade consumidora integrante do sistema de compensação de energia elétrica deverá ser cobrado, no mínimo, o valor referenciado ao custo de disponibilidade para o consumidor do grupo B, ou a demanda contratada para o consumidor do grupo A (Resolução nº 482, 2012 – ANEEL).

O consumo de energia elétrica ativa a ser faturado é diferença entre a energia consumida e a injetada, por posto tarifário, quando o consumo de energia elétrica ativa for inferior ao injetada na rede, a distribuidora deverá utilizar o excedente em abatimento durante os meses subsequentes. A energia ativa injetada na rede que não tenha sido compensada na própria unidade consumidora poderá ser utilizada para compensar em outras unidades previamente cadastradas para esse intuito, sendo o titular o mesmo em ambas as unidades consumidoras (Resolução nº 482, 2012 – ANEEL).

2.4.2 MEDIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Os custos referentes à adequação do sistema de medição, necessários para a implantação do sistema de compensação de energia elétrica ficará sob responsabilidade do interessado. Considera-se como custo de adequação a diferença entre o custo dos componentes do sistema de medição requerido para o sistema de compensação de energia elétrica e o custo do medidor convencional utilizado em unidades consumidoras do mesmo nível de tensão. O sistema de medição deve ser registrado no ativo imobilizado em serviço, devendo a parcela de responsabilidade do interessado a ser contabilizado em contrapartida do Subgrupo Obrigações Vinculadas à Concessão do Serviço Público de Energia Elétrica (Resolução nº 482, 2012 – ANEEL).

Após o processo de adequação do sistema de medição, a distribuidora será responsável pela sua operação e manutenção, incluindo os custos de eventual substituição ou adequação. A distribuidora deverá adequar o sistema de medição dentro do prazo para realização da vistoria e ligação das instalações e iniciar o sistema de compensação de energia elétrica assim que for aprovado o ponto de conexão, conforme procedimentos e prazos estabelecidos pelo PRODIST (Resolução nº 482, 2012 – ANEEL).

2.4.3 RESPONSABILIDADES POR DANO AO SISTEMA ELÉTRICO

Caso seja comprovado que houve irregularidade na unidade consumidora, os créditos de energia ativa gerados no respectivo período não poderão ser utilizados no sistema de compensação de energia elétrica (Resolução nº 482, 2012 – ANEEL).

2.4.4 DISPOSIÇÕES GERAIS

É de competência da distribuidora a responsabilidade pela coleta das informações das unidades geradoras junto aos microgeradores e minigeradores distribuídos e envio dos dados constantes nos Anexos das Resoluções Normativas nº 390 e nº 391, ambas de 15 de dezembro de 2009, para a ANEEL (Resolução nº 482, 2012 – ANEEL).

2.5 CRITÉRIOS DE CONEXÃO COM A REDE DE DISTRIBUIÇÃO CONFORME COPEL

A Companhia Paranaense de Energia - COPEL, desenvolveu normas técnicas para o acesso de geração distribuída em sistema elétrico, as quais estabelecem padrões que buscam a padronização e procedimentos técnicos, de acordo com as exigências técnicas e de segurança recomendadas, em conformidade com as prescrições vigentes nos Procedimentos de Distribuição – PRODIST, nas Resoluções Normativas da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL e Normas Técnicas da ABNT (COPEL, 2015).

2.5.1 NORMAS TÉCNICAS COPEL – NTC 905200

A Norma Técnica NTC 905200 tem como objetivo padronizar requisitos para o acesso de centrais geradoras de energia elétrica com potência instalada até 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada que serão conectadas através de unidades consumidoras cadastradas no Sistema de Compensação de Energia Elétrica, instituído pela Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 (NTC 905200 – COPEL, 2014).

Para conectar qualquer gerador em paralelo com o sistema elétrico da Copel é necessário solicitar o acesso e seguir os procedimentos previstos nas normas relacionadas. Conforme regras do sistema de compensação de energia ativa, não existe cobrança de tarifa pela injeção de potência no sistema de distribuição. A energia injetada na rede de distribuição pela unidade geradora classificada como micro ou minigeração não será comprada pela COPEL (NTC 905200 – COPEL, 2014).

2.5.2 PROCEDIMENTOS DE ACESSO

Para centrais geradoras classificadas como micro ou minigeração estão dispensadas de cumprir as etapas de consultas de acesso e informação de acesso, sendo recomendado iniciar diretamente na etapa de Solicitação de Acesso (NTC 905200 – COPEL, 2014).

A Solicitação de acesso é o requerimento preenchido pelo acessante, deve conter os seguintes itens:

- Formulário para solicitação de acesso de micro e minigeração distribuída (Anexo A);
- Indicação do ponto de conexão pretendido, se diferente da atual entrada de serviço da unidade consumidora;
- Projeto das instalações de conexão, incluindo o memorial descritivo, localização, arranjo físico, esquemas, e demais itens relacionados em Requisitos de Projeto desta norma;

- Anotação de Responsabilidade Técnica (ART); e
- Licença Ambiental de Operação, ou dispensa, emitida pelo órgão ambiental competente. A Licença Ambiental não será exigida pela Copel para empreendimentos fotovoltaicos instalados nos telhados.

A vistoria e liberação para operação deverá ocorrer após concluídas as obras necessárias, de modo para que ocorra o acessante deverá solicitar formalmente a vistoria a Copel.

A Copel poderá acompanhar testes e ensaios no sistema, ensaios esses que serão executados por profissionais contratados pelo acessante. Serão analisadas condições de segurança, de operações da unidade geradora, o atendimento dos requisitos mínimos para a qualidade das instalações elétricas e à funcionalidade dos esquemas de proteção, controle, sinalização e sistema de aterramento.

2.5.3 CONTRATOS PARA ACESSO

A assinatura de contratos de uso e conexão são dispensadas para central geradora no formato de microgeração ou minigeração distribuída que integre o sistema de compensação de energia elétrica, sendo suficiente a confecção do termo de Relacionamento Operacional ou Acordo Operativo. Os microgeradores deverão assinar um documento denominado Relacionamento Operacional, que contempla as principais condições referentes ao relacionamento operacional entre a Copel e o acessante. Os minigeradores por sua vez deverão assinar um documento denominado Acordo Operacional, o qual tem a intenção de formalizar os procedimentos operativos entre a Copel e o acessante. A padronização de nomenclaturas e terminologia usada na operação e dos procedimentos que envolvem a interligação entre dois sistemas visa suprir as necessidades de natureza técnica, de segurança e de confiabilidade da operação (NTC 905200 – COPEL, 2014).

O Relacionamento Operacional ou o Acordo Operacional deverá ser devolvido à Copel, com a assinatura do titular da unidade consumidora com o prazo de noventa dias após a emissão do Parecer de Acesso, ou no ato da solicitação da vistoria pelo acessante. Havendo descumprimento desse prazo, pelo acessante, não será liberada

a central de geração para operar e incorrerá em perda da garantia do ponto de conexão e às condições de conexão estabelecidas no Parecer de acesso (NTC 905200 – COPEL, 2014).

2.6 REQUISITOS TÉCNICOS

2.6.1 CONEXÃO AO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

Nos sistemas que se conectam à rede através de inversores, as proteções necessárias podem estar inseridas nos referidos equipamentos, sendo a redundância de proteções desnecessária para microgeradores (NTC 905200 – COPEL, 2014).

O inversor utilizado na instalação será analisado no momento da vistoria, devendo ter as características informadas na etapa de Solicitação de Acesso, sob pena de recusa do equipamento substituto. Após a regularização, o acessante deverá solicitar nova vistoria para a conexão da central geradora. O prazo para a vistoria é de sete dias (NTC 905200 – COPEL, 2014).

A distribuidora determina que em modo algum poderá a central de geração operar ilhada alimentando cargas na região de distribuição, devem ser tomadas medidas técnicas para restringir essa possibilidade. Contudo, o gerador poderá operar de forma isolada, desde que esteja alimentando cargas de sua unidade consumidora. Se esta operação isolada for realizada com inversor, os equipamentos e projetos devem ser próprios para essa finalidade. A conexão deverá ser operada em corrente alternada com frequência de sessenta Hz (NTC 905200 – COPEL, 2014).

Nas tabelas 1 e 2 a seguir pode-se observar a necessidade de implantação de equipamentos de controle e proteção em cada modalidade de geração e tensão gerada que é injetada na rede de distribuição.

| TABELA 5.2 - PROTEÇÕES MÍNIMAS PARA CONEXÃO DE GERADORES CONECTADOS ATRAVÉS DE INVERSOR NO SISTEMA 13,8kV | | | | | | | |
|---|---|---|---|---------------|---------------|---------------|--------|
| CLASSIFICAÇÃO DA GERAÇÃO | | | MICROGERAÇÃO | MINIGERAÇÃO | | | |
| TIPO DE GERADOR | | | MONOFÁSICO, BIFÁSICO ou TRIFÁSICO (nota 1) | TRIFÁSICO | | | |
| FAIXA DE POTÊNCIA DA USINA (SOMA DA POTÊNCIA DOS GERADORES) | | | até 100 kW (nota 4) | 101kW a 300kW | 301kW a 500kW | 501kW a 1.0MW | |
| ELEMENTO DE SECCIONAMENTO MANUAL - VISÍVEL | | CHAVE SECCIONADORA | | SIM | SIM | SIM | |
| REQUISITOS NA USINA | | | | | | | |
| EQUIPAMENTOS | OBJETIVO | ESPECIFICAÇÃO | | | | | |
| TRAFO ABAIXADOR (EXCLUSIVO) | ISOLAR FLUTUAÇÃO | D / Yat. | | SIM | SIM | | |
| | | Yat.(RO-X0) / Yat. | | | | SIM | |
| DISJUNTOR NA BT | | | SIM | SIM | | | |
| RELIGADOR NA MT | | | | | SIM | SIM | |
| ELEMENTO DE INTERRUPÇÃO (E I) DISJUNTOR/ RELIGADOR COM RELÉS NO PONTO DE CONEXÃO | DESCONECTAR O GERADOR DO SISTEMA COPEL EM CASOS DE FALTAS E DISTÚRBIOS NA REDE | 50/51 - 50/51N - 50BF | | SIM | SIM | SIM | |
| | | 81U/O - 27 - 59 | | SIM | SIM | SIM | |
| | | Anti Ilhamento - 78 / 81 (dif/dif) | | SIM | SIM | SIM | |
| | | 25 | | SIM | SIM | SIM | |
| | | 45(12) + 37 | | | | | SIM |
| | | 67- 67N - 47 - 48 - 51V | | | | | SIM |
| | | 59N e TP6 (pl' trafco D/Yat.) | | SIM | SIM | SIM | |
| | NÃO PERMITIR O FECHAMENTO EM CASO DE TENSÃO DO LADO DO ACESSANTE DE GERAÇÃO | CHECK DE SINCRONISMO: LIVE LINE / DEAD BUS - 27 e TP6 BARRA | | | | Nota 2 | Nota 2 |
| DISPONIBILIZAR PARA O COO COPEL COMANDOS E SUPERVISÃO DO RELIGADOR DO PONTO DE CONEXÃO | SISTEMA DE COMANDO DO RELIGADOR DO PONTO DE CONEXÃO - SISTEMA, E MEIO DE COMUNICAÇÃO (fibra óptica, rádio ou GPRS) | | | | SIM | SIM | |
| INVERSOR (nota 3) | PROTEÇÃO E CONTROLE | 27/59;81 U/O;25;Anti ilhamento | SIM | SIM | SIM | SIM | |

NOTAS:

- Geradores monofásicos ou bifásicos < 10 kW
- Facultativo, porém recomendado pela COPEL
- O inversor deve possuir no mínimo as seguintes funções de proteção: 27/59;81 U/O;25; sistema de Anti ilhamento (NBR IEC 62116).
- Para a faixa de 76 a 100kW cujos consumidores sejam atendidos em MT, não necessitarão alterar sua entrada para BT. Para os consumidores na faixa de 76 a 100 kW que preferirem ser atendidos em BT, a COPEL irá analisar caso a caso.

Tabela 1: Proteções mínimas para conexão de geradores conectados através de inversor no sistema 13,8 kV
Fonte: NTC 905200.

| TABELA 5.4 - PROTEÇÕES MÍNIMAS PARA CONEXÃO DE GERADORES CONECTADOS ATRAVÉS DE INVERSOR NO SISTEMA 34,5kV | | | | | | | |
|---|--|---|--|---------------|---------------|---------------|-----|
| CLASSIFICAÇÃO DA GERAÇÃO | | | MICROGERAÇÃO | MINIGERAÇÃO | | | |
| TIPO DE GERADOR | | | MONOFÁSICO, BIFÁSICO ou TRIFÁSICO (nota 1) | TRIFÁSICO | TRIFÁSICO | | |
| FAIXA DE POTÊNCIA DA USINA (SOMA DA POTÊNCIA DOS GERADORES) | | | até 100 kW (nota 4) | 101kW a 300kW | 301kW a 500kW | 501kW a 1.0MW | |
| ELEMENTO DE DESCONEXÃO MANUAL - VISÍVEL | | CHAVE SECCIONADORA | | SIM | SIM | SIM | |
| REQUISITOS NA USINA | | | | | | | |
| EQUIPAMENTOS | OBJETIVO | ESPECIFICAÇÃO | | | | | |
| TRAFO ABAIXADOR (EXCLUSIVO) | ISOLAR FLUTUAÇÃO | Yat. / Yat. | SIM | SIM | SIM | SIM | |
| TRAFO DE ACOPLAMENTO NO GERADOR | ATENDER ACESSANTES DE 75 A 100 kW | RELAÇÃO 1:1 - D/ Yat. | | SIM | SIM | SIM | |
| DISJUNTOR NA BT | | | SIM | SIM | | | |
| RELIGADOR NA MT | | | | | SIM | SIM | |
| ELEMENTO DE INTERRUÇÃO (E) DISJUNTOR/ RELIGADOR COM RELÉS NO PONTO DE CONEXÃO | DESCONECTAR O GERADOR DO SISTEMA COPEL EM CASOS DE FALTAS E DISTÚRBIOS NA REDE | 50/51 - 50/51N - 50BF | | SIM | SIM | SIM | |
| | | 81U/O - 27 - 59 | | SIM | SIM | SIM | |
| | | Anti ilhamento - 78 / 81 (df/dt) | | SIM | SIM | SIM | |
| | | 25 | | SIM | SIM | SIM | |
| | | 45(12) + 37 | | | | | SIM |
| | | 67- 67N - 47 - 46 - 51V | | | | | SIM |
| | NÃO PERMITIR O FECHAMENTO EM CASO DE TENSÃO DO LADO DO ACESSANTE DE GERAÇÃO | CHECK DE SINCRONISMO: LIVE LINE / DEAD BUS - 27 e TRs BARRA | | | Nota 2 | Nota 2 | |
| | DISPONIBILIZAR PARA O COD COPEL COMANDOS E SUPERVISÃO DO RELIGADOR DO PONTO DE CONEXÃO | SISTEMA DE COMANDO DO RELIGADOR DO PONTO DE CONEXÃO - SISTEMA E MEIO DE COMUNICAÇÃO (fibra óptica, rádio ou GPRS) | | | SIM | SIM | |
| INVERSOR (nota 3) | PROTEÇÃO E CONTROLE | 27/59;81 U/O;25;Anti ilhamento | SIM | SIM | SIM | SIM | |

NOTAS:
1) Geradores monofásicos ou bifásicos < 10 kW
2) Facultativo, porém recomendado pela COPEL
3) O inversor deve possuir no mínimo as seguintes funções de proteção: 27/59;81 U/O;25; sistema de Anti ilhamento (NBR IEC 62116).
4) Para a faixa de 76 a 100kW cujos consumidores sejam atendidos em MT, não necessitarão alterar sua entrada para BT. Para os consumidores na faixa de 76 a 100 kW que preferirem ser atendidos em BT, a COPEL irá analisar caso a caso.

Tabela 2: Proteções mínimas para conexão de geradores conectados através de inversor no sistema 34,5 kV.
Fonte: NTC 905200.

O acessante deverá prever o controle de reativos dos geradores síncronos. Os sistemas com geradores assíncronos e os conversores CC/CA deverão ter fator de potência mínimo de 0,92 no ponto de conexão (NTC 905200 – COPEL, 2014).

2.6.2 DEFINIÇÃO DOS TIPOS DE CONEXÃO

i. Acessantes de Geração até 100 kW

A conexão poderá ser diretamente em BT;

ii. Acessantes de Geração de 101 kW até 300 kW

A conexão deverá ser trifásica por meio de relés de proteção secundários e transformador exclusivo do acessante. Para esta faixa de potência é admitido o uso de proteção na BT;

iii. Acessantes de Geração de 301 kW até 500 kW

A conexão deverá ser trifásica por meio de disjuntor, relés de proteção secundários e transformador exclusivo do acessante na própria unidade consumidora. Os equipamentos de proteção e operação devem ser automatizados, disponibilizando a supervisão e comandos no COD;

iv. Acessantes de Geração de 501 kW até 1000 kW

A conexão deverá ser trifásica por meio de disjuntor, relés de proteção secundários e transformador exclusivo do acessante na própria unidade consumidora. Os equipamentos de proteção e operação devem ser automatizados, disponibilizando a supervisão e comandos no COD.

2.6.3 REQUISITOS DE CONEXÃO

A) O acessante deve estar ciente de que, nas situações a seguir, o sistema de proteção de suas instalações deverá atuar, retirando de operação a geração própria:

- Abertura manual do circuito alimentador na subestação da Copel;
- Abertura do circuito alimentador na subestação da Copel por defeitos monofásicos, bifásicos e trifásicos, envolvendo ou não a terra;
- Falta de fase nas instalações do acessante ou na rede elétrica da Copel;
- Religamentos automáticos provenientes de equipamentos com dispositivos de recompensação automática do sistema da Copel;

- B) O acessante não pode reduzir a flexibilidade de recomposição do sistema elétrico de distribuição, seja em função de limitações de equipamentos ou por tempo de recomposição;
- C) A entrada de serviço da instalação do acessante deve ser compatível com a máxima corrente gerada ou consumida;
- D) As instalações do acessante de geração deverão dispor de equipamentos adequados para a supervisão das condições de sincronismo de forma a possibilitar o paralelismo entre a central geradora e a Copel. Para minigeração, qualquer equipamento através do qual inadvertidamente poderá ser feito o paralelismo, deve ser dotado de intertravamento eletromecânico (não será permitido intertravamento por lógica programada) que impeça esta manobra;
- E) Os geradores poderão ser assíncronos para potências máximas de até 300 kW (a somatória das potências das máquinas não pode ultrapassar 300 kW), mediante consulta prévia à Copel. Acima deste valor os geradores deverão ser síncronos;
- F) O fator de potência nominal dos geradores será definido pela Copel através de estudos específicos, respeitando-se o limite de 0,92 capacitivo a 0,92 indutivo considerando os seguintes critérios:
- Os geradores síncronos a serem conectados no sistema deverão possuir controle de excitação para proporcionar o controle do fator de potência no ponto de conexão;
 - Os geradores assíncronos deverão prover bancos de capacitores automáticos para compensação e adequação do fator de potência dentro da faixa acima descrita. Estes bancos devem ser dimensionados para suprir no máximo 75% da potência reativa máxima do gerador de indução para evitar a possibilidade de ilhamento destes;
- G) Após análise, a Copel fornecerá parâmetros visando a integração do gerador ao sistema elétrico, mas em hipótese alguma assumirá a responsabilidade civil e penal por acidentes provocados pelas instalações do acessante;
- H) A operação em paralelo com a Copel não deverá provocar, no ponto de conexão, potência de curto-circuito simétrico superior a:

- 250 MVA para 13,8 kV;
 - 500 MVA para 34,5 kV;
 - 2500 MVA para 69 kV;
 - 5000 MVA para 138 kV;
- I) A proteção anti-ilhamento deve desconectar o gerador da rede, sem qualquer retardo intencional, em caso de falta de tensão oriunda da rede de distribuição. No caso de inversores, as proteções devem obedecer a norma NBR IEC 62116. O gerador não poderá injetar energia na rede se esta não estiver com sua tensão adequada em todas as fases. O circuito de sincronismo do gerador só deve permitir nova sincronização num tempo maior ou igual a 2 minutos do retorno da energia;

2.6.4 REQUISITOS GERAIS DE PROTEÇÃO

Os sistemas de proteção da rede foram projetados para um sistema radial, assim terá uma fonte apenas de contribuição de curto-circuito, fundamentado que os equipamentos de proteção, religadores, fusíveis e chaves repetidoras são dimensionados e ajustados para atender aos requisitos de suportabilidade, sensibilidade, seletividade, rapidez e confiabilidade operativa, de forma a não deteriorar o desempenho do sistema durante condições de regime e de distúrbios no mesmo. Desse modo, em caso de curto-circuito, a região atingida deverá ser a menor possível (NTC 905200 – COPEL, 2014).

Os equipamentos do sistema de proteção precisam ser adequados para operar em paralelismo permanente. Os sinais de corrente e tensão provenientes dos TCs e TPs de proteção deverão passar por chaves de aferição dotadas de tampa transparente com possibilidade de lacre pela Copel. Tais chaves deverão ser instaladas no interior da caixa que contenha todos os relés de proteção. As caixas de derivação dos TCs e TPs externos também deverão possuir dispositivo que permita o lacre pela Copel (NTC 905200 – COPEL, 2014).

2.6.5 EQUIPAMENTOS E FUNÇÕES DE PROTEÇÃO

O sistema de proteção deverá conter inversor reconhecido pela Copel; Sistema de comunicação para supervisão e/ou operação de estações da central geradora; Baterias e Carregadores de Baterias com tensão 24 Vcc para serem uma fonte de energia auxiliar no sistema de disparo e religamento dos disjuntores; Funções de proteção no ponto de conexão com Relés e sistema *Check de sincronismo* (NTC 905200 – COPEL, 2014).

2.6.6 REQUISITOS DE QUALIDADE

A Copel preserva o direito de realizar medições no ponto de conexão vislumbrando quantificar os impactos da operação das instalações do acessante sobre os parâmetros de qualidade de energia reportados pelo PRODIST. Caso a conexão do acessante viole quaisquer indicadores de regulamentos, o mesmo será responsabilizado pelas medidas cabíveis que se fizerem necessárias (NTC 905200 – COPEL, 2014).

A medição de qualidade de energia poderá ser realizada juntamente com o medidor de faturamento ou em equipamento independente. O medidor deverá atender, no mínimo, os seguintes requisitos:

- Método de medição conforme a IEC81000-4-30 classe B;
- Monitoramento de conformidade da norma EN50160;
- Análise de harmônicos conforme IEC61000-4-7.

2.6.7 REQUISITOS GERAIS DE PROJETO

- Acessante que pretende utilizar geração própria estará condicionado à apresentação de projeto elétrico, sendo vedada a hipótese de energização das

instalações sem análise de conformidade e a devida liberação do projeto pela Copel, como também o cumprimento de todas as condições contratuais;

- A aceitação do projeto pela distribuidora não exime o projetista de sua responsabilidade técnica, nem das obrigações legais correspondentes;
- As especificações e os critérios técnicos, adicionais às condições de acesso contidas no Parecer de Acesso, serão disponibilizados mediante solicitação à Copel pelo responsável técnico do projeto. A implementação do projeto e eventuais alterações e adaptações nas instalações somente deverão ocorrer após aceitação do projeto. Em qualquer situação deverá ser apresentada a ART respectiva;
- Os profissionais envolvidos desde a etapa de projeto e posteriormente na construção, montagem, operação, manutenção das instalações elétricas ou quaisquer trabalhos realizados sob a consulta e apoio desta norma deverão seguir as prescrições das normas regulamentadoras (NR) do Ministério do Trabalho, principalmente a NR10, e outras leis e normas aplicáveis, que fixam as condições mínimas exigíveis para garantir a segurança das pessoas, trabalhadores e terceiros, nas atividades em instalações elétricas.

2.7 POTENCIAL FOTOVOLTAICO DO ESTADO DO PARANÁ

O Estado do Paraná está localizado no sul do Brasil, ocupa uma área de 199.880 km². O seu clima apresenta grandes diferenças dependendo da região, tropical úmido ao norte a temperado úmido ao sul. A economia do estado é a quinta maior do país, atualmente a economia paranaense representa 5,60% do PIB nacional. O desenvolvimento econômico do Paraná nos últimos quatro anos foi superior ao da brasileira, o Banco Central mostra que entre 2012 e 2014 cresceu 2,94% ao ano (IPARDES, 2015).

Diante desse grande crescimento econômico do estado a necessidade da expansão da matriz elétrica fica evidenciada. Embora o estado apresenta um grande potencial hidráulico, a estimativa é que em torno de 70% desse potencial tenha sido explorado, o que impossibilita a expansão nesse setor e gera a necessidade de

investimentos em outras fontes de geração de energia elétrica, o que deixa em destaque fontes renováveis como eólica e solar (TIEPOLO, et al., 2014c).

Para atender as necessidades econômicas do estado, e diante do cenário em que não se é mais possível expandir a geração no estado via hidrelétricas, fica evidente a necessidade de novos estudos para implantação de fontes alternativas de energia elétrica além do incentivo de políticas públicas para a exploração desses recursos.

Antes de implantar um SFVCR é necessário realizar o estudo do potencial fotovoltaico da região, desse modo será analisado o potencial do Estado do Paraná. Para realizar este estudo o Mapa Fotovoltaico do estado do Paraná será tomado como base.

De acordo Tiepolo 2015, o potencial do Paraná é muito superior ao da Alemanha, a qual é um dos países que mais investe em energia solar, na figura 12 mostra o mapa fotovoltaico do estado do Paraná - Global Anual, ele foi elaborado com uma sequência de cores mostrando de forma clara o comportamento de cada região, apresentando valores diários de energia elétrica gerada estimada para um sistema de 1kWp.

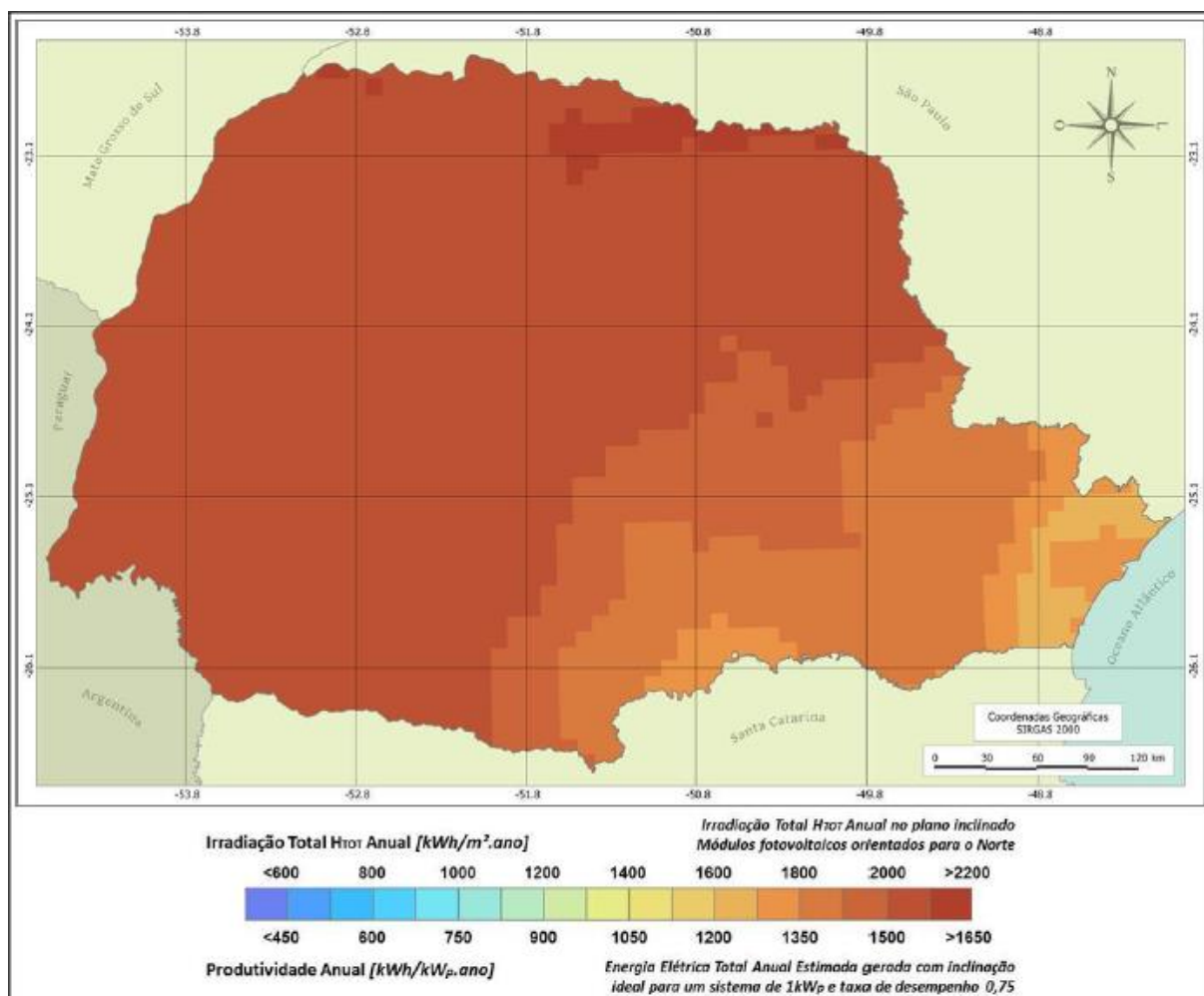


Figura 11: Mapa Fotovoltaico do Estado do Paraná - Total Anual no plano inclinado. FONTE: TIEPOLO, 2015.

Com as informações fornecidas pelo mapa é possível estimar os valores gerados de energia elétrica para qualquer sistema fotovoltaico que será implantado, em qualquer região do Estado do Paraná (TIEPOLO, 2015). Em locais onde a inclinação do sistema não acompanha a latitude local, ou onde ocorre sombreamento parcial do SFVCR, ou ainda a orientação do sistema não acompanha o norte verdadeiro os valores de produtividade deverão ser menores do que os apresentados no mapa (TIEPOLO, 2015).

Também pode ser realizada a análise do potencial do estado, analisando o mapa sazonal do estado do Paraná na figura 13.

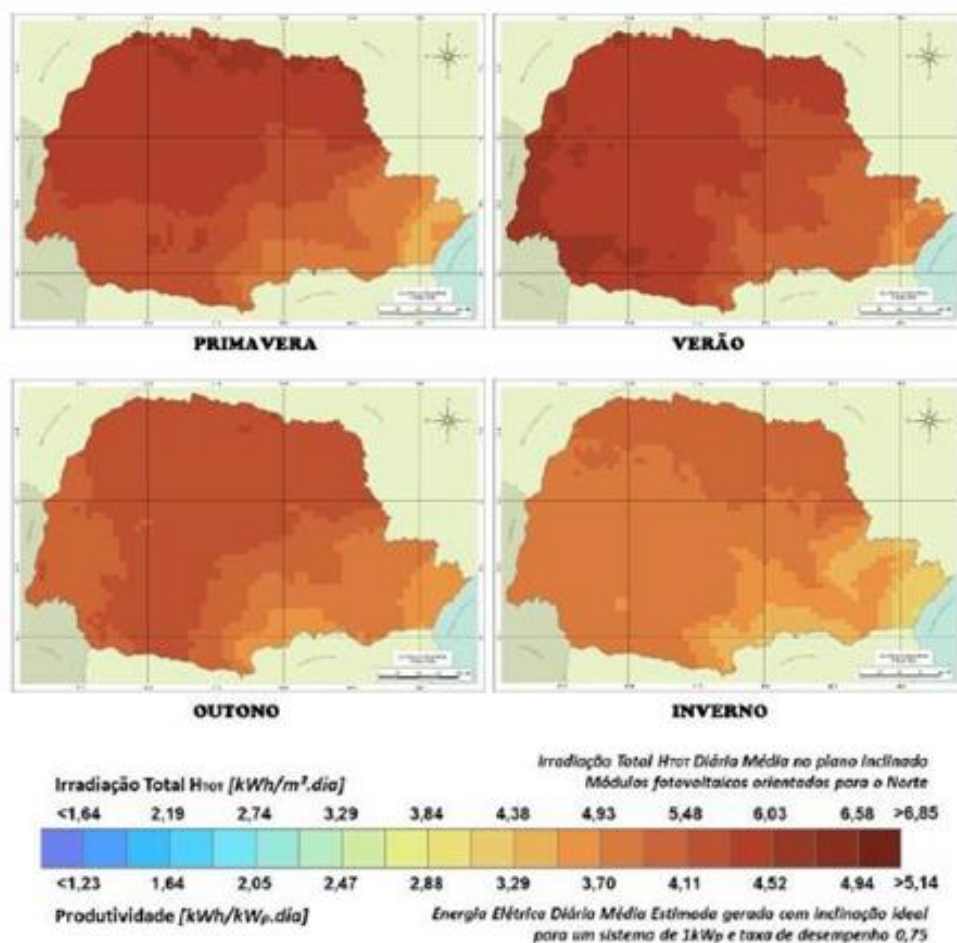


Figura 12: Mapas sazonais do estado do Paraná no plano inclinado.
FONTE: TIEPOLO, 2015.

Atualmente entre os dez países com maior capacidade de geração de energia elétrica via sistema fotovoltaico estão Alemanha com 38 GW, Itália com 18,5 GW e a Espanha com 5,4 GW (REN21, 2015). Ao comparar-se a Produtividade Estimada Total Anual Média entre o estado do Paraná com a Alemanha constata-se que o Paraná é superior a 58,75%. Em relação à Itália e Espanha o Paraná é superior a 13,48% e 1,97% respectivamente. Através desses dados conclui-se que no estado Paraná com um pouco menos da metade de um sistema fotovoltaico instalado na Alemanha gerará aproximadamente a mesma quantidade de energia elétrica (TIEPOLO, 2015).

No estado do Paraná, mesmo no inverno onde estão situados os menores índices de irradiação são apresentados valores de radiação solar muito acima quando comparado à Alemanha, o que prova o alto potencial do estado em geração de energia elétrica via placas fotovoltaicas (TIEPOLO, 2015).

Na Figura 14 pode-se perceber a irradiação superior do estado Paraná em relação à Europa

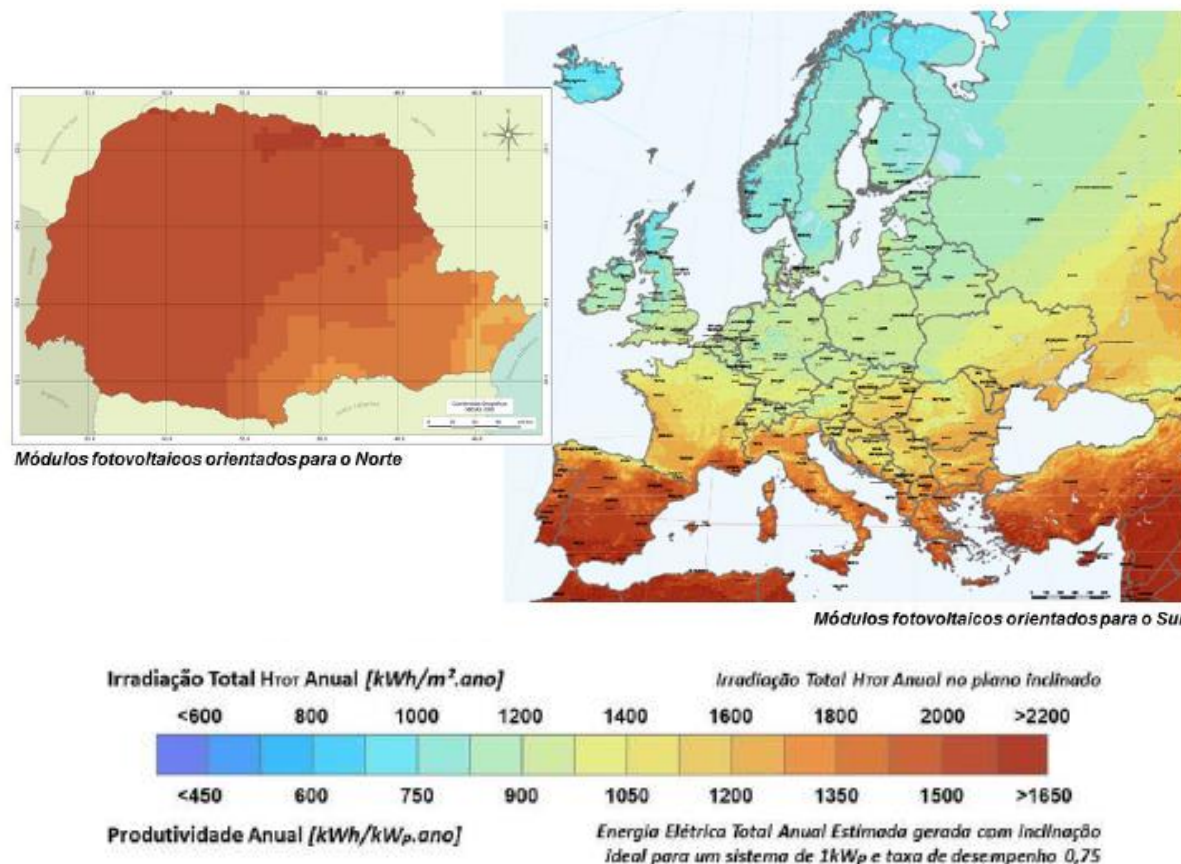


Figura 13: Comparação entre o Mapa Fotovoltaico do Paraná – Total Anual e Mapa Fotovoltaico da Europa.
 FONTE: TIEPOLO, (2015.)

2.8 POTENCIAL FOTOVOLTAICO DA CIDADE DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS

De acordo com o que foi descrito no item anterior o estado do Paraná apresenta um alto potencial fotovoltaico, com isso conclui-se que o município de São José dos Pinhais, situado ao Leste do Estado do Paraná (Portal da Prefeitura, 2015), também possui um alto potencial. A figura 15 a seguir ilustra a posição geográfica da cidade de São José dos Pinhais.



**Figura 14: Mapa do estado do Paraná, com destaque à São José dos Pinhais.
FONTE: Secretaria Municipal de Urbanismo de São José dos Pinhais.**

Dada a localização do município basta apenas ser determinado de quanto é este potencial. Conforme Tiepolo (2015), a cidade de São José dos Pinhais apresenta uma Irradiação Total Anual média em 1.771 kWh/m².ano e produtividade Total Anual média de 1.328 kWh/kWp.ano para SFVCR com inclinação igual a latitude, orientação norte e taxa de desempenho (TD) 75%.

3 ANÁLISE DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DO SFVCR

3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL A SER IMPLANTADO

O SFVCR será instalado na cidade de São José dos Pinhais, na rua Veríssimo Marques, 699, no centro da cidade, situado a latitude de -25,53 graus decimais e longitude de -49,20 graus decimais. Na figura 16 tem-se a visão aérea do local.

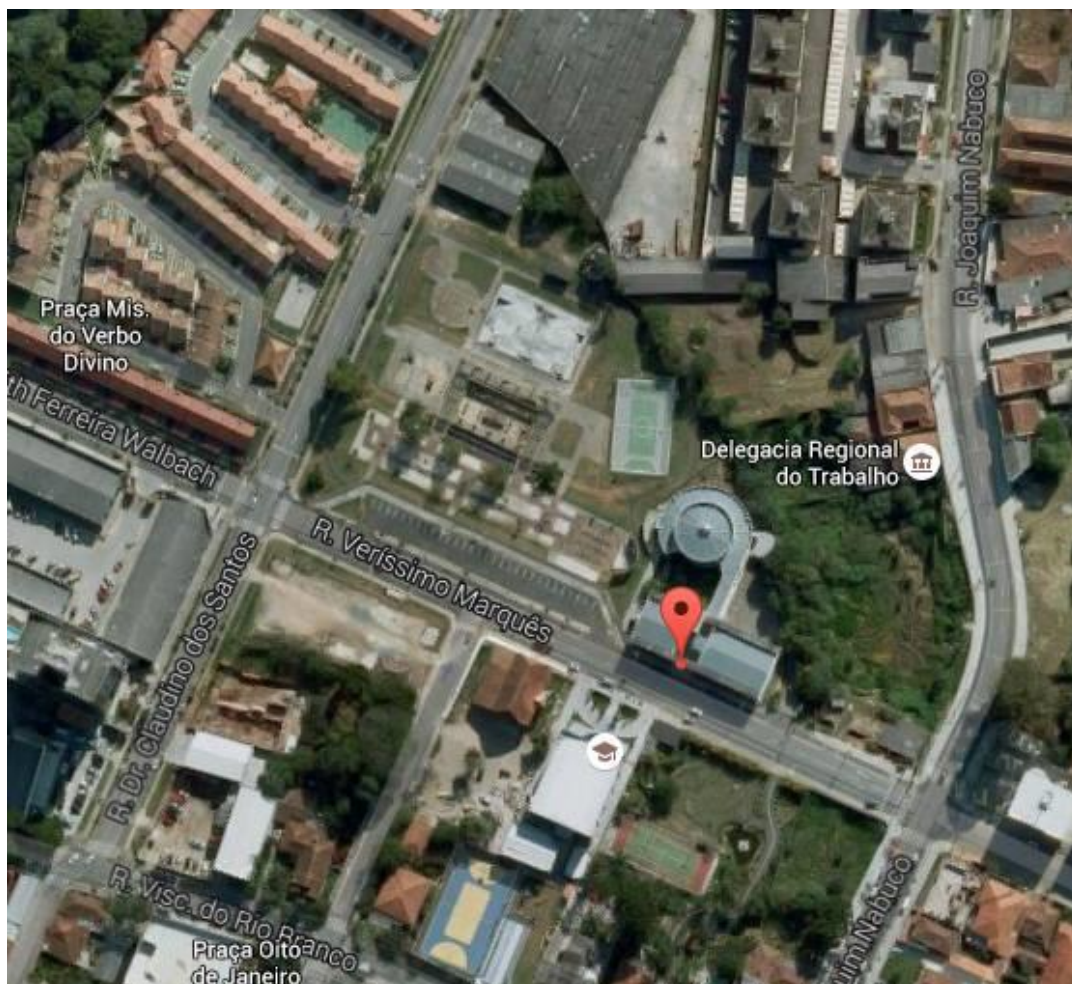


Figura 15: Visão aérea do prédio da Câmara Municipal de São José dos Pinhais
Fonte: Google Maps, 2016.

3.1.1 INCLINAÇÃO DO TELHADO E ORIENTAÇÃO

Através de medidas realizadas em campo foi determinada a inclinação do telhado que foi de 7,5° com orientação nordeste.

3.1.2 MÉDIA DE CONSUMO NO ANO

Na tabela 3 é apresentado o cálculo de média de consumo no ano:

| MESES: | CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA [kWh]: |
|----------------------|---|
| JANEIRO | 12.687 |
| FEVEREIRO | 13.168 |
| MARÇO | 14.096 |
| ABRIL | 14.941 |
| MAIO | 13.586 |
| JUNHO | 16.180 |
| JULHO | 14.406 |
| AGOSTO | 15.126 |
| SETEMBRO | 16.200 |
| OUTUBRO | 14.704 |
| NOVEMBRO | 15.667 |
| DEZEMBRO | 15.024 |
| Média Consumo Mensal | 14.648 |

Tabela 3: Média de consumo mensal.

Fonte: Autores.

3.2 ELABORAÇÃO DO CÁLCULO PARA DETERMINAR A POTÊNCIA A SER INSTALADA

Para o caso deste trabalho o consumidor é trifásico do grupo A, subgrupo A4 com tarifa diferenciada para Poder Público Municipal. Conforme a Resolução nº687 deve ser cobrado, no mínimo, a Demanda contratada da distribuidora local para o Sistema Fotovoltaico ser conectado a rede. Portanto o sistema deve ser projetado para gerar energia elétrica conforme a equação (1):

$$\text{Energia a ser gerada} = \text{Energia média mês} \quad (1)$$

$$\text{Energia a ser gerada} = 14.648,75 \text{ kWh/mês} \quad (1)$$

4 ELABORAÇÃO DO PROJETO PRELIMINAR DO SFVCR

Nesta etapa será realizado o projeto para condições ideais conforme o mapa fotovoltaico do Estado do Paraná e condições reais para que sejam comparado ao final desse trabalho.

4.1 PROJETO CONSIDERANDO CONDIÇÕES IDEAIS ATRAVÉS DO MAPA FOTOVOLTAICO DO ESTADO DO PARANÁ

De acordo com Tiepolo (2015), os valores de energia elétrica gerada para cada 1 kWp instalados nas condições ideais de geração e para uma TD de 75%, para o município de São José dos Pinhais, é em média 1.328 kWh/ano o que corresponde a 111 kWh/mês (valor médio correspondente para todo o município).

Para se obter a potência estimada, conforme descrito em Tiepolo (2015), do SFVCR, é feita uma regra de três simples:

| | | |
|----------|---|-------------------|
| 1 kWp | - | 111 kWh/mês |
| P_{FV} | - | 14.648,75 kWh/mês |

Realizando este cálculo, obteve-se que esse SFVCR deverá ter uma potência aproximada de 132 kWp para que seja gerado em média 14.648,75 kWh/mês. De acordo com (URBANETZ *et al.*, 2014), considerando a tecnologia silício policristalino para cada 1 kWp necessita de 7 m² de área disponível para a instalação. Portanto segundo esse cálculo seria necessária uma área de:

| | | |
|---------|---|------------------|
| 1 kWp | - | 7 m ² |
| 132 kWp | - | Área |

$$\text{Área} = 924 \text{ m}^2$$

Portanto para gerar em média 14.648,75 kWh/mês é necessário uma área disponível de 924 m², considerando o SFVCR sendo implantado nas condições ideais de geração, ou seja: orientação do painel para o Norte Geográfico, e inclinação igual a latitude do local. Neste caso em específico, seria considerado a instalação do SFVCR no solo.

4.1.1 COTAÇÃO DO PROJETO CONSIDERANDO EM CONDIÇÕES IDEAIS ATRAVÉS DO MAPA FOTOVOLTAICO DO ESTADO DO PARANÁ

Para este trabalho foi tentado realizar cotação com três empresas que atuam nesta área. Entretanto, as empresas passaram cotações fechadas, com o preço final, sem a discriminação dos componentes. Para este trabalho em específico, o requisito colocado foi o de que a cotação utilizada deveria ser aberta com a discriminação de cada produto, sendo que apenas uma empresa atendeu a este requisito, com a seguinte especificação realizada pela empresa A:

- 508 Módulos de 260 Wp;
- 03 Inversores solar;
- Estruturas metálicas de fixação;
- Proteções elétricas;
- Cabos e conexões;
- Instalação;
- Projetos e ART;
- Regularização com a concessionária.

Com as seguintes especificações de módulos e inversores:

MÓDULOS FOTOVOLTAICOS:

- Modelo: Canadian CSP-260P P-SI;

- Potência nominal: 260 Wp;
- Tensão de operação: 30,4 V;
- Corrente de Operação: 8,56 A;
- Corrente de Curto Circuito: 9,12 A;
- Temperatura de operação: -40° a +85°;
- Tipo de célula: Policristalino;
- Eficiência: 16,16%;
- Dimensões: 1638 x 982 x 40 mm ;
- Peso: 18 kg.

INVERSOR:

- Marca/Modelo: ABB PRO 33.0-TL-OUTD-SX-400;
- Potência Aparente nominal: 33,0 kVA;
- Corrente de entrada máxima CC: 58 A;
- Corrente de curto-circuito de entrada máxima: 80 A;
- Corrente de saída máxima CA: 50,3 A;
- Eficiência: 98,3 %;
- Dimensões: 740x520x300 mm;
- Peso: 66,0 kg.

O valor cotado para realizar a instalação nessas condições é de 1+5x de R\$ 132.600,25. Ou 5% de desconto para o pagamento à vista, para uma potência de 132 kWp. Entretanto a demanda contratada é de 70 kW, e conforme regulamentação 687/2015 para consumidores do grupo A a potência do SFVCR é limitada pela demanda contratada, e não pela energia consumida média mensal. Embora a simulação tenha sido feita em função da energia necessária para atender a este consumidor, na prática está limitada a demanda contratada.

4.2 PROJETO CONSIDERANDO CONDIÇÕES REAIS

Para dimensionar o projeto nas condições reais foi utilizado o software RADIASOL, desenvolvido pela UFRGS, com base no método aplicado em Tiepolo (2015).

Os primeiros dados necessários para realizar esta simulação são a latitude e longitude em graus decimais, que foram informadas no item 3.1. Também são necessários os dados da base global anual inclinado, para isso é necessário filtrar as coordenadas geográficas para encontrar os pontos mais próximo ao local. Os pontos mais próximos encontrados na base global anual foram:

Ponto A: Longitude: -49,47; Latitude: -25,52

Ponto B: Longitude: -49,37; Latitude: -25,52

Ponto C: Longitude: -49,27; Latitude: -25,52

Ponto D: Longitude: -49,17; Latitude: -25,51

Inserindo esses pontos no Google Earth foi possível encontrar qual destes é o ponto mais próximo, que foi o ponto D, conforme indicado na figura 17.

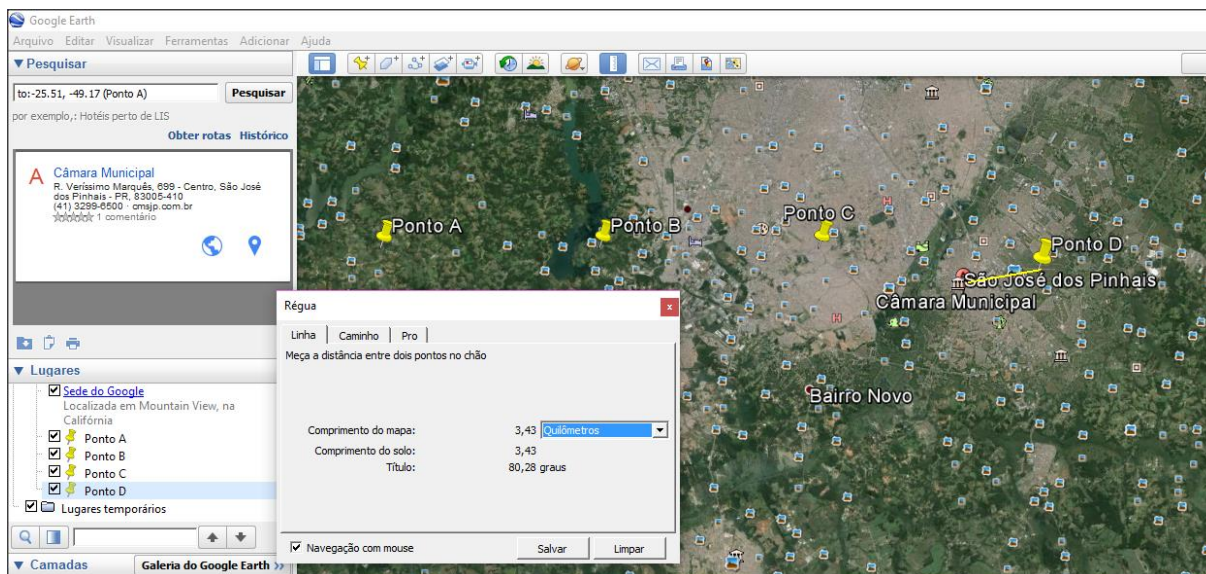


Figura 16: Imagem do Google Earth com a inserção dos pontos mais próximos ao local pesquisado.

Fonte: Google Earth, 2016.

Com o ponto mais próximo encontrado na base de dados, de longitude -49,17 e latitude -25,51, que se distância aproximadamente 3,43 km do local pesquisado, desse modo serão considerados os valores de irradiação deste ponto como sendo da localidade desejada (distância entre os pixels no mapa de 10km-resolução 10 km x 10 km). Os valores encontrados na base de dados são ilustrados na figura 18.

A próxima etapa é a inserção desses dados da figura 18 no RADIASOL e clicar em gravar conforme figura 19.

GLOBAL_10KM_BR_Original_XLS2007 - Microsoft Excel

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q |
|-------|---------|----------|---------|----------|-------|-------|------|-------|-------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|---------|-------|
| 1 | LONGITU | LATITUDE | JANEIRO | FEVEREIR | MARCO | ABRIL | MAIO | JUNHO | JULHO | AGOSTO | SETEMBR | OUTUBR | NOVEMB | DEZEMB | ANUAL | PRIMAVE | VERAO |
| 82929 | -49,47 | -25,52 | 5,74 | 5,52 | 5,02 | 4,13 | 3,34 | 3,05 | 3,25 | 4,18 | 4,35 | 5,13 | 6,11 | 5,94 | 4,65 | 5,20 | 5,73 |
| 82930 | -49,37 | -25,52 | 5,71 | 5,47 | 5,00 | 4,16 | 3,28 | 3,03 | 3,26 | 4,17 | 4,32 | 5,08 | 6,06 | 5,93 | 4,62 | 5,15 | 5,70 |
| 82931 | -49,27 | -25,52 | 5,66 | 5,38 | 4,99 | 4,15 | 3,31 | 3,04 | 3,26 | 4,19 | 4,29 | 5,03 | 6,01 | 5,91 | 4,60 | 5,11 | 5,65 |
| 82932 | -49,17 | -25,51 | 5,70 | 5,42 | 4,98 | 4,11 | 3,27 | 3,06 | 3,26 | 4,17 | 4,27 | 4,94 | 6,08 | 5,87 | 4,59 | 5,09 | 5,66 |
| 87225 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 87226 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 87227 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 87228 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 87229 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 87230 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 87231 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 87232 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 87233 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 87234 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 87235 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 87236 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 87237 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 87238 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 87239 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 87240 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 87241 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 87242 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 87243 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 87244 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 17: Imagem da tela do Excel –identificação da linha com as coordenadas mais próximas do local pesquisado com os respectivos valores de irradiação Global Horizontal.
Fonte: Base de dados do Atlas Brasileiro de Energia Solar (2006)

Banco de Dados

País: Estação:

Latitude: N/S: Longitude: E/W:

| JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 5,70 | 5,42 | 4,98 | 4,11 | 3,27 | 3,06 | 3,26 | 4,17 | 4,27 | 4,94 | 6,08 | 5,87 |

Figura 18: Inserção de dados no Radiasol.
Fonte: Software Radiasol

Com os valores inseridos no Radiasol, o valor de irradiação anual global encontrado foi 4,747 kWh/m² conforme a figura 20. Entretanto na planilha da base de dados Global o valor encontrado foi 4,59 kWh/m².

| Tabela de Radiação Inclinada | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Imprimir Sair | | | | | | | | | | | | | |
| | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | |
| 4:30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5:30 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 28 | 5 |
| 6:30 | 141 | 109 | 68 | 21 | 0 | 0 | 0 | 5 | 43 | 87 | 141 | 151 | 64 |
| 7:30 | 283 | 253 | 211 | 149 | 97 | 79 | 141 | 139 | 170 | 222 | 296 | 295 | 195 |
| 8:30 | 432 | 408 | 368 | 294 | 225 | 205 | 348 | 293 | 312 | 369 | 460 | 446 | 347 |
| 9:30 | 570 | 551 | 516 | 434 | 350 | 330 | 553 | 444 | 447 | 506 | 612 | 584 | 491 |
| 10:30 | 675 | 662 | 632 | 545 | 450 | 430 | 717 | 563 | 553 | 613 | 728 | 690 | 605 |
| 11:30 | 733 | 723 | 695 | 605 | 506 | 486 | 808 | 629 | 611 | 671 | 792 | 748 | 667 |
| 12:30 | 733 | 723 | 695 | 605 | 506 | 486 | 808 | 629 | 611 | 671 | 792 | 748 | 667 |
| 13:30 | 675 | 662 | 632 | 545 | 450 | 430 | 717 | 563 | 553 | 613 | 728 | 690 | 605 |
| 14:30 | 570 | 551 | 516 | 434 | 350 | 330 | 553 | 444 | 447 | 506 | 612 | 584 | 491 |
| 15:30 | 432 | 408 | 368 | 294 | 225 | 205 | 348 | 293 | 312 | 369 | 460 | 446 | 347 |
| 16:30 | 283 | 253 | 211 | 149 | 97 | 79 | 141 | 139 | 170 | 222 | 296 | 295 | 195 |
| 17:30 | 141 | 109 | 68 | 21 | 0 | 0 | 0 | 5 | 43 | 87 | 141 | 151 | 64 |
| 18:30 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 28 | 5 |
| 19:30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20:30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 5710 | 5412 | 4980 | 4096 | 3256 | 3060 | 5134 | 4146 | 4272 | 4936 | 6080 | 5884 | 4747 |

Figura 19: Tabela de Radiação sem a correção do desvio azimutal
Fonte: Software Radiasol.

Após esta etapa realizada será feita a correção considerando a inclinação de 8° e desvio azimutal de 25° em relação ao leste conforme a figura 21.

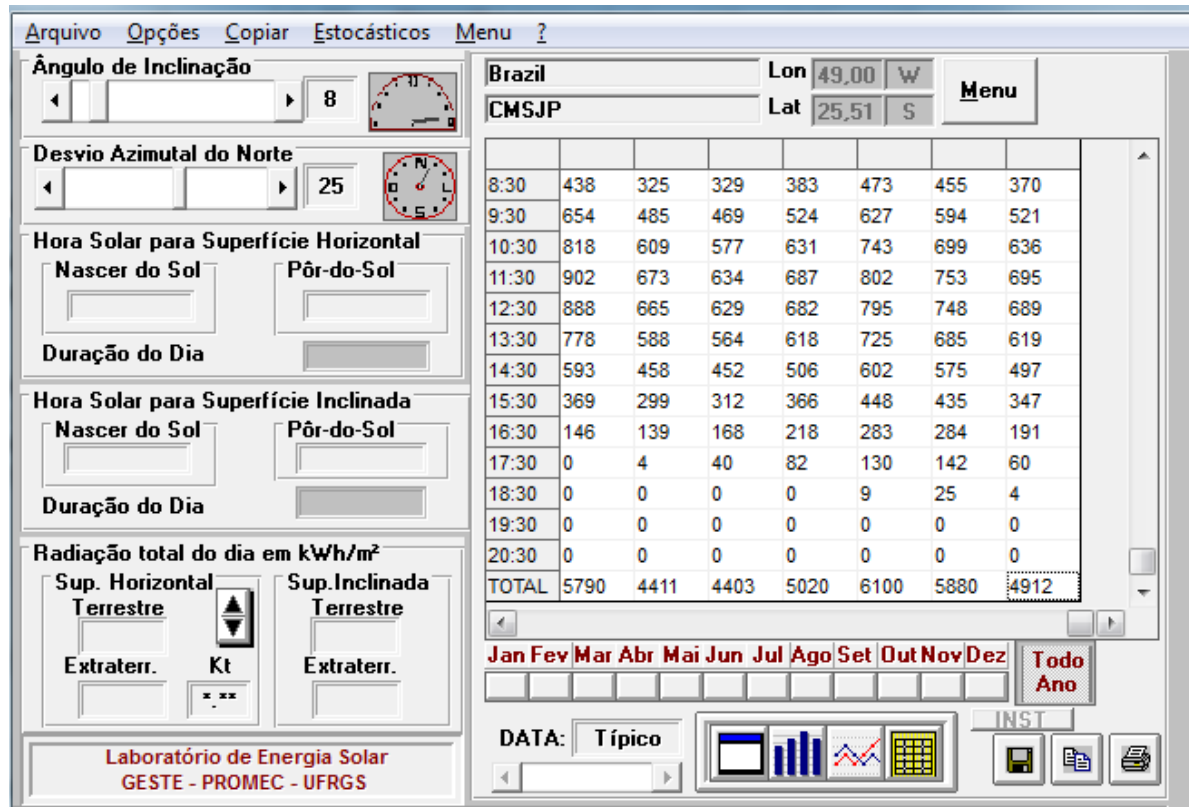


Figura 20: Dados de radiação com a correção da inclinação e desvio azimutal
Fonte: Software Radiasol.

Com a correção da inclinação e inserção do desvio azimutal foi encontrado o valor da média diária anual de 4,912 kWh/m².

Com o valor de irradiação encontrado conforme figura 21, pode ser calculado a potência instalada do sistema fotovoltaico com a equação (2) que está descrita em (TIEPOLO *et al.*, 2013).

$$Pot. Sist. (Painel) = \frac{Energia Elet. \times G_{stc}}{Irradiação Diária méd. \times TD} \quad (2).$$

Para calcular o valor da energia elétrica média diária anual deve-se usar a equação (3).

$$Energia Elet. = \frac{Média mensal \times 12}{365} \quad (3).$$

Sendo a média mensal igual a 14.648,75 kWh conforme tabela 3, o valor correspondente média diária é de 481,602 kWh/dia.

Considerando:

- Taxa de desempenho (TD): 75%;
- G_{stc}: 1 kW/m²;
- Irradiação diária média: 4,912 kWh/m²;
- Energia Elet.: 481,602 kWh/dia.

Foi encontrado:

$$Pot. Sist. (Painel) = 130,72 kWp$$

Conforme realizado no item 4.1, foi efetuado o cálculo da área ocupada pelo SFVCR a ser instalado. De acordo com (URBANETZ *et al.*, 2014), cada 1 kWp equivale a 7 m² de área. Portanto segundo esse cálculo seria necessária uma área de:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ kWp} \quad - \quad 7 \text{ m}^2 \\ 130,72 \text{ kWp} \quad - \quad \text{Área} \end{array}$$

$$\text{Área} = 915,04 \text{ m}^2$$

Conforme imagens no Anexo B, a área que a Câmara Municipal de São José dos Pinhais pode disponibilizar para a instalação do SFVCR é de 465,7 m². Considerando uma distância entre o painel fotovoltaico e a borda externa da cobertura de aproximadamente 1 metro, em todos os lados do telhado para acesso e

manutenção ao sistema, a área final a ser utilizada é de aproximadamente 400m². Deverão então ser refeitos os cálculos considerando essa área para encontrar a quantidade real de energia elétrica que o sistema poderá gerar conforme abaixo:

| | | |
|-----------------------------------|---|--------------------|
| 1 kWp | - | 7 m ² |
| Pot. Real do sistema a ser gerada | - | 400 m ² |

Com isso poderá ser gerado de fato pelo sistema 57,14 kWp, o que representa 43,71% em relação potência ideal para suprir a energia média consumida.

Importante neste ponto é a análise da potência do SFVCR em relação a demanda contratada. Conforme descrito anteriormente, a potência do sistema está limitada a demanda, o que neste caso se enquadra neste critério, visto que o sistema a ser instalado é de 57,14 kWp, inferior aos 70kW de demanda contratada.

Para esta potência, a energia média a ser gerada é de 6.402,97 kWh/mês.

4.2.1 COTAÇÃO DO PROJETO EM CONDIÇÕES REAIS

A empresa A cotou para o projeto em condições reais com a potência instalada do SFVCR de 57,14 kWp os seguintes equipamentos:

- 220 Módulos de 260 Wp;
- 02 Inversores solar;
- Estruturas metálicas de fixação;
- Proteções elétricas;
- Cabos e conexões;
- Instalação;
- Projetos e ART;
- Regularização com a concessionária.

Com as seguintes especificações de módulos e inversores:

MÓDULOS FOTOVOLTAICOS:

- Modelo: Canadian CSP-260P P-SI;
- Potência nominal: 260 Wp;
- Tensão de operação: 30,4 V;
- Corrente de Operação: 8,56 A;
- Corrente de Curto Circuito: 9,12 A;
- Temperatura de operação: -40° a +85°;
- Tipo de célula: Policristalino;
- Eficiência: 16,16%;
- Dimensões: 1638 x 982 x 40 mm ;
- Peso: 18 kg.

INVERSOR:

- Marca/Modelo: ABB PRO 27.6 -TL-OUTD;
- Potência Aparente nominal: 27,6 kVA;
- Corrente de entrada máxima CC: 20 A;
- Corrente de curto-circuito de entrada: 40 A;
- Corrente de saída máxima CA: 45 A;
- Eficiência: 98,2 %;
- Dimensões: 702x292x1.061 mm;
- Peso: 72,0 kg.

O valor cotado para realizar a instalação nessas condições é de 1+5x de R\$ 60.906,66; Ou 5% de desconto para o pagamento à vista.

4.3 ANÁLISE DA VIABILIDADE DO PROJETO EM CONDIÇÕES IDEIAS CONFORME MAPA FOTOVOLTAICO DO ESTADO PARANÁ E O PROJETO EM CONDIÇÕES REAIS

4.3.1 PROJEÇÃO NO AUMENTO DA TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA EM FUNÇÃO DO TEMPO DE USO DO SFVCR

Para a elaboração desse trabalho considerou-se o tempo de uso de vinte e cinco anos do SFVCR, com a tarifa atual aplicada pela Companhia Paranaense de Energia, Copel, para um consumidor grupo A, subgrupo A4 Convencional com tarifa diferenciada para Poder Público Municipal, de R\$/kWh 0,55867 (com impostos: ICMS e PIS/COFINS). Foi considerado um reajuste conservador de aumento de 8,5% ao ano, seguindo o que foi descrito em Toyama (2014). E ainda segundo descrito em Toyama (2014), esse aumento é devido à infraestrutura energética que necessita de mais investimentos que não estão acompanhando o crescimento da demanda pela energia. A tabela 4 demonstra os referidos valores.

| | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| ANO | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 |
| TARIFA (R\$/kWh) | 0,55867 | 0,60616 | 0,65768 | 0,71358 | 0,77424 | 0,84005 | 0,91145 | 0,98893 | 1,07298 | 1,16419 | 1,26314 | 1,37051 | 1,48700 |
| ANO | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 | 2039 | 2040 | 2041 |
| TARIFA (R\$/kWh) | 1,61340 | 1,75054 | 1,89933 | 2,06078 | 2,23594 | 2,42600 | 2,63221 | 2,85595 | 3,09870 | 3,36209 | 3,64787 | 3,95794 | 4,29436 |

Tabela 4: Previsão de aumento da tarifa ao longo dos vinte e cinco anos.
Fonte: Os autores.

4.3.2 CUSTO DE MANUTENÇÃO AO LONGO DO TEMPO DE UTILIZAÇÃO DO SFVCR

De acordo com o que é descrito no Portal Solar, a manutenção do sistema de energia solar é mínima e de baixo custo, no entanto não deve ser esquecida. A manutenção é muito simples e pode ser feita pelo próprio usuário. Consiste em limpar os módulos solares a cada ano, ou quando o sistema apresentar queda na produção de energia.

Outra etapa da manutenção que se encontra descrita no Portal solar é a substituição do inversor solar, a vida útil do inversor solar é aproximadamente doze anos e meio, metade da vida útil dos módulos fotovoltaicos.

Com isso conclui-se que a manutenção de um sistema de energia solar tem um custo baixo e de acordo com (EPE 2012, p.30) não representa mais do que 1% por ano do custo total do sistema.

Considerando os custos de implantação do SFVCR já mencionados anteriormente, o custo de manutenção durante a vida útil do sistema fotovoltaico ideal conforme o mapa fotovoltaico do Estado do Paraná implantado será de aproximadamente R\$ 198.900,38 para a potência instalada de 132 kWp,

Para o sistema fotovoltaico em condições reais com potência instalada de 57,14 kWp o custo da manutenção será R\$ 91.359,98.

4.3.3 ANÁLISE DO TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO

Considerando o custo do SFVCR durante vinte e cinco anos, ou seja, somando os valores do custo de investimento inicial, custo de reposição dos inversores durante a vida útil do SFVCR, custo de operação e manutenção do sistema, os custos totais ao sistema serão conforme as tabela 5 e tabela 6.

| | |
|----------------------------|-------------------------|
| Custo Manutenção Vida útil | R\$ 198.900,38 |
| Troca de Inversores | R\$ 90.000,00 |
| Custo de Implantação | R\$ 795.601,52 |
| Custo Total | R\$ 1.084.501,90 |

Tabela 5: Custo total ao longo de 25 anos para a potência instalada de 132 kWp.
Fonte: Autores.

| | |
|----------------------------|-----------------------|
| Custo Manutenção Vida útil | R\$ 91.359,98 |
| Troca de Inversores | R\$ 60.000,00 |
| Custo de Implantação | R\$ 365.439,93 |
| Custo Total | R\$ 516.799,91 |

Tabela 6: Custo total ao longo de 25 anos para a potência instalada de 57,14 kWp.
Fonte: Autores.

Para calcular a economia que o sistema gerou ao ser instalado, calcula-se o custo evitado, ou seja, a soma das faturas de energia elétrica que se deixarão de pagar ao longo dos anos por ter o SFVCR instalado, considerando a perda de eficiência do módulo fotovoltaico de 0,65% ao ano. Os custos da tarifa se baseiam na tarifa aplicada pela Copel e previsão de reajuste de tarifa apresentado na tabela 4. Conforme cálculos elaborados, os quais podem ser vistos detalhadamente nas tabelas 7 e 8.

| Ano | Geração de energia elétrica média (considerando perda de eficiência) kWh/mês. | Custo Tarifa com reajuste anual de 8,5% | Economia Anual |
|----------------|---|---|------------------|
| 2016 | 14.648,75 | R\$ 0,55867 | R\$ 98.205,81 |
| 2017 | 14.553,53 | R\$ 0,60616 | R\$ 105.860,70 |
| 2018 | 14.458,94 | R\$ 0,65768 | R\$ 114.112,28 |
| 2019 | 14.364,95 | R\$ 0,71358 | R\$ 123.007,05 |
| 2020 | 14.271,58 | R\$ 0,77424 | R\$ 132.595,14 |
| 2021 | 14.178,81 | R\$ 0,84005 | R\$ 142.930,60 |
| 2022 | 14.086,65 | R\$ 0,91145 | R\$ 154.071,68 |
| 2023 | 13.995,09 | R\$ 0,98893 | R\$ 166.081,18 |
| 2024 | 13.904,12 | R\$ 1,07298 | R\$ 179.026,80 |
| 2025 | 13.813,74 | R\$ 1,16419 | R\$ 192.981,49 |
| 2026 | 13.723,95 | R\$ 1,26314 | R\$ 208.023,91 |
| 2027 | 13.634,75 | R\$ 1,37051 | R\$ 224.238,86 |
| 2028 | 13.546,12 | R\$ 1,48700 | R\$ 241.717,71 |
| 2029 | 13.458,07 | R\$ 1,61340 | R\$ 260.559,01 |
| 2030 | 13.370,60 | R\$ 1,75054 | R\$ 280.868,93 |
| 2031 | 13.283,69 | R\$ 1,89933 | R\$ 302.761,96 |
| 2032 | 13.197,34 | R\$ 2,06078 | R\$ 326.361,50 |
| 2033 | 13.111,56 | R\$ 2,23594 | R\$ 351.800,56 |
| 2034 | 13.026,34 | R\$ 2,42600 | R\$ 379.222,54 |
| 2035 | 12.941,66 | R\$ 2,63221 | R\$ 408.781,98 |
| 2036 | 12.857,54 | R\$ 2,85595 | R\$ 440.645,52 |
| 2037 | 12.773,97 | R\$ 3,09870 | R\$ 474.992,73 |
| 2038 | 12.690,94 | R\$ 3,36209 | R\$ 512.017,23 |
| 2039 | 12.608,45 | R\$ 3,64787 | R\$ 551.927,69 |
| 2040 | 12.526,49 | R\$ 3,95794 | R\$ 594.949,08 |
| 2041 | 12.445,07 | R\$ 4,29436 | R\$ 641.323,87 |
| Economia Total | | | R\$ 7.609.065,81 |

Tabela 7: Economia Anual estimada através do SFVCR para a potência instalada de 132 kWp.
Fonte: Os autores.

| Ano | Geração de energia elétrica média (considerando perda de eficiência) kWh/mês. | Custo Tarifa com reajuste anual de 8,5% | Economia Anual |
|----------------|---|---|------------------|
| 2016 | 6.402,97 | R\$ 0,55867 | R\$ 42.925,76 |
| 2017 | 6.361,35 | R\$ 0,60616 | R\$ 46.271,71 |
| 2018 | 6.320,00 | R\$ 0,65768 | R\$ 49.878,48 |
| 2019 | 6.278,92 | R\$ 0,71358 | R\$ 53.766,38 |
| 2020 | 6.238,11 | R\$ 0,77424 | R\$ 57.957,34 |
| 2021 | 6.197,56 | R\$ 0,84005 | R\$ 62.474,96 |
| 2022 | 6.157,28 | R\$ 0,91145 | R\$ 67.344,73 |
| 2023 | 6.117,25 | R\$ 0,98893 | R\$ 72.594,09 |
| 2024 | 6.077,49 | R\$ 1,07298 | R\$ 78.252,61 |
| 2025 | 6.037,99 | R\$ 1,16419 | R\$ 84.352,21 |
| 2026 | 5.998,74 | R\$ 1,26314 | R\$ 90.927,25 |
| 2027 | 5.959,75 | R\$ 1,37051 | R\$ 98.014,80 |
| 2028 | 5.921,01 | R\$ 1,48700 | R\$ 105.654,81 |
| 2029 | 5.882,52 | R\$ 1,61340 | R\$ 113.890,34 |
| 2030 | 5.844,29 | R\$ 1,75054 | R\$ 122.767,81 |
| 2031 | 5.806,30 | R\$ 1,89933 | R\$ 132.337,25 |
| 2032 | 5.768,56 | R\$ 2,06078 | R\$ 142.652,61 |
| 2033 | 5.731,06 | R\$ 2,23594 | R\$ 153.772,03 |
| 2034 | 5.693,81 | R\$ 2,42600 | R\$ 165.758,17 |
| 2035 | 5.656,80 | R\$ 2,63221 | R\$ 178.678,61 |
| 2036 | 5.620,03 | R\$ 2,85595 | R\$ 192.606,16 |
| 2037 | 5.583,50 | R\$ 3,09870 | R\$ 207.619,32 |
| 2038 | 5.547,21 | R\$ 3,36209 | R\$ 223.802,73 |
| 2039 | 5.511,15 | R\$ 3,64787 | R\$ 241.247,59 |
| 2040 | 5.475,33 | R\$ 3,95794 | R\$ 260.052,24 |
| 2041 | 5.439,74 | R\$ 4,29436 | R\$ 280.322,66 |
| Economia Total | | | R\$ 3.325.922,66 |

Tabela 8: Economia Anual estimada através do SFVCR para a potência instalada de 57,14 kWp.
Fonte: Os autores.

Para efeito de cálculo do retorno de investimento, deve-se considerar o investimento total da implantação do SFVCR já mencionado anteriormente e a economia em anos gerada pelo sistema fotovoltaico instalado. Com essas informações é possível estimar em anos o tempo de retorno do investimento.

Para o investimento de instalação do SFVCR com a potência de 132 kWp, o tempo de retorno é estimado em aproximadamente sete anos. Entretanto o tempo de

retorno do investimento para a potência instalada de 57,14 kWp é aproximadamente de oito anos.

4.3.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS DE ECONOMIA TOTAL E ECONOMIA EFETIVA

A economia total gerada pelo SFVCR com potência de 132 kWp é estimada em R\$ 7.609.065,81, deduzindo o custo total da implantação do SFVCR da economia total já demonstrado anteriormente encontra-se a economia efetiva do sistema fotovoltaico implantado, a qual é estimada em R\$ 6.524.563,91.

Para o SFVCR com potência de 57,14 kWp em condições reais a economia total é estimada em R\$ 3.325.922,66, deduzindo o custo total da implantação do SFVCR da economia total encontra-se a economia efetiva do sistema fotovoltaico implantado, estimada em R\$ 2.809.122,75.

4.3.5 COMPARAÇÃO ENTRE RENDIMENTO DO DINHEIRO INVESTIDO NA POUPANÇA AO LONGO DOS VINTE E CINCO ANOS E O INVESTIMENTO TOTAL EM SFVCR

Para efeito de análise de vantagens entre o rendimento da poupança e a lucratividade da instalação do SFVCR, considerando ambos os investimentos como sendo investimentos conservadores de baixo risco, foi simulado um investimento inicial de R\$ 516.799,91, valor semelhante ao investimento total para a instalação do SFVCR projeto para as condições reais proporcionada pela localização e estrutura de instalação da Câmara Municipal de São José dos Pinhais, valor esse aplicado em poupança com uma taxa de correção de 0,65% ao mês, ao final dos trezentos meses de aplicação, ou seja, após vinte e cinco anos o montante final será em torno de R\$ 3.586.265,35. Conforme pode ser visto a evolução do investimento pelo gráfico na figura 22. O montante acumulado durante os vinte e cinco anos de aplicação na poupança estaria próximo a economia total acumulada durante a vida útil do SFVCR.

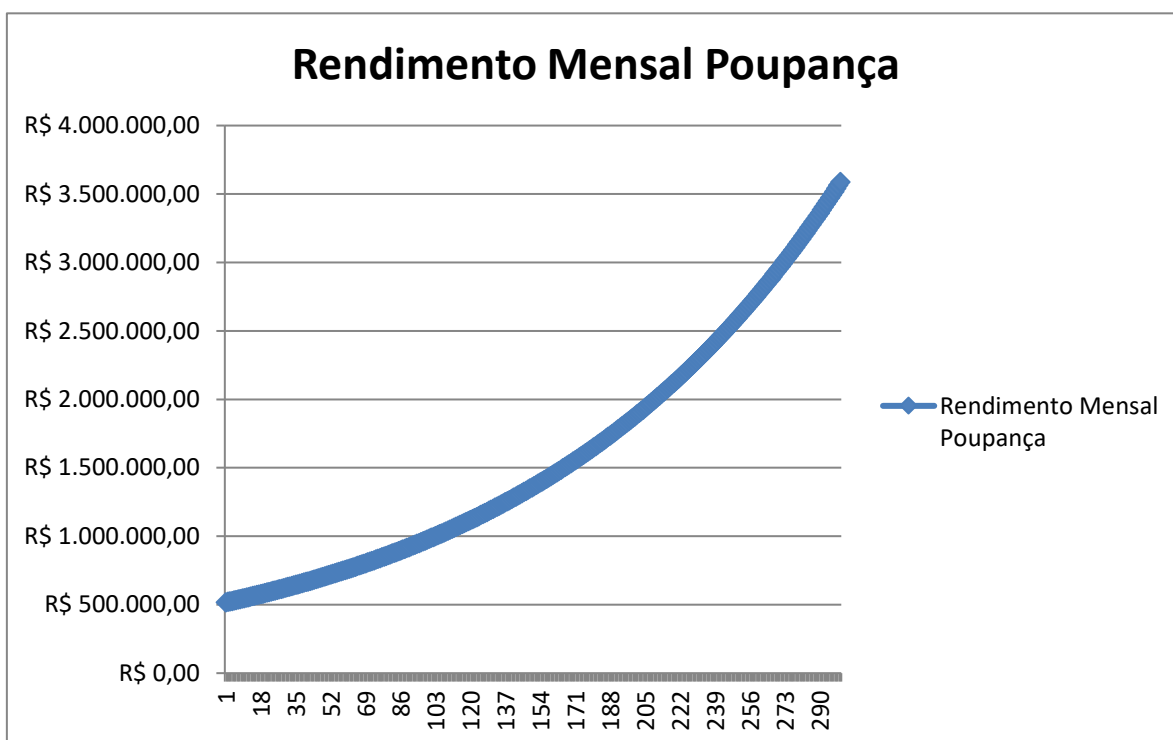


Figura 21: Rendimento Mensal da Poupança Durante trezentos meses.
Fonte: Autores.

Desse modo foi simulado a opção do investidor ao invés de investir no SFVCR, investir na poupança e mensalmente resgatar da aplicação o valor para efetuar a quitação da fatura de energia elétrica fornecida pela concessionária regional, a COPEL. Como pode ser visto pelo gráfico na figura 23, a partir do 151.º mês o montante investido deixaria de existir, ou seja, a partir de doze anos e meio o dinheiro investido na poupança já não seria mais suficiente para quitar mensalmente as faturas de energia elétrica fornecida pela COPEL. Ressalta-se que o sistema fotovoltaico é dimensionado para fornecer energia elétrica até o 300.º mês de operação. Assim a soma do custo de energia elétrica para o investidor após extinguir o dinheiro aplicado na poupança estaria estimada em R\$ 2.301.617,18 até o 300.º mês referenciado a vida útil do SFVCR.

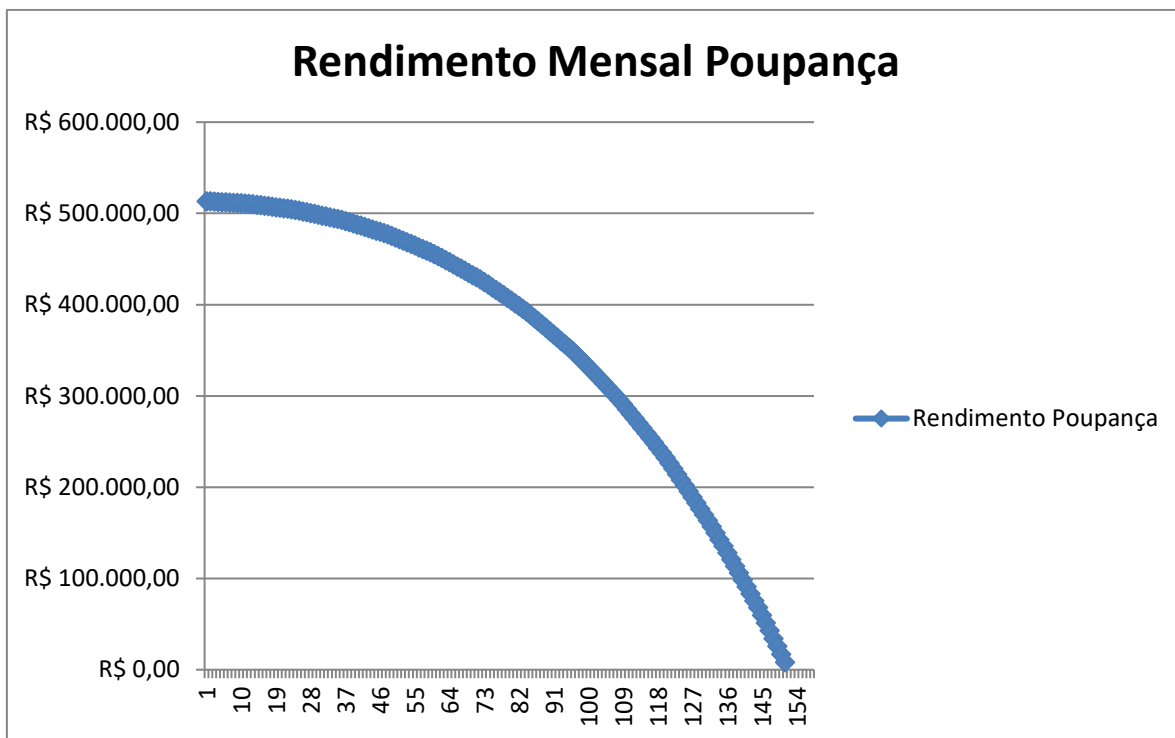


Figura 22: Rendimento Mensal da Poupança com Resgate do Valor da Fatura Mensal de Energia Elétrica.
Fonte: Autores.

Com essas demonstrações, é visível a oportunidade de investir com consciência, pensando não somente no retorno financeiro como também na sustentabilidade e políticas públicas para a disseminação do sistema fotovoltaico conectado a rede para a sociedade.

5 CONCLUSÃO

Utilizando a metodologia proposta e baseando-se na revisão bibliográfica, foi possível atingir o objetivo geral e os específicos deste trabalho conforme planejado.

Com base na revisão bibliográfica foi possível notar que a geração de energia elétrica por meio de fontes renováveis como a energia fotovoltaica é de fato viável, do contrário países desenvolvidos como a Alemanha não teriam aderido a esta fonte de energia renovável, além de outras mais, e investimento substancialmente neste setor.

No Brasil, a principal fonte de geração de energia elétrica é por meio das hidrelétricas, porém com as secas e maior escassez do recurso hídrico no país torna-se necessário a geração de energia elétrica através de outras fontes para suprir o consumo energético nacional. O aumento do uso das usinas térmicas, aumento do dólar e com o auxílio de outros fatores externos a conta de energia elétrica encareceu ainda mais no país. Fazendo com que se tornasse mais interessante o investimento em fontes alternativas de energia elétrica, como a solar, que é o foco deste trabalho.

No estado do Paraná o potencial hidráulico é em torno de 24,12 GW, porém explorar todo esse potencial é inviável social e economicamente, conforme descrito no referencial bibliográfico deste trabalho, porém a economia do Estado continua a crescer e para que continue a se desenvolver um dos requisitos principais é que se tenha energia elétrica disponível. Dessa maneira surge à necessidade de explorar novas fontes de energia renováveis.

O Paraná apresenta também condições favoráveis para a implantação de SFVCR, como foi visto pelo atlas fotovoltaico do Estado do Paraná, potencial esse que deve ser melhor aproveitado pela sociedade para colaborar com o desenvolvimento sustentável do Estado. Entretanto, ao se implantar um SFVCR em uma edificação já existente, cabe aos responsáveis técnicos calcular e identificar se é possível e viável tecnicamente e financeiramente a aplicação dessa tecnologia. O local desejado para implantação do sistema precisa ser analisado levando em consideração todas as características presentes e futuras na área de instalação e em torno da mesma e as expectativas do investidor. Todavia os procedimentos metodológicos foram aplicados para o balizamento desse estudo de SFVCR.

O projeto considerando as condições ideais através do mapa fotovoltaico do Estado do Paraná foi realizado baseando-se o consumo médio mensal de 14.648,75

kWh. Para isso foi necessário projetar o sistema fotovoltaico com uma potência instalada de 132 kWp, utilizando uma área de 924 m². De acordo com o cálculo realizado para realizar análise de retorno deste investimento em SFVCR, o retorno viria em sete anos, gerando uma economia bruta de R\$ 7.609.065,81 ao longo de vinte e cinco anos. Deduzindo os valores de custo com manutenção, troca de inversores e do custo de implantação do sistema esta economia passaria a ser de R\$ 6.524.563,91 ao longo de vinte e cinco anos.

Para o projeto considerando as condições reais, desvio azimutal e inclinação do telhado, utilizando-se da base de dados de irradiação do plano Inclinado para suprir o consumo médio mensal de 14.648,75 kWh, seria necessário que o sistema fosse projetado para possuir uma potência instalada de 130,72 kWp, utilizando uma área de 915,04 m². Porém como a área total disponível para a implantação do sistema é de 400 m², foi necessário projetar um sistema de 57,14 kWp potência instalada. De acordo com o cálculo realizado para realizar a análise de retorno do investimento em SFVCR para esta potência instalada, o retorno viria em oito anos, gerando uma economia total de R\$ R\$ 3.325.922,66 ao longo de vinte e cinco anos. Deduzindo os valores de custo com manutenção, troca de inversores e do custo de implantação do sistema esta economia passaria a ser de R\$ 2.809.122,75 ao longo de vinte e cinco anos.

Caso o valor de custo total para o SFVCR em condições reais, que seria a soma do custo de implantação, custo de manutenção e custo da troca de inversores fosse aplicado na poupança, e as faturas de energia elétrica fossem debitas mensalmente do montante acumulado na poupança, em doze anos e meio o dinheiro aplicado se extinguiria. Dessa forma em mais doze anos e meio a soma das faturas de energia elétrica chegariam em torno de R\$ 2.301.617,18, ou seja, o investidor teria prejuízo se comparado com a economia efetiva do SFVCR instalado na Câmara Municipal de São José dos Pinhais. O que comprova mais uma vez, que o investimento em um SFVCR é muito rentável, quando comparado a outro investimento de baixo risco, que para este caso é a aplicação na poupança.

Com todas essas análises realizadas fica claro que o projeto não é só viável como pode prover um bom investimento financeiro, quando feita a análise ao longo de vinte e cinco anos.

Então conclui-se que para esse estudo da implantação SFVCR na Câmara Municipal de São José dos Pinhais é recomendável a execução do projeto. Além de

gerar um bom retorno financeiro serviria como um excelente incentivo para a sociedade em geral, demonstrando a tecnologia para a população de São José dos Pinhais e informando a ela como é possível realizar o desenvolvimento sustentável.

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Marcelo P. Qualificação de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à rede. Dissertação de Mestrado em Energia, Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, SP.2012.

AMÉRICA DO SOL. Energia fotovoltaica. América do Sol, 2011. Disponível em: <<http://www.americadosol.org>>. Acesso em: 16 de fevereiro de 2016.

ANEEL, 2008 Agência Nacional de Energia Elétrica. **Parte II Fontes Renováveis**. Disponível online em <http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par2_cap3.pdf>. Acessado em Maio de 2015.

ANEEL, 2009 Agência Nacional de Energia Elétrica. **Setor Elétrico no Caminho da Inovação**. Disponível online <<http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/revistap&d3.pdf>>. Acessado em Maio de 2015.

ANEEL, 2012 Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº482**. Disponível online < <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acessado em Novembro de 2015.

ANEEL, 2015 Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº687**. Disponível online < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acessado em Maio de 2016.

BEN, 2015. **Relatório Síntese**. Disponível online em <https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2015_Web.pdf>. Acessado em setembro de 2015.

Casas restauradas. **ENERGIA SOLAR, 2012**. Disponível online em: <<http://www.casasrestauradas.com/energia-solar-ii-paneles-fotovoltaicos/>>. Acessado em novembro de 2015.

CASTRO, Rui M. G.; Introdução à Energia Fotovoltaica. Universidade de Lisboa, 2008.

CEMIG, 2012 - Companhia Energética de Minas Gerais. **Alternativas Energéticas: Uma Visão CEMIG**. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/pt/br/A_Cemig_e_o_Futuro/inovacao/Alternativas_Energeticas/Documents/Alternativas%20Energ%C3%A9ticas%20-%20Uma%20Visao%20Cemig.pdf>

Companhia Paranaense de Energia – COPEL. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2F04afb43850ca33c503257488005939b7>>. Acessado em Maio de 2015.

Companhia Paranaense de Energia – COPEL. **Normas Técnicas Copel – NTC 905200.** Disponível em <[http://www.copel.com/hpcopel/root/ntcarquivos.nsf/DEE0C6F8CB4D20F403257C9B005C6712/\\$FILE/905200.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/root/ntcarquivos.nsf/DEE0C6F8CB4D20F403257C9B005C6712/$FILE/905200.pdf)> Acessado em Novembro de 2015.

CRESESB. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. **Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito**, 2014. Disponível online em <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf>. Acesso em: Maio de 2015.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias - 2010 – **Sistemas de Produção, 2 – 2º edição ISSN 1807 – 0027 Versão Eletrônica Ago/2010.** Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaManguera_2ed/glossario.htm>. Acessado em novembro de 2015.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – **Consumo Final e Conservação de energia elétrica (1970 – 2005).** Ministério de Minas e Energia – MME. Brasília DF. 2006.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Nota Técnica EPE: Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/geracao/Documents/Estudos_23/NT_EnergiaSolar_2012.pdf>. Acesso em: Maio. 2016.

Gerencia Obras. **Canteiro de obras, 2014.** Disponível online em: <<http://www.gerenciaobras.com.br/canteiro-de-obras/painel-solar-fotovoltaico>>. Acessado em novembro de 2015.

INATOMI, Thais. A.H, UDAETA, Miguel. E. M.; Análise dos Impactos Ambientais na Produção de Energia Dentro do Planejamento Integrado de Recursos. São Paulo: USP – Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana – 2000.

LIMA, Bruno G; HACK, Raysa R; AVENCA, Rebeca.B. **Comparação dos níveis de Irradiação apresentados por Diferentes Fontes de Dados no Estado do Paraná e Determinação do Potencial de Geração de Energia Elétrica por Fonte Fotovoltaica em Curitiba.** Curitiba: UTFPR – DIBIB, 2015.

Instituto de astronomia, geofísica e ciências atmosféricas da USP, IAG - USP - 2014. **Estação meteorológica, Sessão técnica de serviços Meteorológicos.** Disponível online em: <<http://www.estacao.iag.usp.br/detalhe.php?id=6&pg=1>>. Acessado em novembro de 2015. (leticia, 2015)

Kipp Zonen. **Produtos - 2015.** Disponível online em: <<http://www.kippzonen.es/>>. Acessado em novembro de 2015.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro, Janeiro-2015.** Disponível online em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1256627/-+Boletim+de+Monitoramento+do+Sistema+El%C3%A9trico+-+Janeiro-2015/_b6795ba5-2d05-4a27-aafe-cd671b963761>. Acessado em Outubro de 2015.

NASCIMENTO, Cássio. **Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica.** Lavras – Minas Gerais: UFLA. 2004. Disponível online em: <http://www.solenerg.com.br/files/monografia_cassio.pdf> Acessado em novembro de 2015.

NeoSolar Energia, 2016. Disponível online em: <<http://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>> Acessado em Janeiro de 2016.

Renewable Energy – REN 21. Global Status Report. Disponível em: <http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015_Onlinebook_low1.pdf>. Acessado em Novembro de 2015.

RUMTOR. HELIOGRAFO DE CAMPBELL-STOKES, 2015. Disponível online em: <<http://www.rumtor.com/heliografo.html>>. Acessado em novembro de 2015

RÜTHER, Ricardo; MONTENEGRO, Alexandre; ZOMER, Clarissa D.; RANCO, Danilo A.; SANTOS, Isis P.; URBANETZ JUNIOR, Jair; NASCIMENTO, Lucas R. do; PEREIRA JUNIOR, Luiz C.; PFISCHER, Paulo H.; BRAUN, Priscila; VIANA, Trajano de S.; GIRARDI, Fernando C. **Desempenho Energético de Três Sistemas Solares Fotovoltaicos Integrados a Edificações Urbanas e Conectados à Rede Elétrica.** 2007.

São José dos Pinhais. **Mapa Município São José dos Pinhais**. Disponível online em <<http://www.sjp.pr.gov.br/localizacao/>> Acessado em Novembro de 2015.

TIEPOLO, G. M.; CANGIGLIERI JR, O; URBANETZ JR, J. **Estudo do Potencial de Participação das Fontes Renováveis de Energia na Matriz Elétrica do Estado do Paraná**. IX Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. 2014.

TIEPOLO, Gerson. **Estudo do potencial de Geração de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos conectados à rede no Estado do Paraná**. Curitiba: SIBI/PUCPR. 2015.

TIEPOLO, Gerson; Urbanetz, J.; Canciglieri. **INSERÇÃO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA NA MATRIZ ELÉTRICA DO ESTADO DO PARANÁ: ANÁLISE DO POTENCIAL PRODUTIVO**. Revista Sodebras, Vol. 8. Artigos publicados. Março, 2013.

TOYAMA Heizo, Alain; Neves, J. Natalino; Almeida, Geraldo, Nelson. **ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE ELÉTRICA DE ENERGIA PARA DIFERENTES REGIÕES NO ESTADO DO PARANÁ**. Curitiba: UTFPR – DIBIB, 2014.

URBANETZ JUNIOR, J. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Redes de Distribuição Urbanas: sua influência na qualidade da energia elétrica e análise dos parâmetros que possam afetar a conectividade**. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – UFSC, BU, Florianópolis- SC, 2010.

URBANETZ, J.; CASAGRANDE, E. F.; TIEPOLO, G. “**Análise do desempenho de dois anos de operação do sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica do Escritório Verde da UTFPR**”, V Congresso Brasileiro de Energia Solar – V CBENS, Recife, 2014.

ANEXO A

FORMULÁRIO PARA SOLICITAÇÃO DE ACESSO DE MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA

1. IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA

| | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--|
| Número da Unidade Consumidora (UC): | CNPJ/CPF | |
| Titular: | Telefone fixo: () | |
| | Telefone celular: () | |
| Endereço: | Município: | |
| | UF: | |
| | CEP: | |
| E-mail: | | |

| | | |
|--|------------------|--|
| Responsável Técnico pelo sistema de geração: | CNPJ/CPF | |
| | ART: | |
| E-mail: | Telefone: () | |

| |
|--|
| Tensão de Conexão da Unidade Consumidora (kV): |
|--|

2. MOTIVO DA SOLICITAÇÃO

| | | |
|---------------------------------------|--|---|
| <input type="checkbox"/> Conexão Nova | <input type="checkbox"/> Ampliação de Central Geradora | <input type="checkbox"/> Desconexão de Central Geradora |
|---------------------------------------|--|---|

3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA CENTRAL GERADORA

3.1 Dados gerais da Central Geradora

| | |
|--|--|
| Tensão Nominal da Central Geradora (V): | Número de fases da central geradora: |
| Tipo de Geração Instalada: | |
| <input type="checkbox"/> Solar (especificar: fotovoltaica ou térmica): | <input type="checkbox"/> Biomassa (especificar tipo de combustível): |
| _____. | _____. |

3.2 Informações das Unidades Geradoras (UG):

(Preencher apenas as tabelas aplicáveis)

Solar Fotovoltaica

| Unidade Geradora | UG/Arranjo | Nº de Módulos por Arranjo | Fabricante(s) dos Módulos | Área do Arranjo (m ²) | Potência Total dos Módulos do Arranjo (kWp) | Fabricante / Modelo do Inversor | Potência do Inversor (kWp) |
|------------------|------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---|---------------------------------|----------------------------|
| | 01 | | | | | | |
| | 02 | | | | | | |
| | ... | .. | ... | .. | ... | ... | ... |

Eólica

| Unidade Geradora | UG | Fabricante / Modelo | Eixo do rotor (horizontal/vertical) | Altura Máxima da Pá ² (m) | Fabricante / Modelo do Inversor | Potência do Inversor (kWp) | Potência do Aerogerador (kW) |
|------------------|----|---------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| | 01 | | | | | | |
| | 02 | | | | | | |
| | .. | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

Hidráulica

| Rio: | | Bacia: | | | Sub-Bacia: | |
|------|-----------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-----|
| UG | Tipo de Turbina | Potência da Turbina (kVA) | Potência do Gerador (kVA) | Fator de Potência (cos φ) | Potência do Gerador (kW) | |
| | 01 | | | | | |
| | 02 | | | | | |
| | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

Biomassa/Solar Térmica/Cogeração qualificada³

| UG | Fabricante / Modelo | Potência do Gerador (kVA) | Fator de Potência (cos φ) | Potência do Gerador (kW) | Fonte |
|----|---------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-------|
| | | | | | |

¹ Uma unidade geradora fotovoltaica é definida por arranjo de módulos fotovoltaicos associados/conectados a um inversor de frequência, de modo que, o número de unidades geradoras da central é igual ao número de inversores que nela operarão.

² Altura máxima da pá em metros ou altura máxima atingida pela estrutura.

³ Em caso de Cogeração Qualificada, apresentar descrição simplificada do sistema de cogeração.

| | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 01 | | | | | |
| 02 | | | | | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |

Declaro que as informações prestadas neste documento correspondem ao empreendimento em referência e estão de acordo com a legislação aplicável, em especial com o disposto na Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012. Estou ciente de que declarações falsas ou inexatas caracterizam crime de falsidade ideológica (art. 299 do Código Penal).

_____, ____ de _____ de _____.

ASSINATURA DO TITULAR DA UNIDADE CONSUMIDORA

ANEXO B



Figura 23: Imagem Com Visões Distintas do Telhado CMSJP (A, B, C)
Fonte: Autores.