

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ
JARED MENDES BEZERRA**

**ESTUDO E DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO
CONECTADO À REDE EM UMA RESIDÊNCIA NA CIDADE DE CASCAVEL –
PR (UM ESTUDO DE CASO)**

**CASCAVEL
2018**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ
JARED MENDES BEZERRA**

**ESTUDO E DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO
CONECTADO À REDE EM UMA RESIDÊNCIA NA CIDADE DE CASCAVEL –
PR (UM ESTUDO DE CASO)**

Projeto de pesquisa apresentado ao Curso de
Graduação em Engenharia Elétrica do Centro
Universitário Fundação Assis Gurgacz para
elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso.

Professor: Gilson Debastiani

**CASCAVEL
2018**

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ
JARED MENDES BEZERRA

**ESTUDO E DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO
CONECTADO À REDE EM UMA RESIDENCIA NA CIDADE DE CASCAVEL – PR
(UM ESTUDO DE CASO)**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Elétrica, do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica, sob orientação do Professor Gilson Debastiani.

BANCA EXAMINADORA



Gilson Debastiani
Faculdade Assis Gurgacz



Maycon Boering
Faculdade Assis Gurgacz



Nelson Chetevik de Oliveira
Faculdade Assis Gurgacz

Cascavel, 06 de DEZEMBRO de 2018

RESUMO

Atualmente no cenário energético brasileiro nota-se um grande aumento na demanda de energia elétrica. As fontes hídricas são predominantes na geração da eletricidade, o que, em uma eventual crise hídrica, ocasiona aumentos tarifários expressivos devido à utilização da geração termoeleétrica complementar, notavelmente com custos operacionais muito mais elevados. Uma alternativa encontrada é o sistema de geração solar fotovoltaico, na modalidade on grid, conectado à rede da concessionária local. Partindo dessa alternativa foi possível realizar um estudo de dimensionamento de um sistema solar fotovoltaico para atender a demanda elétrica de uma residência, na cidade de Cascavel-PR. No estudo buscou-se avaliar a análise da viabilidade econômica e o dimensionamento do sistema para atender todo o consumo residencial. Para a realização deste estudo foi necessário a análise de dados de consumo da conta de energia elétrica por um período de 12 meses. O dimensionamento foi realizado pelo software PVsyst® e o orçamento para execução do projeto foi fornecido pela empresa MASTER SOLAR ENERGY LTDA. De posse dos dados levantados, verificou-se a necessidade de instalação de uma planta fotovoltaica com potência 2,92 kWp. O custo de instalação, que serviu como valor de referência para determinação da viabilidade financeira, foi de R\$ 16.292,40. O retorno do investimento, com a economia gerada, ocorrerá após 4 anos e oito meses.

Palavras-chave: Sistema Fotovoltaico, Geração Distribuída, Geração de Energia Elétrica, Energia Solar, Estudo de Viabilidade

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Mapa de Radiação Brasileiro.....	12
Figura 2.2 Variação da posição do sol com o decorrer das estações do ano.....	13
Figura 2.3 O Efeito Fotovoltaico.....	15
Figura 2.4 Tipos de sistemas fotovoltaicos.....	16
Figura 2.5 Sistema fotovoltaico conectado à rede.....	16
Figura 3.1 Localização da residência de estudo.....	20
Figura 4.1 Identificação do projeto.....	23
Figura 4.2 Localização da residência.....	24
Figura 4.3 Inclinação dos painéis.....	25
Figura 4.4 Parâmetros Geográficos da Localidade.....	26
Figura 4.5 Linha de horizonte.....	26
Figura 4.6 Indicação e configurações dos módulos escolhidos para o projeto.....	27
Figura 4.7 Resultados de pré-dimensionamento.....	28
Figura 4.8 Simulação dos equipamentos.....	29
Figura 4.9 Gráficos do dimensionamento da tensão.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Ampére
ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica.
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica.
BNDES	Banco Nacional de desenvolvimento
COPEL	Companhia Paranaense de Energia.
COS	Centro de Operação do Sistema.
EPE	Empresa de Pesquisa Energética.
GW	Gigawatts.
GWh	Gigawatts hora
ICMS	Imposto de Circulação Mercadoria e Serviços.
kV	Quilovolt.
kW	Quilowatts.
MW	Megawatts.
NBR	Norma Brasileira.
PROINFRA	Programa de incentivo às fontes Alternativas de Energia elétrica.
REN	Resolução Normativa.
TDI	Tempo de duração da interrupção.
TWh	Terawatts hora.
V	Volt.
Wh/m²dia	Watts hora por metro quadrado durante o dia.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
2.1	Matriz energética brasileira.....	12
2.2	Participação das fontes renováveis na matriz de energia elétrica.....	14
2.3	Energia solar.....	15
2.4	Sistemas fotovoltaicos	18
2.4.1	Sistemas fotovoltaicos conectados à rede.	19
2.5	Geração distribuída.....	21
2.6	Viabilidade econômica	22
2.7	Softwares de dimensionamento fotovoltaico.....	23
3	METODOLOGIA.....	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1	Dimensionamento	26
4.2	Estudo de payback	35
5	CONCLUSÃO	38
	REFERÊNCIAS.....	35
	APÊNDICES	38
	ANEXOS.....	41

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de um país está diretamente ligado à geração de energia elétrica, e esta é constituída de fontes não renováveis e renováveis. Em 2016 no Brasil a geração por fontes renováveis atingiram o percentual 81,7% de participação na matriz de oferta interna de energia elétrica, que diz respeito à energia necessária para mover à economia, a participação de usinas hidrelétricas correspondia a 67,1% da matriz energética (BRASIL, 2016).

Uma matriz de energia elétrica formada principalmente por usinas hidrelétricas pode implicar em graves consequências ao consumidor e ao Operador Nacional do Sistema, na ocorrência de um longo período de escassez das chuvas, resultando em um aumento tarifário devido à entrada das termoeletricas que possuem um custo de geração superior. Neste contexto ao Operador Nacional do Sistema caberá propor medidas emergenciais para realizar o completo abastecimento energético, com riscos inclusive de desabastecimento e; ou blecaute. Este aumento tarifário é denominado bandeira tarifária amarela ou vermelha, dependendo da característica da geração.

Com a elevação dos custos de energia surgem consequências diretas à vitalidade financeira do consumidor, logo se busca um meio alternativo, onde o consumidor não sofra tamanha influência dos aumentos tarifários.

Uma das alternativas encontradas é o sistema de geração distribuída, onde o próprio consumidor pode gerar sua energia através de micro e mini geração. Com o sistema de compensação elétrica com a concessionária, o excedente de sua geração é transferido à rede podendo obter um crédito para o mês seguinte ou utilizar em outra localidade, para tal atividade a resolução normativa 687/2015 da ANEEL dita as regras de compensação de energia.

Há diversas formas de mini e micro Geração Distribuída previstas pela legislação em vigor, porém, neste presente trabalho será priorizada geração solar fotovoltaica, pois esta vem ganhando força no mercado a partir de 2012 com a promulgação da resolução 482/ANEEL, bem com suas atualizações através da resolução 687/2015. Grande parte de toda a geração distribuída do Brasil se diz respeito a geração por sistemas fotovoltaicos, pois evidenciam-se algumas vantagens nestes sistemas, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental, já que esta geração é considerada limpa e local, apresentando um grande potencial para geração de energia elétrica no país.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

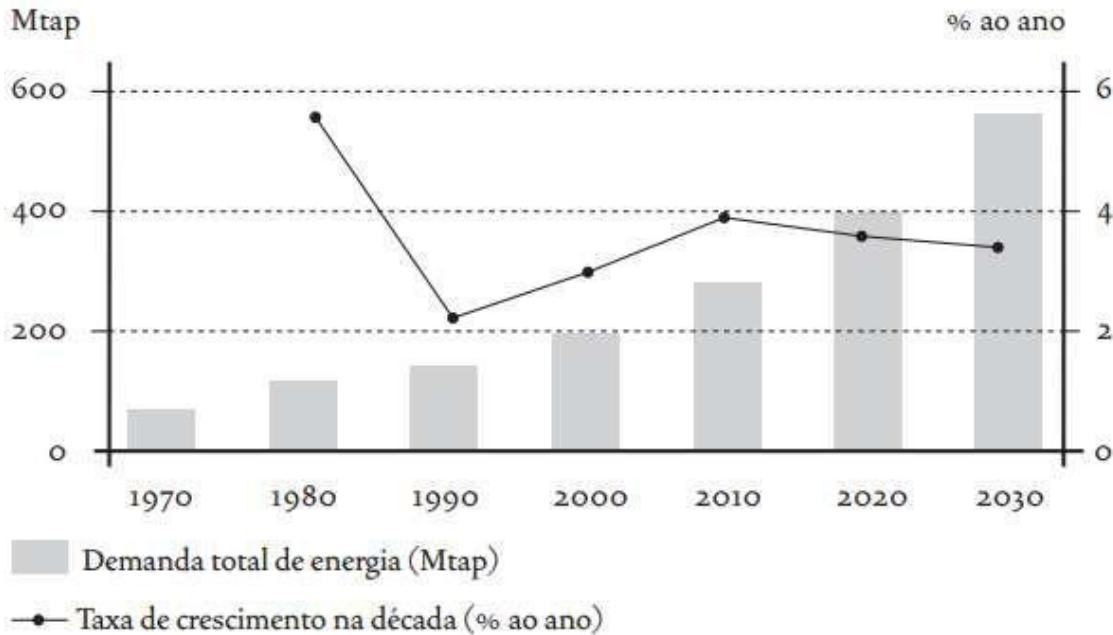
2.1 MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

O Brasil segundo Brasil (2002), é o maior país da América Latina com cerca de 8,5 milhões de quilômetros quadrados, com um potencial energético extremamente favorável em diversas fontes de energia. No entanto, apenas duas dessas fontes energéticas se sobrepõem sobre as outras: a hidráulica e o petróleo. Estas tem sido extensivamente aproveitada. Apesar da importância dessas fontes, a conjuntura atual do setor elétrico brasileiro tal como crescimento da demanda, escassez da oferta e restrições financeiras, socioeconômicas e ambientais à expansão do sistema indica que o suprimento futuro de energia elétrica exigirá maior aproveitamento de fontes alternativas.

Grande parte dos recursos energéticos do país se localiza em regiões pouco desenvolvidas, distantes dos grandes centros consumidores e com fortes restrições ambientais. (BRASIL, 2002). Obtém-se, portanto, o desafio de preservar a diversidade biológica e promover o desenvolvimento econômico e energético dessas regiões, faz-se essencial o conhecimento sobre todos os recursos energéticos, das tecnologias, sistemas de aproveitamento e das necessidades energéticas regionais do país.

Tolmasquim, Gerreiro e Gorini (2007) realizou uma prospectiva analisando a evolução da demanda de energia e a taxa de crescimento econômico, é possível verificar que o Brasil experimentou um intenso desenvolvimento econômico a partir dos anos 1970, e mostrou uma expansão na demanda de energia primária. Pode-se observar no gráfico 2.1 abaixo o aumento de demanda total de energia.

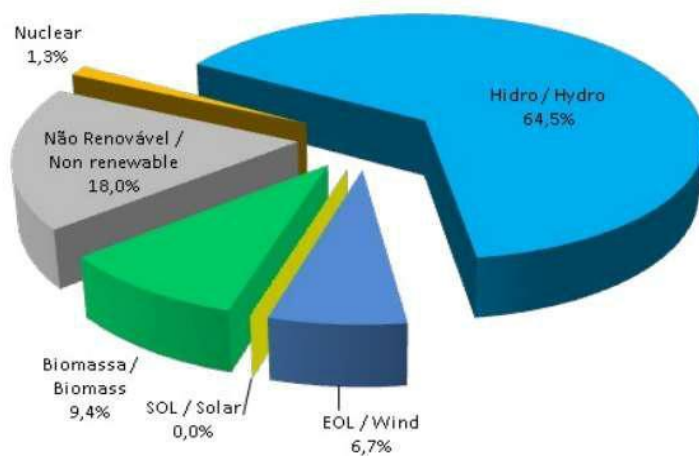
Gráfico 2.1 – Demanda total de energia.



Fonte: Scielo (2007)

A capacidade total instalada de geração elétrica no Brasil alcançou 150.338MW em 2016. Na expansão da capacidade instalada, as hidráulicas contribuíram com 55,6% enquanto as centrais térmicas responderam por 18,1% da capacidade adicionada. Por fim, as usinas eólicas e solares foram responsáveis pelos 26,3% restante de aumento do grid nacional. (BRASIL, 2017). O gráfico 2.2 demonstra a participação das fontes na capacidade total instalada.

Gráfico 2.2 – Participação por fonte da capacidade total instalada



Fonte: EPE (2017)

A maior parte da matriz energética brasileira está concentrada na fonte hídrica, apesar de ser uma fonte considerada limpa e renovável, é causadora de grandes impactos ambientais e sociais (BRASIL, 2012)

O Brasil tem uma longa tradição no uso de fontes renováveis, neste sentido vale ressaltar a importância do PROINFA, programa de incentivo às fontes alternativas de energia elétrica, que segundo Tolmasquim (2003), tem como objetivo aumentar a participação da energia elétrica produzida com base nas fontes eólica, pequenas centrais elétricas e biomassa. A implementação do PROINFRA permite a racionalização da oferta energética.

2.2 PARTICIPAÇÃO DAS FONTES RENOVÁVEIS NA MATRIZ DE ENERGIA ELÉTRICA

As fontes renováveis de energia são observadas a bastante tempo, o aproveitamento dessas fontes recebeu imenso avanço nas últimas décadas, a crescente demanda por alternativas energéticas fez com que ampliasse o percentual de fontes renováveis na matriz energética mundial. Segundo Santos e Siqueira (2012), as fontes renováveis de energia podem chegar a 10% da matriz energética global em 2020. Dentre as diversas fontes são destacadas a energia solar, eólica, hidrelétrica, geotérmica, biomassa e energia das marés.

A energia eólica se consiste da energia cinética contida nas massas de ar em movimento, podendo ser captada por uma turbina e convertida em energia mecânica. (SANTOS; SIQUEIRA, 2012). A energia eólica tem uma participação importante na matriz energética brasileira. Segundo Kaspary (2015), o potencial eólico no Brasil é de 143,5 GW, sendo distribuído 52% na região Nordeste, 21% na região Sudeste, e 16% na região Sul. As regiões Norte e Centro-Oeste possuem potencial de 9% e 2% respectivamente.

Em 2016 segundo Brasil (2017), a produção de eletricidade a partir da energia eólica alcançou 33.489 GWh, com um aumento de 54,9% em relação ao ano anterior. A potência instalada para geração eólica expandiu 33% em 2016, teve um crescimento de 2.491 MW no parque eólico nacional finalizando o ano alcançando 10.124MW.

Com grande parte da matriz energética brasileira, as hidrelétricas foram

exploradas a partir do final do século XIX, com base nas pequenas centrais hidrelétricas foi possível expandir a capacidade de geração. Em 2013 conforme Grossi (2015), a energia provida da água representava 70,6% da matriz energética brasileira. Apesar de sinalizar um aumento na geração hidrelétrica, houve uma redução de 2% na matriz elétrica entre os anos de 2010 e 2013. Em 2014 se observou impasses em relação à segurança hídrica do país.

Segundo Brasil (2017), em 2014 a geração de energia elétrica no Brasil derivada das hidroelétricas foi de 373 TWh, representando um percentual de geração mundial de 9,4%, 64,5% de participação da matriz de energia elétrica nacional e uma capacidade instalada de 89GW.

Toda matéria orgânica, seja de origem animal ou vegetal que pode ser utilizada na produção de energia é denominada biomassa, considerada uma das fontes que sempre esteve presente na civilização, inicialmente por meio de lenha ou carvão. Em períodos recentes outras formas de utilização da biomassa ganharam ênfase. Por ser considerada uma fonte limpa e renovável o interesse da sua utilização ganhou espaço no mercado de energia. (CARDOSO, 2012)

No Brasil, em 2016, segundo Brasil (2017) a capacidade instalada de geração elétrica por biomassa foi de 14.147 MW correspondendo a 9,4% da participação da matriz de energia elétrica nacional. As fontes de energia solar, geotérmica e das marés não possuem participação relevante na matriz energética brasileira.

2.3 ENERGIA SOLAR

A energia solar é produzida pelas reações nucleares que ocorrem no interior do sol. Uma dessas reações diz respeito aos átomos de hidrogênio que se combinam formando átomos de hélio, e liberam essa energia vindo do centro do sol para sua superfície e então irradia-se para todas as direções (SOUZA, 2016).

Ainda segundo Souza (2016), a energia irradiada chega a Terra vinda do espaço através de partículas de energia denominadas fótons. Estes fótons se deslocam a uma velocidade de 300.000 km/s e demoram cerca de 8 minutos para atingir a superfície terrestre.

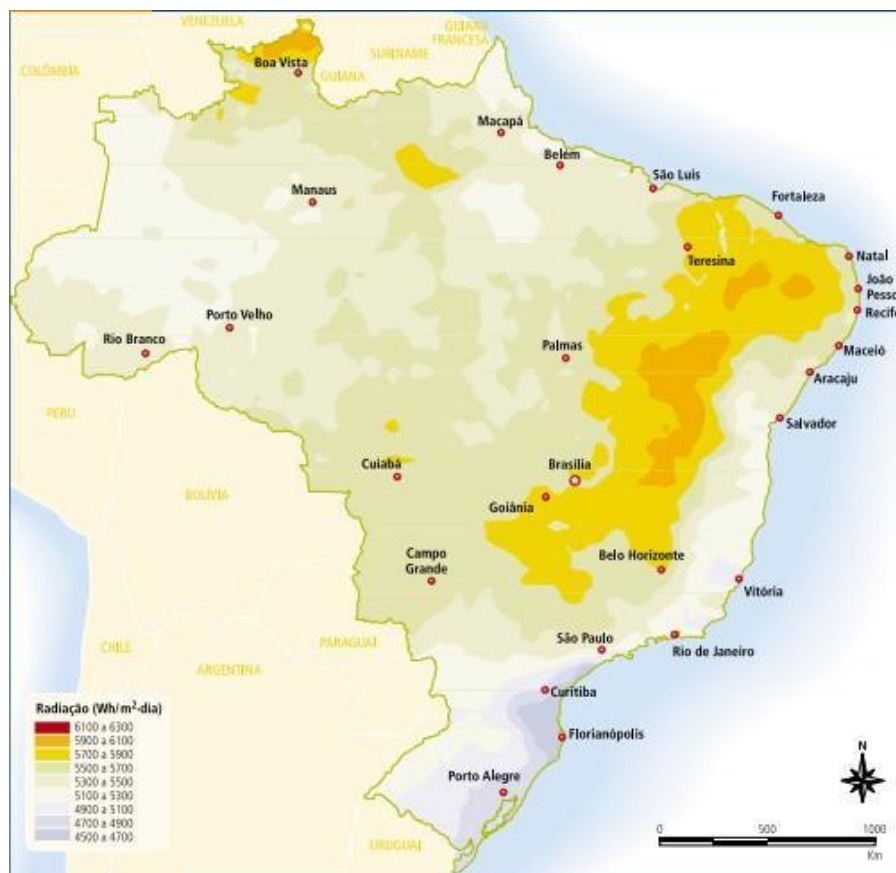
O aproveitamento de energia solar pode ocorrer de forma indireta ou direta. A energia solar absorvida indiretamente tem relação à energia eólica, à energia hidráulica, à fotossíntese. A energia solar direta é utilizada para geração de energia

elétrica(SANTOS; SIQUEIRA, 2012).

Há diversas maneiras de aproveitar a energia solar, segundo Pinto et al. (2015), esta pode ser utilizada por diferentes meios de tecnologia, tais como, o aquecimento solar, a energia solar fotovoltaica, a energia heliotérmica, a arquitetura solar e a fotossíntese artificial. Pinto et al. (2015) retrata ainda que no movimento de translação onde a Terra gira em torno do sol, esta recebe cerca de 1.410 W/m^2 de energia, apenas 19% dessa energia é absorvida pela atmosfera terrestre e 35% é refletido pelas nuvens, ou seja, apenas uma pequena parte da energia provida do sol pode-se de fato ser utilizado.

Um dos maiores potenciais mundiais para utilização de energia solar se encontra no Brasil, estando localizado quase que em totalidade em região tropical, tendo grande incidência de energia solar. A média anual de irradiação no território brasileiro varia de 4,25 a $6,3 \text{ Wh/m}^2/\text{dia}$, podendo ser observado na imagem na Figura 2.1 (BRUM, 2013).

Figura 2.1 – Mapa de Radiação solar Brasileiro

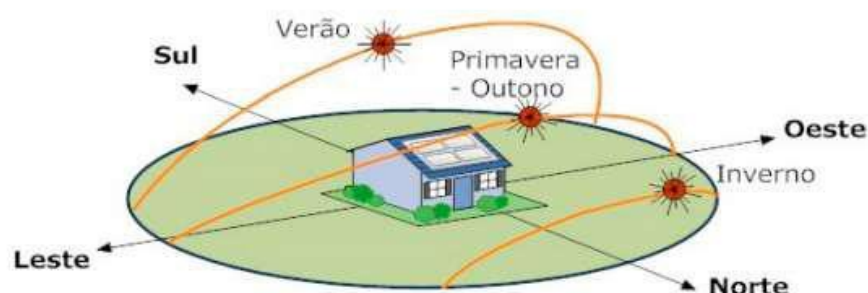


Fonte: ANEEL (2018)

Um dos estudos fundamentais para o dimensionamento de um sistema

fotovoltaico é o posicionamento do sol durante o ano, pois o sol apresenta posicionamentos diferentes de acordo com as estações do ano, além das condições meteorológicas. No hemisfério sul, recomenda-se que os painéis estejam voltados para o norte geográfico, enquanto que no hemisfério norte, recomenda-se que as placas fiquem direcionadas para o sul para se obter um melhor aproveitamento energético. A figura 2.2 apresenta a variação da posição do sol com o decorrer das estações do ano (SERRÃO, 2010).

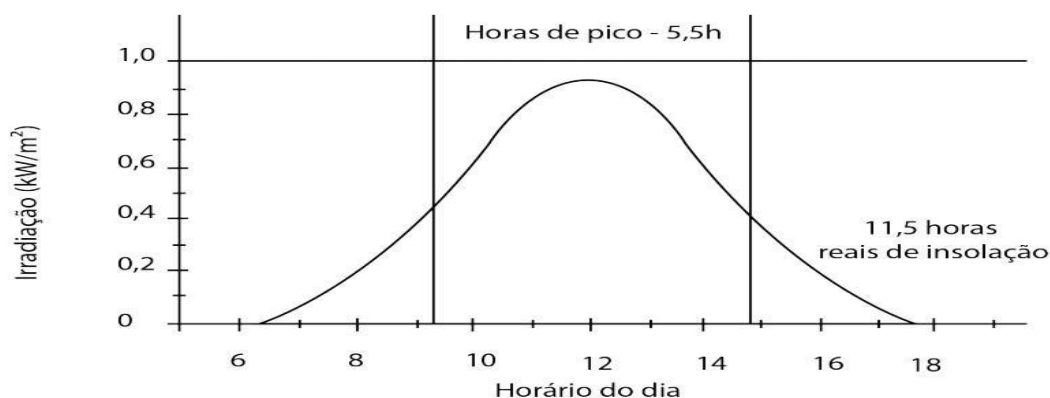
Figura 2.2 – Variação da posição do sol com o decorrer das estações do ano.



Fonte: Bluesol (2016)

A radiação solar varia durante o dia e tem sua maior intensidade ao meio dia solar, se for colocado em gráfico a variação da irradiação em um dia médio, o mesmo se comportaria da maneira a ser representado no gráfico 2.3 (SOUZA, 2016).

Gráfico 2.3 – Variação da Irradiação



Fonte: Bluesol (2016)

Os valores apresentados no gráfico 2.3 são de suma importância para o dimensionamento de sistemas fotovoltaicos, pois são nessas horas que um sistema estará gerando sua potência máxima. As horas de pico estão compreendidas entre duas a três horas antes e depois do meio dia solar (SOUZA, 2016).

A eletricidade provida da geração por energia solar é possível por meio de células fotovoltaicas. Conforme Souza (2016), tais células são constituídas por silício, fósforo e boro, onde recebem os raios solares que por meio do efeito fotovoltaico origina-se a produção de eletricidade, podendo ser armazenada ou inserida diretamente na rede elétrica através de um inversor.

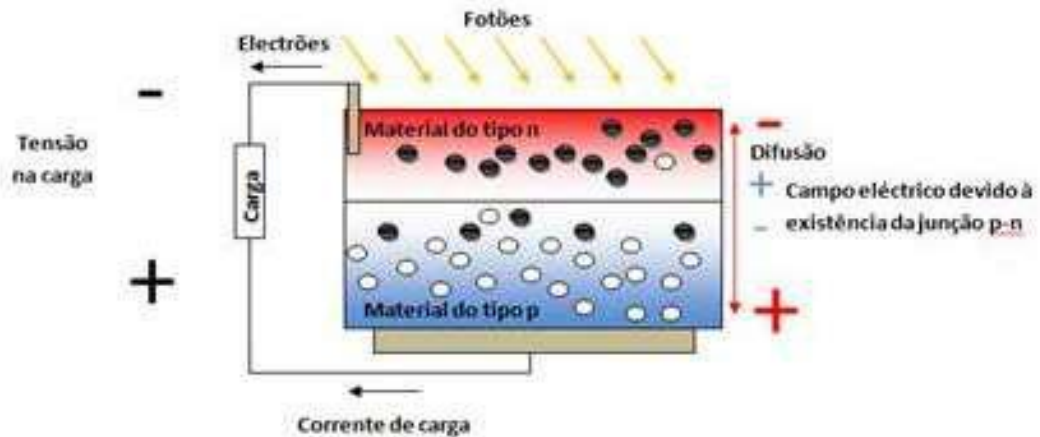
2.4 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

O efeito fotovoltaico é obtido através da conversão da radiação solar em eletricidade através de materiais semicondutores. Foi observado pela primeira vez em 1839 pelo físico francês Edmund Becquerel, numa solução de selênio. Becquerel notou o aparecimento de uma tensão entre os eletrodos de solução condutora, quando esta era iluminada pela luz solar. Mais tarde por volta de 1870, o efeito fotovoltaico foi estudado em sólidos, tal como o selênio e, por volta de 1880, a primeira célula fotovoltaica foi construída utilizando o selênio. A eficiência desta célula era na faixa de 2% (BRAGA, 2008).

Segundo Braga (2008), pesquisas em aplicações práticas para a tecnologia fotovoltaica foram iniciadas nos Estados Unidos na década de 1950. Em 1954, o laboratório Bell produziu a primeira célula fotovoltaica de silício de junção PN.

Segundo os princípios do efeito fotovoltaico, a incidência de fótons na camada N de um material semicondutor fornece energia aos elétrons que, quando superior a banda de energia intrínseca do semicondutor que separa as bandas de valência e de condução, provoca a criação de pares elétrons-lacuna. O campo elétrico devido a junção P e N promove a circulação dos elétrons pelo circuito de carga. A tensão da célula deve-se ao efeito de difusão que ocorre no material. O efeito de difusão e o campo elétrico devido a junção P e N neutralizam de forma a atingir um ponto de equilíbrio, dependente da corrente que circula pela carga. A Figura 2.3 apresenta o efeito fotovoltaico. (GARRIDO, 2018)

Figura2.3–O Efeito Fotovoltaico



Fonte: Garrido (2010)

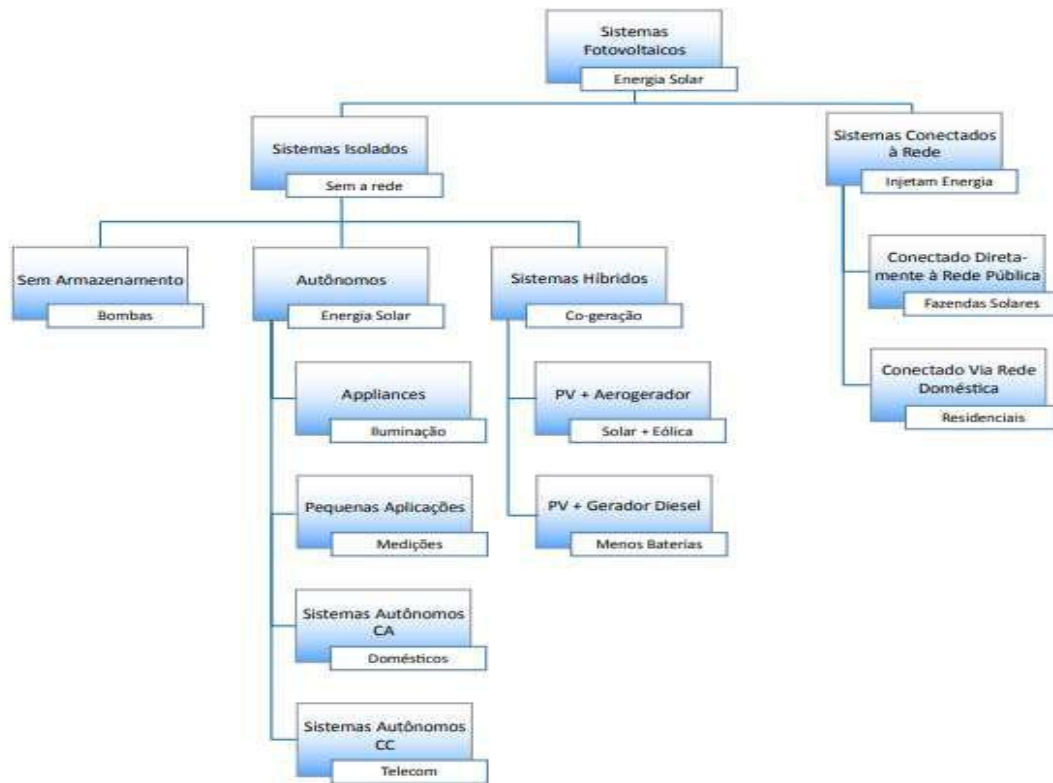
Existem hooje diversos materiais semicondutores apropriados para a conversão fotovoltaica. Entre o silício cristalino e o silício amorfo hidrogenado, que são os mais comumente usados, há diferenças de estrutura. No primeiro, os átomos ocupam posições regula res no espaço, formando uma rede perfeitamente periódica (cristal). No segundo, que é de utilização mais promissora do ponto de vista econômico, essa periodicidade não é respeitada. Alguns dos efeitos que acompanham a estrutura imperfeita são compensados com átomos de hidrogênio (BRAGA, 2008).

Uma célula foto voltaica de silício cristalizado produz uma tensão de aproximadamente 0,46 a 0,56 volts e uma corrente de aproximadamente 30mA/cm², portanto as células com erciais podem gerar 1A, 2,5A, 3A, 5A e 7A. Para que os fabricantes alcancem tais níveis de corrente, são conectad as células entre si, geralmente em série, em um processo de conexão que é feito s oldando os terminais da parte frontal de uma célula à parte traseira da seguinte. Para construir um modulo de tensão nominal em 12 volts serão conectados entre 30 e 40 células (SOUZA, 2016).

2.4.1 Sistemas fotovoltaicos conectados à rede.

Os sistemas fotovoltaicos são classificados de acordo com à forma de geração, na Figura2.4 exemplifica-se os tipos de sistemas fotovoltaicos (SOUZA, 2016).

Figura 2.4 – Tipos de sistemas fotovoltaicos



Fonte:Bluesol (2016)

Serrão (2010) comprova que os sistemas fotovoltaicos são divididos quanto às suas formas de aplicação, sendo eles autônomos e conectados à rede elétrica. Nos sistemas ligados à rede, é preciso conectar algum equipamento de proteção aos painéis além dos geradores fotovoltaicos, prevenindo-se de correntes reversas, acompanhado de um inversor, que transforma a energia gerada em corrente contínua para corrente alternada, tornando-se assim compatível com a rede elétrica, A figura 2.5 apresenta o esquema de um sistema fotovoltaico conectado à rede.

Figura 2.5 – Sistema fotovoltaico conectado à rede.



Fonte:Bluesol (2016)

Segundo Pinto et al. (2015) são diversas as vantagens que um sistema solar fotovoltaico on grid pode apresentar, dentre eles:

A matéria prima é inesgotável

Não há emissão de poluentes durante a geração

Os sistemas podem ser instalados em todo o planeta

Ainda segundo Pinto et al. (2015), a energia solar apresenta algumas desvantagens, destacando-se:

A energia solar varia dependendo a sazonalidade em diferentes localidades

Os equipamentos para constituição dos sistemas demandam grande investimento financeiro, maior que dos sistemas convencionais

Baixo rendimento

2.5 GERAÇÃO DISTRIBUIDA

A relação entre consumidor e unidades geradoras vem se alterando nos últimos anos, até recente era uma exclusividade das unidades de grande porte a geração de energia elétrica. Atualmente, com tecnologia de mini e micro geração foi possível a geração de eletricidade pelo próprio consumidor(EPE, 2017).

No Brasil, segundo ANEEL (2012), a modalidade de geração distribuída foi regulamentada pela ANEEL, através da resolução normativa (REN) nº 482 de abril de 2012, a mesma cita que é microgeração distribuída quando a potência instalada é menor ou igual a 100kW, e minigeração distribuída quando a potência instalada é superior a 100kW e menor ou igual a 1MW. Atualmente segue em vigor a resolução 687 de 2015, ANEEL (2015) dita que as quantidades de potência instalada deve ser até 75kW para microgeração e menor ou igual a 3MW para minigeração.

A resolução 482 de 2012 diz que o consumidor poderá aderir ao sistema de compensação de energia elétrica, que relaciona à prática do consumidor fornecer o excedente de sua geração para a rede de distribuição local (ANEEL, 2012).

O sistema de medição aderido para essa modalidade segundo Brasil (2018), deve atender às especificações exigidas pela concessionária e estar conectado ao mesmo nível de tensão. A distribuidora é responsável por adquirir e instalar o sistema de medição bidirecional, no qual o medidor é capaz de identificar a

quantidade de potência que é entregue pela concessionária e a quantidade oferecida pelo consumidor, podendo calcular assim o excedente para compensação de energia elétrica em um seguinte mês ou em outra localidade.

2.6 VIABILIDADE ECONOMICA

Nos sistemas fotovoltaicos ainda há uma necessidade de investimento elevado, devido diversos fatores, como indisponibilidade de materiais nacionais, ou incentivos governamentais. Com esses obstáculos acaba dificultando a adesão por maior parte da população. Segundo Brasília (2017), 89% dos brasileiros tem interesse de gerar sua própria energia em casa, no entanto apenas 0,02% dos consumidores são abrangidos pela geração distribuída.

A cobrança de impostos tem sido um grande obstáculo na geração distribuída, o principal imposto diz respeito a Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), apenas 23 estados estabeleceram a legislação no sentido de cobrar apenas sobre o líquido de consumo, os demais estados ainda cobram sobre o consumo bruto (NASCIMENTO, 2017).

No quesito dos incentivos governamentais, para fonte solar o BNDES financia até 80% dos itens financiados segundo Nascimento (2017). A ABSOLAR desenvolve linhas de financiamento específicos para a geração distribuída solar fotovoltaica, através de bancos públicos, além de ação junto ao BNDES para linha de financiamento, conforme dita a lei Nº13.203 de 2015 (BRASILIA, 2017).

Para que um consumidor demonstre interesse no investimento financeiro dos sistemas fotovoltaicos, o payback é levado em consideração, que consiste basicamente no período de tempo necessário para que se obtenha retorno de todo o investimento. Para calcular-se o payback utiliza-se a equação 2.1 (MIRANDA, 2014).

Equação 2.1

$$\text{Payback} = n, \text{ tal que } \sum_{t=0}^n FCn = I$$

n – Número de anos

I – Investimento

R – Receita (Valor Anual)

FCn – Fluxo de caixa do ano referência.

Fonte: Miranda (2014) adaptado pelo autor

Com o Payback o consumidor pode visualizar em quanto tempo seu investimento se pagará, tornando assim possível um estudo de viabilidade de instalação dos sistemas. Segundo Siqueira (2015), os inversores comerciais apresentam vida útil típica de 10 a 15 anos, e os painéis 20 anos, considerando uma vida útil média de 15 anos, pode ser tornar um sistema inviável se ultrapassar o tempo de vida útil do equipamento.

2.7 SOFTWARES DE DIMENSIONAMENTO FOTOVOLTAICO

Os softwares de dimensionamento fotovoltaico apresenta recursos de simulações, cálculos, emissão de relatórios e documentação técnica. Através dos relatórios emitidos é possível dimensionar as perdas de produção, distância do inversor, diâmetros dos cabos utilizados além da capacidade de geração do sistema. (CASTRO, 2018)

O software encontrado para a elaboração do dimensionamento do sistema solar fotovoltaico é denominado PVSYST, segundo Vera (2004) este software foi desenvolvido em 1991 através da Universidade de Génova, o programa permite analisar diversos níveis de compreensão, sendo o primeiro nível uma análise mais simples da representação de um sistema, e pode-se chegar a níveis de complexidade elevada, no qual é possível a verificação de detalhamentos no dimensionamento.

Neste simulador é verificado uma ferramenta adicional, que leva em consideração todas as limitações de geração de energia elétrica, tais como limitações no horizonte e objetos de interferência no sombreamento. Com esta ferramenta fica completo o dimensionamento de um sistema fotovoltaico, pois é permitido a importação dos dados, onde o mesmo possui um banco de dados de irradiação solar de mais de duzentas localidades ao redor do mundo. A ferramenta em questão é denominada Meteonorm e facilita a comparação de valores simulados e valores medidos. A licença do programa é livre para os 40 primeiros dias de uso (VERA, 2004).

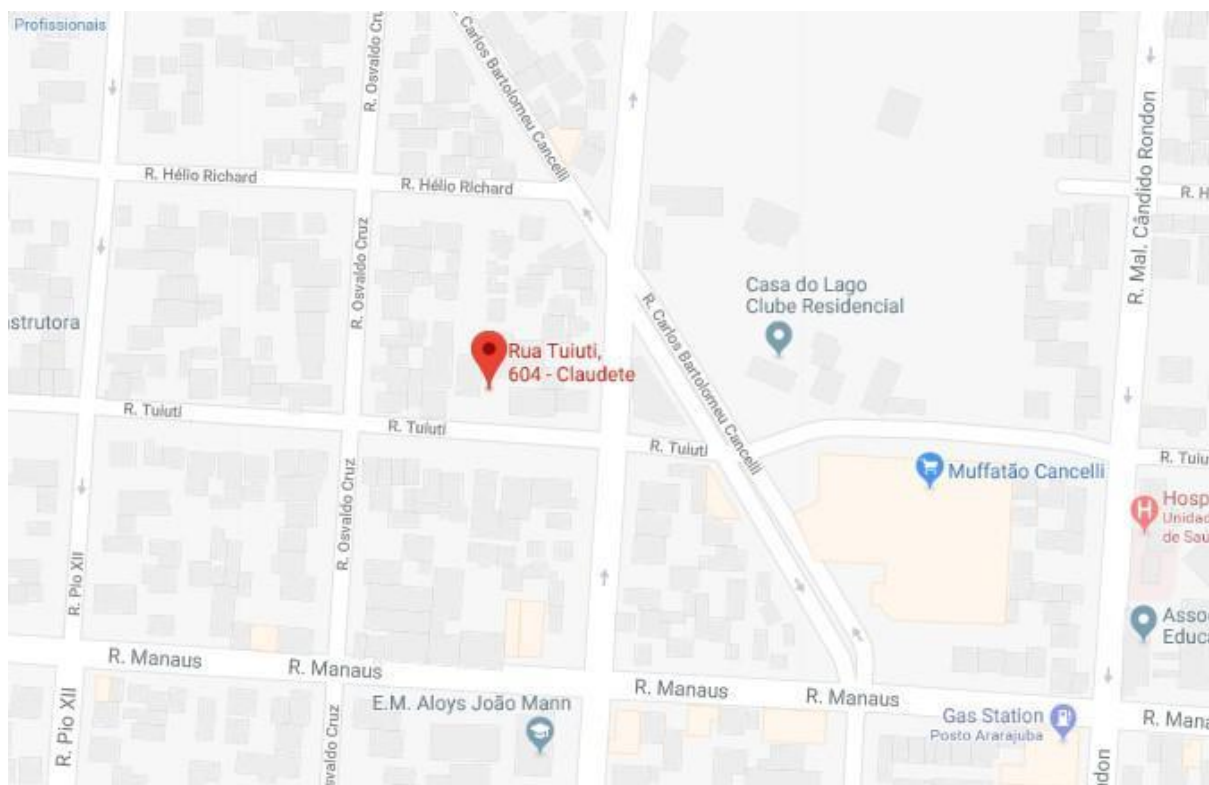
3 METODOLOGIA

No presente trabalho foram realizadas pesquisas científicas através de diversas fontes, realizado simulações em softwares de dimensionamento, para que assim alcançar todos os objetivos listados no pré-projeto. Inicialmente foi dado ênfase na pesquisa literária, através de uma fundamentação teórica, na qual pode-se verificar uma perspectiva de toda a tecnologia assim como o cenário atual.

Após a fundamentação teórica e entendimento dos sistemas fotovoltaicos foi realizado a pesquisa a campo. O orçamento foi realizado na empresa MASTER SOLAR ENERGY, situada na cidade de Cascavel no Paraná, na Avenida Tancredo Neves, centro.

O presente estudo foi realizado em uma residência que está situada na cidade de Cascavel na rua Tuiuti, número 604 conforme a figura 3.1. Residem no endereço 4 pessoas e possui uma área de total de 350m².

Figura 3.1: Localização da residência de estudo



Fonte: Google Maps (2018)

Para obter-se a quantidade de energia elétrica consumida na residência, foi realizado um levantamento do consumo de 12 meses compreendidos entre abril de 2016 a março de 2017 junto a concessionária COPEL.S.A., visando o dimensionamento de um sistema solar fotovoltaico com potência para atender a total demanda do consumidor. Com os dados coletados foi possível a realização no dimensionamento de um sistema que suportaria a demanda da residência.

O dimensionamento foi realizado através do software PVsyst® versão 6.75. O software é responsável também por informar os dados de irradiação solar conforme as coordenadas geográficas através de uma ferramenta dentro do programa denominada METEONORM®.

A viabilidade econômica do projeto foi realizada através de cálculos financeiros, utilizando o método de payback descontado. Para a realização deste método faz necessário determinar o valor inicial do investimento, portanto foi obtido um orçamento junto a empresa MASTER SOLAR ENERGY.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento de um sistema solar fotovoltaico requer algumas análises, a primeira análise diz respeito ao levantamento do consumo anual da unidade consumidora, este levantamento foi realizado através da concessionária COPEL, no qual foi levantado dados de um período compreendido entre abril de 2016 e março de 2017, totalizando 12 meses.

A tabela 4.1 a seguir demonstra o consumo mensal da unidade consumidora e com esses dados foi possível identificar uma média mensal de consumo de 314 kWh.

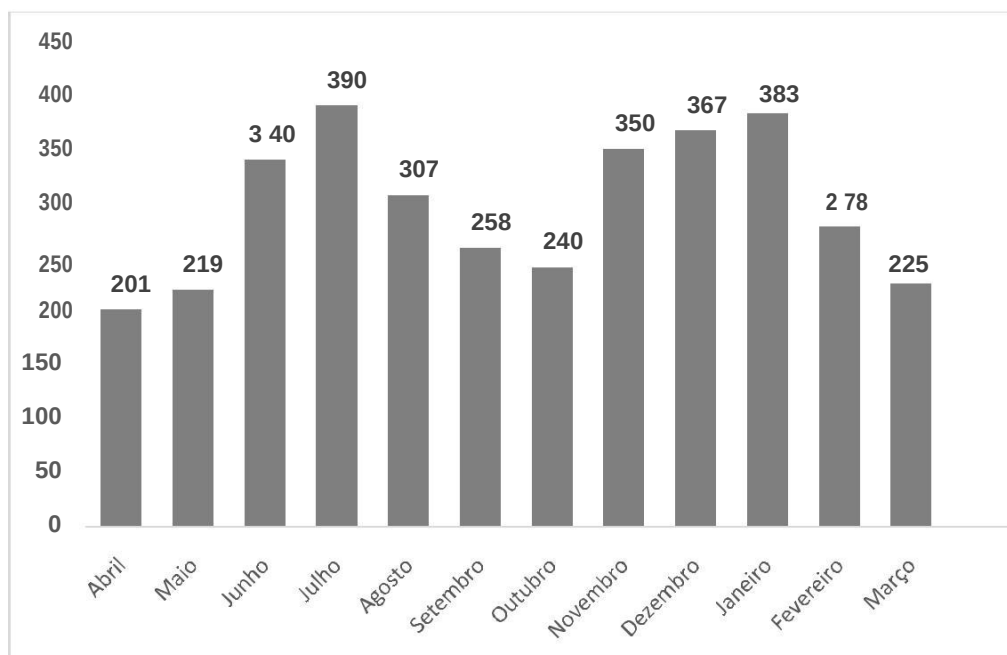
Tabela 4.1 - Histórico e consumo de energia elétrica

Mês/Ano	Consumo (kWh)	Consumo médio diário (kWh)
04/2016	201	6,7
05/2016	219	7,3
06/2016	340	11,33
07/2016	390	13
08/2016	307	10,23
09/2016	258	8,6
10/2016	240	8
11/2016	350	11,66
12/2016	367	12,23
01/2017	383	12,76
02/2017	278	9,26
03/2017	225	7,5
MÉDIA ANUAL MENSALIZADA (kWh)		314

Fonte: Copel – Adaptado pelo autor

Por ser uma unidade consumidora residencial é notável um aumento no consumo nos meses de inverno e verão, devido ao uso de aquecedores e ar condicionados nas estações respectivas. A seguir é possível identificar no gráfico 4.1 os valores obtidos.

Gráfico 4.1- Variação consumo de energia kWh



Fonte: Copel – Adaptado pelo autor

Através dos dados obtidos e com base no software PVsyst® foi possível a elaboração do dimensionamento de um sistema que atenderia às necessidades diárias de esta unidade consumidora. O dimensionamento é verificado na sequência de imagens a seguir, iniciando com a localidade do projeto.

Figura 4.1- Identificação do projeto

Project's location

Project

Project name: Sistema solar Fotovoltaico em uma residência em Cascavel

Location

Country: Brazil

Site: Cascavel Meteonorm 7.2 (2008-2012)

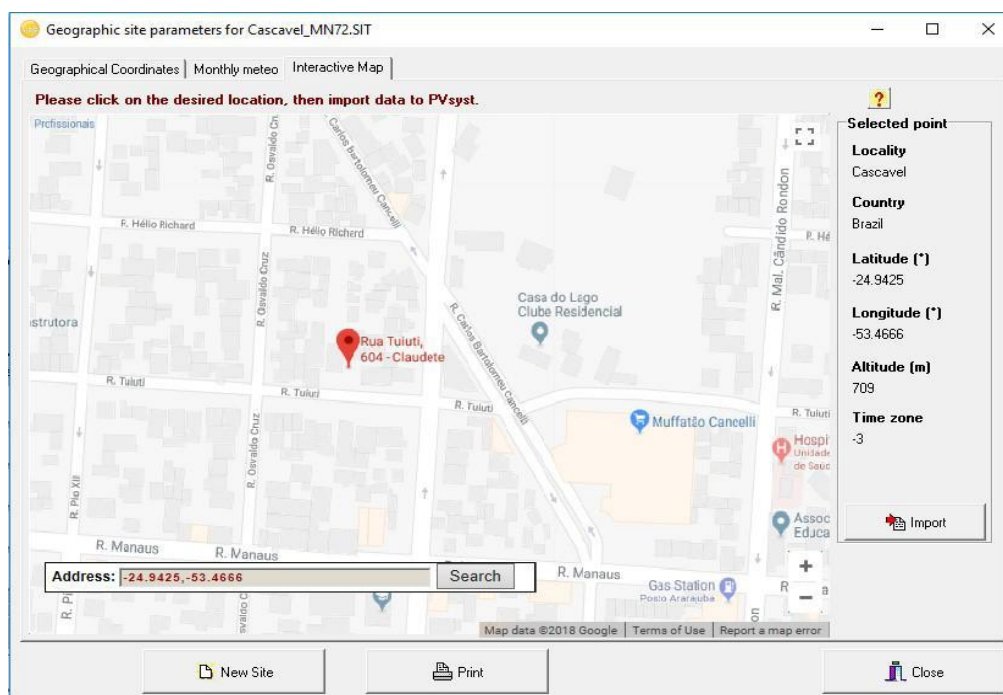
Open site

Cancel OK

Fonte: PVsyst®

Para a realização do projeto fez-se necessário inserir a localização da residência, que está situada na rua Tuiuti, 604, no bairro Cancelli, na cidade de Cascavel no Paraná, localizado na latitude -24.94 a sul e longitude -53.47 a oeste conforme identificado na figura 4.2.

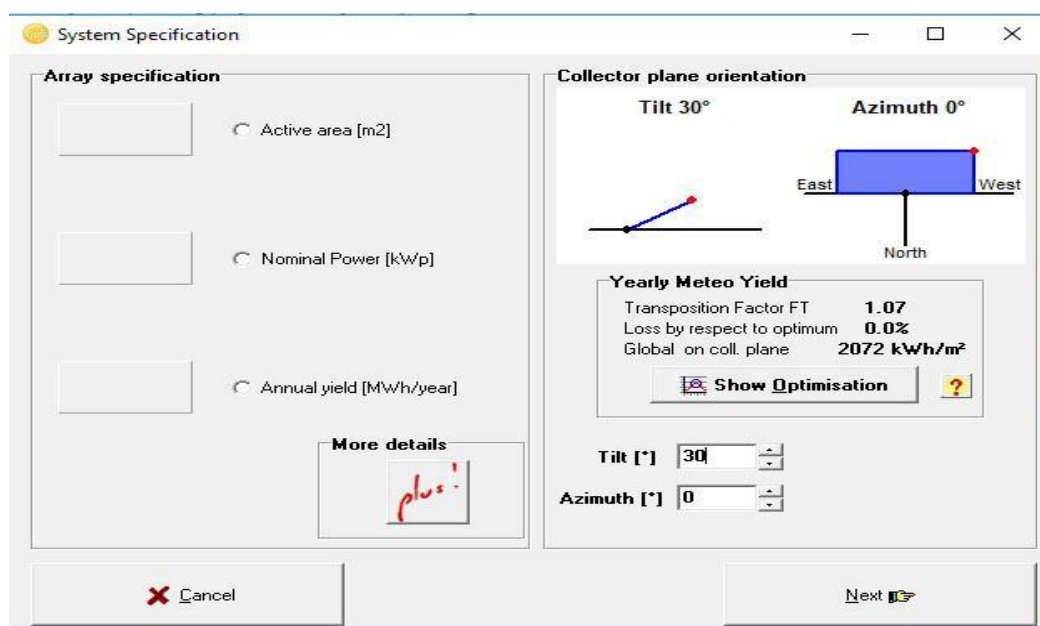
Figura 4.2 - Localização da residência



Fonte: PVsyst®

Outra análise feita para a realização do dimensionamento do sistema diz respeito a captação de energia solar, a sugestão inicial do software PVsyst® para a inclinação dos módulos fotovoltaicos é de 30° do eixo plano, exatamente o prescrito pela literatura, utilizando o valor da latitude acrescido de 5°, obtendo assim uma potência máxima gerada por área de 2072 kWh/m² conforme representa a figura 4.3.

Figura 4.3 - Inclinação dos painéis



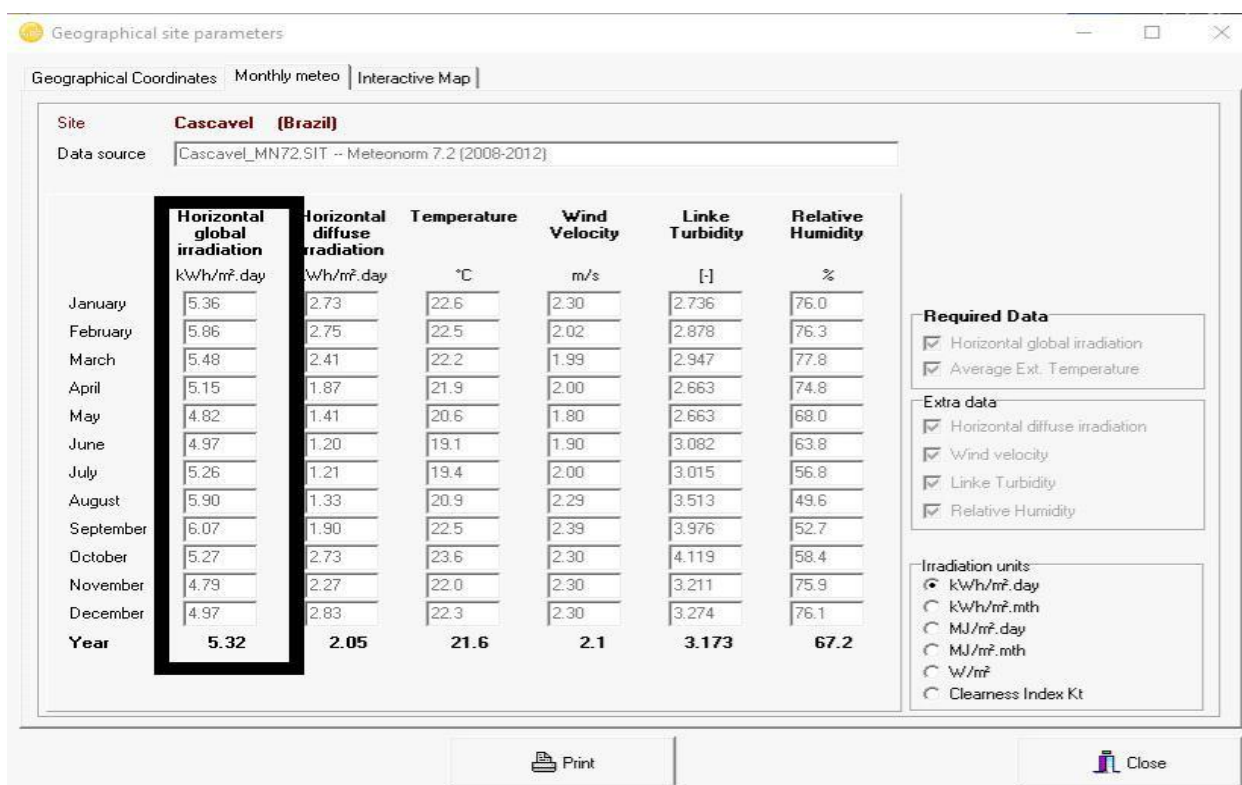
Fonte: PVsyst®

A incidência solar é medida através de uma ferramenta denominada Meteonorm® 7.1, esta responsável pela medição da radiação solar no período compreendido de 12 meses, pode-se observar na figura 4.4 que para a localidade da residência de estudo há uma geração de 5,32 kWh/m².dia.

Além da irradiação anual, pode-se verificar na figura 4.4 que a temperatura média da localidade estudada é de 21,6°C e uma velocidade dos ventos de 2,1 m/s.

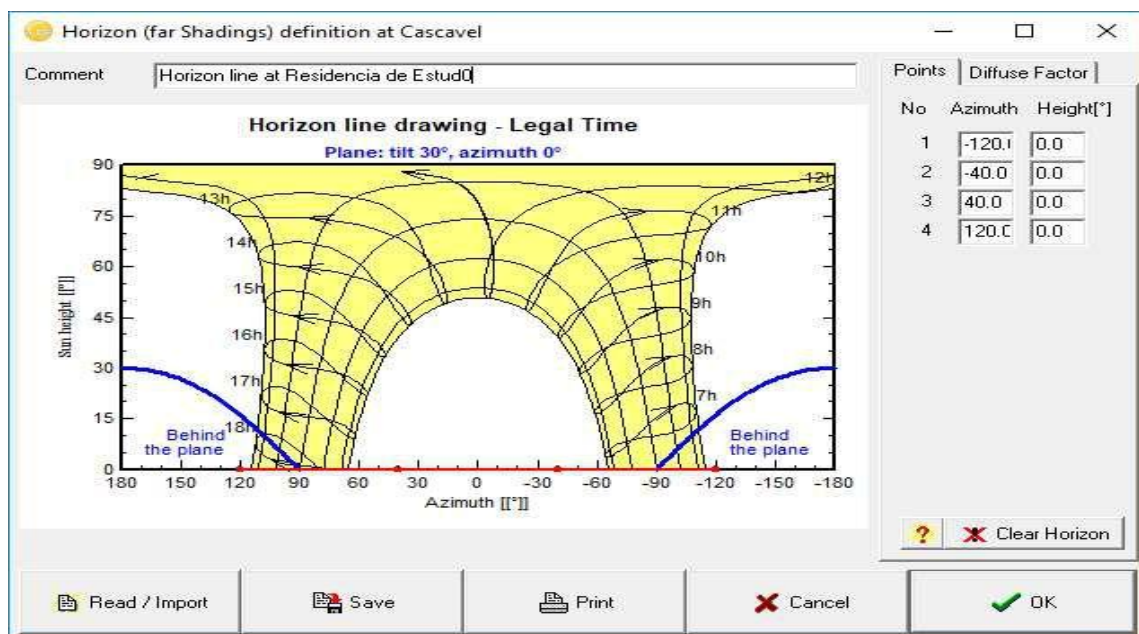
Foi observado a linha de horizonte fornecido pelo software e foi possível identificar sombras e obstáculos para o local da residência de estudo. Não houve grandes perdas por sombreamento, tornando-se viável a instalação do sistema nas configurações sugeridas, a linha de horizonte pode ser visualizada na figura 4.5.

Figura 4.4–Parâmetros Geográficos da Localidade



Fonte: PVsyst®

Figura 4.5–Linha de horizonte



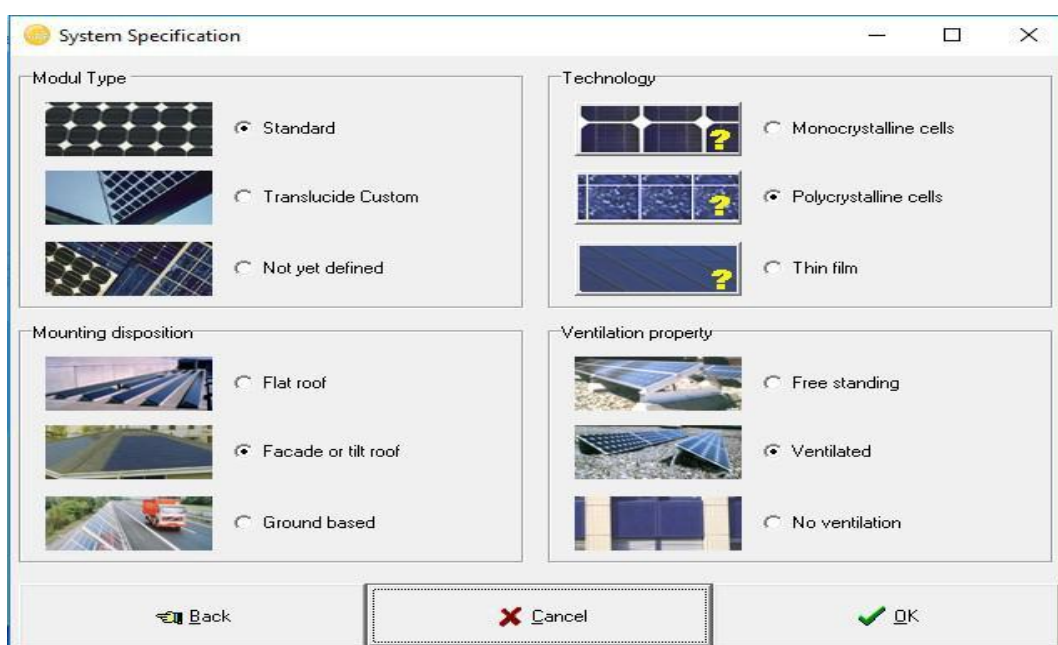
Fonte: PVsyst®

Há três opções para dimensionamento de um sistema através do software, sendo elas por área, por potência nominal e por geração anual. Devido à pouca

disponibilidade de espaço físico a instalação desse sistema optou-se pela opção de dimensionamento através da área. A residência possui uma área útil para instalação de 39,36m².

Para a escolha dos módulos foi levado em consideração a disponibilidade de mercado, além de custo benefício. Para as configurações de instalação, foi utilizado a tecnologia policristalina, o sistema será instalado em plano inclinado e, portanto, deverá utilizar suportes para ventilação dos módulos. Tais informações estão representadas na Figura 4.6.

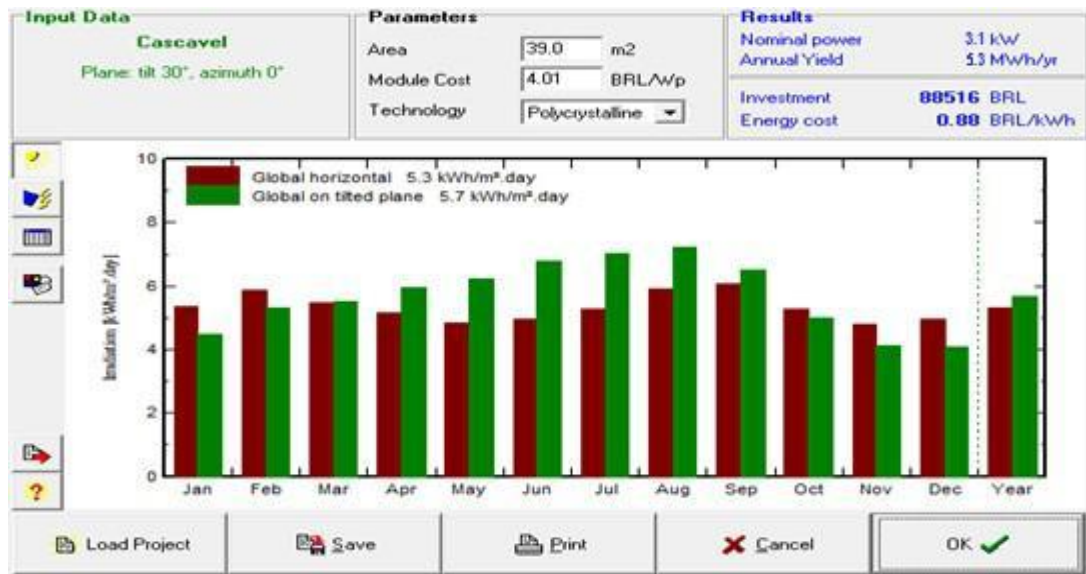
Figura 4.6 - Indicação e configurações dos módulos escolhidos para o projeto



Fonte: PVsyst®

A partir dos dados informados ao software é possível verificar o pré-dimensionamento, pode-se visualizar na figura 4.7 todas as informações apresentadas tais como: a localização do projeto, as configurações de inclinação, os parâmetros de área e custo, a potência do sistema e o custo de investimento. É possível verificar que a produção anual de energia elétrica será de 5.3 MWh/ano.

Figura 4.7—Resultados de pré-dimensionamento



Fonte: PVsyst®

O sistema foi configurado conforme a disponibilidade de área de instalação e foi optado por equipamentos de renome no âmbito nacional e internacional. Foram recomendados entre 6 a 10 módulos fotovoltaicos da marca Canadian Solar Inc. modelo CS6X-325, com potência individual de 325W formando apenas um agrupamento em série denominado string, as potências dos módulos fotovoltaicos foram totalizadas em 2,9 kW. Para que fosse possível atender a demanda dos módulos foi instalado um inversor da marca FRONIUS USA, modelo GALVO 3.1 com potência nominal de 3.1kW e opera na tensão 220V com máxima tensão de entrada de 550V. Estas informações estão representadas no software para a realização do dimensionamento, e exibidas na figura 4.8.

Figura 4.8—Simulação dos equipamentos

Grid system definition, Variant: "New simulation variant"

Global System configuration
 1 Number of kinds of sub-arrays
 ? Simplified Schema

Global system summary

Nb. of modules	10	Nominal PV Power	3.3 kWp
Module area	20 m²	Maximum PV Power	3.2 kWdc
Nb. of inverters	1	Nominal AC Power	3.1 kWac

PV Array

Sub-array name and Orientation
 Name: PV Array
 Orient: Fixed Tilted Plane
 Tilt: 30°
 Azimuth: 0°

Presizing Help
☐ No sizing
☒ Enter planned power: 2.9 kWp
☐ or available area(modules): 18 m²
 ? Resize

Select the PV module
 Available Now: All PV modules
 Approx. needed modules: 9
 Canadian Solar Inc. 325 Wp 31V Si-poly CS6X - 325P-FG Since 2016 Manufacturer 2017
 Sizing voltages: Vmpp (60°C) 31.6 V
 Voc (-10°C) 50.7 V
☐ Use Optimizer

Select the inverter
 Available Now: Output voltage 230 V Mono 50Hz ☒ 50 Hz ☒ 60 Hz
 Fronius International 3.1 kW 165 - 440 V HF Tr 50/60 Hz Galvo 3.1-1 Since 2013
 Nb. of inverters: 1 ☒ Operating Voltage: 165-440 V Global Inverter's power: 3.1 kWac
 Input maximum voltage: 550 V

Design the array
Number of modules and strings
 Mod. in series: 10 ☒ between 6 and 10
 Nbre strings: 1 ☒ only possibility 1
 Overload loss: 0.0 % ?
 Prom ratio: 1.05
 Nb. modules: 10 Area: 20 m²

Operating conditions:

Vmpp (60°C)	31.6 V
Vmpp (20°C)	37.8 V
Voc (-10°C)	50.7 V

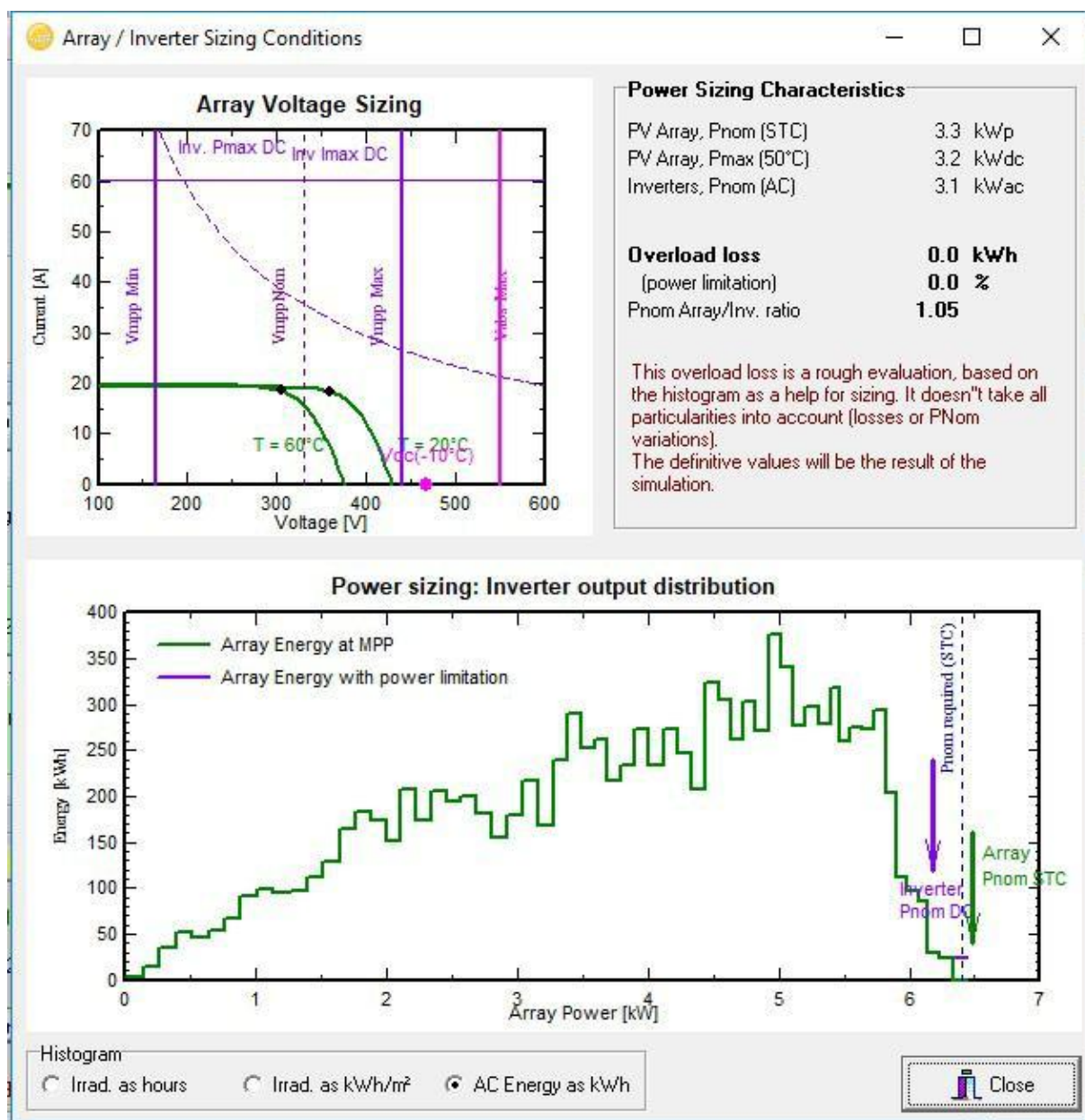
 Plane irradiance: 1000 W/m²
 Imp (STC): 8.8 A
 Isc (STC): 9.3 A
 Isc (at STC): 9.3 A

☐ Max. in data
☒ STC
 Max. operating power: 2.9 kW
 at 1000 W/m² and 50°C
Array nom. Power (STC): 3.3 kWp

Fonte: PVsyst®

O dimensionamento não apresentou problemas na faixa de tensão e como pode-se verificar na figura 4.9, não haverá produção fora da faixa a potência nominal do inversor. O arranjo apresenta 0% de perdas de sobrecarga, e opera na faixa de tensão recomendada pelo inversor conforme é indicado na figura 4.9.

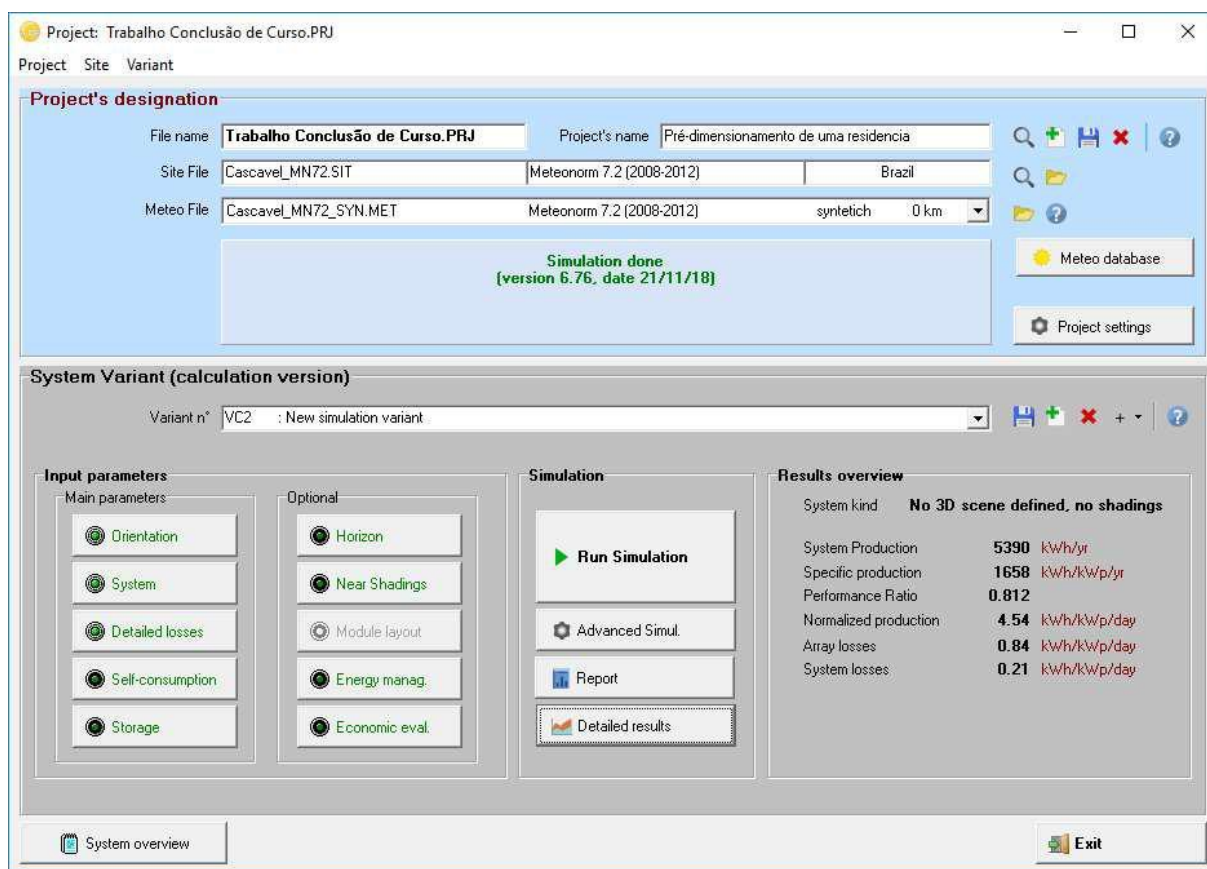
Figura 4.9–Gráficos do dimensionamento da tensão



Fonte: PVsyst®

Após definir todos os parâmetros de dimensionamento do sistema solar fotovoltaico, foi executado a simulação do projeto, onde foi verificado positivo no dimensionamento e fez-se, portanto, possível a instalação do projeto. Na Figura 4.10 nota-se os resultados da simulação, garantindo uma geração de energia elétrica através do sol de 5.390 kWh/ano.

Figura 4.10—Simulação do Dimensionamento



Fonte: PVsyst®

A simulação do projeto fotovoltaico utilizando o software PVsyst® pode-se observar uma vasta gama de informações através do programa e possibilidade de instalação do sistema com os dados obtidos da simulação.

4.2 ESTUDO DE PAY BACK

Para que fosse possível a elaboração de um estudo de payback do sistema fotovoltaico fez-se necessário a solicitação de um orçamento na empresa MASTER SOLAR ENERGY LTD A. O orçamento encontra-se no Anexo 02, e é possível verificar que para atender o consumo médio da residência foi dimensionado um sistema de geração média anual estimada de 3.900 kWh/ano, consistindo em uma média de geração mensal de 325 kWh/mês, considerando a performance ratio de 75%, o sistema foi dimensionado para suprir 103,5% do consumo.

Na proposta da empresa MASTER SOLAR ENERGY, foi utilizado um inversor da marca CANADIAN SOLAR 3000W e uma potência de 2.92 kWp em módulos fotovoltaicos, além de estruturas de alumínio para fixação, cabos solares, quadros de proteção, conectores e a mão de obra.

O sistema conta com equipamentos proteção, assim com string box que consiste em uma caixa especial com grau de proteção IP65, instalada um DPS PV 1000 VDV, 40ka e uma chave seccionadora PV 1000 VDC 25A. No quadro geral de distribuição da residência é instalado um disjuntor bipolar modelo DIN 32ª curva D atuação C e um DPS 40kA, 175/275V. O arranjo dos módulos e inversor está dimensionado em uma malha de aterramento com uma haste cobreada de 12X2400mm. Portanto, toda a instalação do sistema solar fotovoltaico foi orçada em R\$ 16.292,40.

Para a elaboração do estudo de payback foi utilizado a tarifação disposta pela concessionária local, como se trata de uma residência, a caracterização dos subgrupos convencionais é denominada subgrupo B1. Para análise dos valores de tarifação foi recolhido informações no site na concessionária COPEL e pode-se visualizar na tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Indicação da tarifação residencial

Tarifa Branca	Resolução ANEEL N° 2.402,	
B1 - Residencial	de 19 de junho de 2018	
Tarifas	Resolução	Com Impostos:
	ANEEL	ICMS e PIS/COFINS
Consumo (R\$/kWh)		
Ponta	0,91974	1,39355
Intermediário	0,59690	0,90439
Fora de Ponta	0,43568	0,66012
Vigência em 24/06/2018		

Fonte: COPEL

O período para retorno de investimento foi determinado pela razão entre o investimento inicial e o retorno da geração anual de energia elétrica. A tabela 4.3 apresenta a evolução de fluxo de caixa para o investimento.

Tabela 4.3 - Fluxo de caixa do investimento

Ano	Geração anual	Acumulado	Fluxo de caixa
1	3.899,88	3.094,94	R\$ -13.197,46
2	3.868,68	6.401,23	R\$ -9.891,17
3	3.837,73	9.933,28	R\$ -6.359,12
4	3.807,03	13.706,52	R\$ -2.585,88
5	3.776,57	17.737,41	R\$ 1.445,01

Fonte: Autor

O retorno de investimento utilizando-se do método do payback fornecido pela empresa MASTER SOLAR ENERGY LTDA conforme o anexo 02 resulta em um retorno de investimento de quatro anos e oito meses, fazendo uma economia de R\$ 174.706,04 no período compreendido de 25 anos, período de vida útil da instalação.

Na metodologia aplicada ao desenvolvimento da pesquisa foi possível verificar o consumo médio mensal e anual da residência de estudo, para assim, ser permitido a elaboração do dimensionamento que atenderia 100% da demanda da unidade consumidora.

Em ambos projetos pode-se verificar uma semelhança da quantidade de geração de energia elétrica anual, observando pelo viés financeiro do sistema foi possível verificar através do payback simples realizado pela empresa que o mesmo teria um retorno de investimento inferior a cinco anos.

Em síntese o projeto apresenta a partir dos resultados do dimensionamento realizado pelo software e pelo estudo feito com a empresa, que existe a possibilidade da instalação deste sistema solar fotovoltaico para atender a demanda da residência em estudo.

Quanto a viabilidade financeira do projeto, consta-se que o valor de investimento é relativamente baixo, e a vida útil da instalação é superior ao retorno do investimento inicial, portanto torna-se viável a instalação do sistema proposto desta pesquisa.

5 CONCLUSÃO

A geração de energia elétrica proveniente da fonte solar vem crescendo gradualmente no âmbito mundial, com potencial relevante o Brasil ainda sofre pela indisponibilidade financeira, já que as instalações de sistemas solares fotovoltaicos demandam um custo inicial de investimento elevado, entretanto, quando observarmos pelo prisma do custo da fatura de energia elétrica, este investimento é viável.

O trabalho apresenta o dimensionamento completo de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede elétrica, utilizando-se do software PVsyst®. Obtém-se a quantidade de energia elétrica gerada pelo sistema, assim como o valor do investimento fornecido pela empresa MASTER SOLAR ENERGY LTDA, e o payback desse investimento, para assim analisar-se a viabilidade de instalação de painéis solares em residências, todos os valores são aproximados.

Feita a análise dos dados e dimensionamento do projeto e o mesmo se mostrou viável onde apresentou que em menos de 5 anos o sistema terá o investimento inicial recuperado, levando em consideração os resultados obtidos através do cálculo de payback e orçamento fornecido pela empresa.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **RN N° 482**: Resolução normativa nº 482. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2012. 4 p. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Resolucao_Normativa_482, de 2012 - bip-junho-2012.pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Resolucao_Normativa_482_de_2012_-_bip-junho-2012.pdf)>. Acesso em: 04 jun. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **RN N° 687**: Resolução normativa nº 687. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2015. 25 p. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

BETTENCOURT, Marcia Pires da Luz. **Produção de energia elétrica e licenciamento ambiental**: Cidadania no Brasil em tempo de crise ecológica. 2017. 221 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência da Informação, Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <http://ridi.ibict.br/bitstream/123456789/937/1/Tese_Marcia_Pires_2017.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2018.

BRAGA, Renata Pereira. **Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos e Aplicações**. 2008. 67 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10001103.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

BRASIL. Aneel. Agência Nacional de Energia Elétrica (Org.). **Atlas de Energia Elétrica no Brasil**. 2002. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2018.

_____. BRASIL. (Org.). **Energia renovável representa mais de 42 por cento da matriz energética brasileira**. 2015. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/editoria/meio-ambiente/2015/11/energia-renovavel-representa-mais-de-42-da-matriz-energetica-brasileira>>. Acesso em: 07 jun. 2018.

_____. Fernando Coelho Filho. Ministério de Minas e Energia (Org.). **Balanço Energético Nacional**. Brasília: Empresa de Pesquisa Energética, 2017. 296 p. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2018.

_____. Isadora de Afrodite Richwin Ferreira. Wwf (Ed.). **Políticas para fontes renováveis de energia elétrica no Brasil**. 2012. Disponível em: <https://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/alem_de_grandes_hidreletricas_su_mario_para_tomadores_de_decisao.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2018.

_____. Romeu Donizete Rufino. Diretor (Org.). **Micro e Minigeração Distribuída: Sistema de compensação de Energia Elétrica**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+M>>

inigeração+Distribuida+-+2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161>.
Acesso em: 13 jun. 2018.

BRASILIA. Aneel. Agencia Nacional de Energia Elétrica (Org.). **Energia solar fotovoltaica**: Brasília: Absolar, 2017. 30 slides, color. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/10184/15266087/painel+3+ap+7+2017.10.19+AB+SOLAR+-+Energia+Solar+Fotovoltaica+-+Dr.+Rodrigo+Lopes+Sauaia.pdf/54f8b161-751b-0639-bd04-77a60cac45c3>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

BRUM, Thiago Santos. **Projeto de Uso de Energia Fotovoltaica Como Fonte Emergencial**. 2013. 72 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10006178.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

CARDOSO, Bruno Monteiro. **Uso da Biomassa como Alternativa Energética**. 2012. 112 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10005044.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia**. 2017. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-40/PDE2026.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

GARRIDO, Emmanuel Loureiro (Ed.). **Tecnologia Fotovoltaica**. Disponível em: <https://paginas.fe.up.pt/~ee03096/index_ficheiros/Page830.htm>. Acesso em: 04 jun. 2018.

KASPARY, Rosane Maria. **Energia Eólica no Brasil: Uma Análise das Vantagens e Desvantagens**. 2015. Disponível em: <http://www.inovarse.org/sites/default/files/T_15_430.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2018.

MARINA GROSSI (Rio de Janeiro). Conselho Empresarial Brasileiro Para O Desenvolvimento Sustentável (Comp.). **Gerenciamento de Riscos Hídricos no Brasil e o Setor Empresarial: desafios e oportunidades**. 2015. Disponível em: <http://www.ahkbrasilien.com.br/fileadmin/ahk_brasilien/portugiesische_seite/departamentos/Meio_Ambiente/CEBDS_RiscoHidrico_BAIXA.PDF>. Acesso em: 04 jun. 2018.

MIRANDA, Arthur Biagio Canedo Montesano. **Análise da viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico conectado a rede**. 2014. 98 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10010504.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2018.

PINTO, Carlos et al. **Energia Solar**. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2015. 29 p. Disponível em:

<https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/submit_14_15/uploads/relat_1MIEEC03_1.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2018.

Rodrigo Limp Nascimento (Comp.). **Energia Solar no Brasil: Situações e Perspectivas**. Brasília: Consultoria Legislativa, 2017. 46 p.

SANTOS, Reginaldo Ferreira; SIQUEIRA, Jair Antônio Cruz (Org.). **Fontes Renováveis**. Cascavel: Edunioeste, 2012. 207 p.

SERRÃO, Marcos Antônio dos Santos. **Dimensionamento de um sistema fotovoltaico para uma casa de veraneio em pouso da Cajaíba-Paraty**. 2010. 99 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10000620.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

SIQUEIRA, Lucas Matias de. **Estudo do Dimensionamento e da Viabilidade Econômica de Microgerador Solar Fotovoltaico Conectado a Rede**. 2015. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2015. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/labsolar/files/2011/05/Estudo-do-Dimensionamento-e-da-Viabilidade-Econômica-de-Microgerador-Solar-Fotovoltaico.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2018.

SOUZA, Ronilson di (São Paulo) (Ed.). **Os sistemas de Energia Solar Fotovoltaica**. Ribeirão Preto: Bluesol, 2016. 114 p. Disponível em: <<http://programaintegradoronline.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Livro-Digital-de-Introdução-aos-Sistemas-Solares-novo.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2018.
TOLMASQUIM, Mauricio T.; GERREIRO, Amilcar; GORINI, Ricardo. Matriz Energética Brasileira. **SciELO**. Brasil, p. 1-23. nov. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/nec/n79/03.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

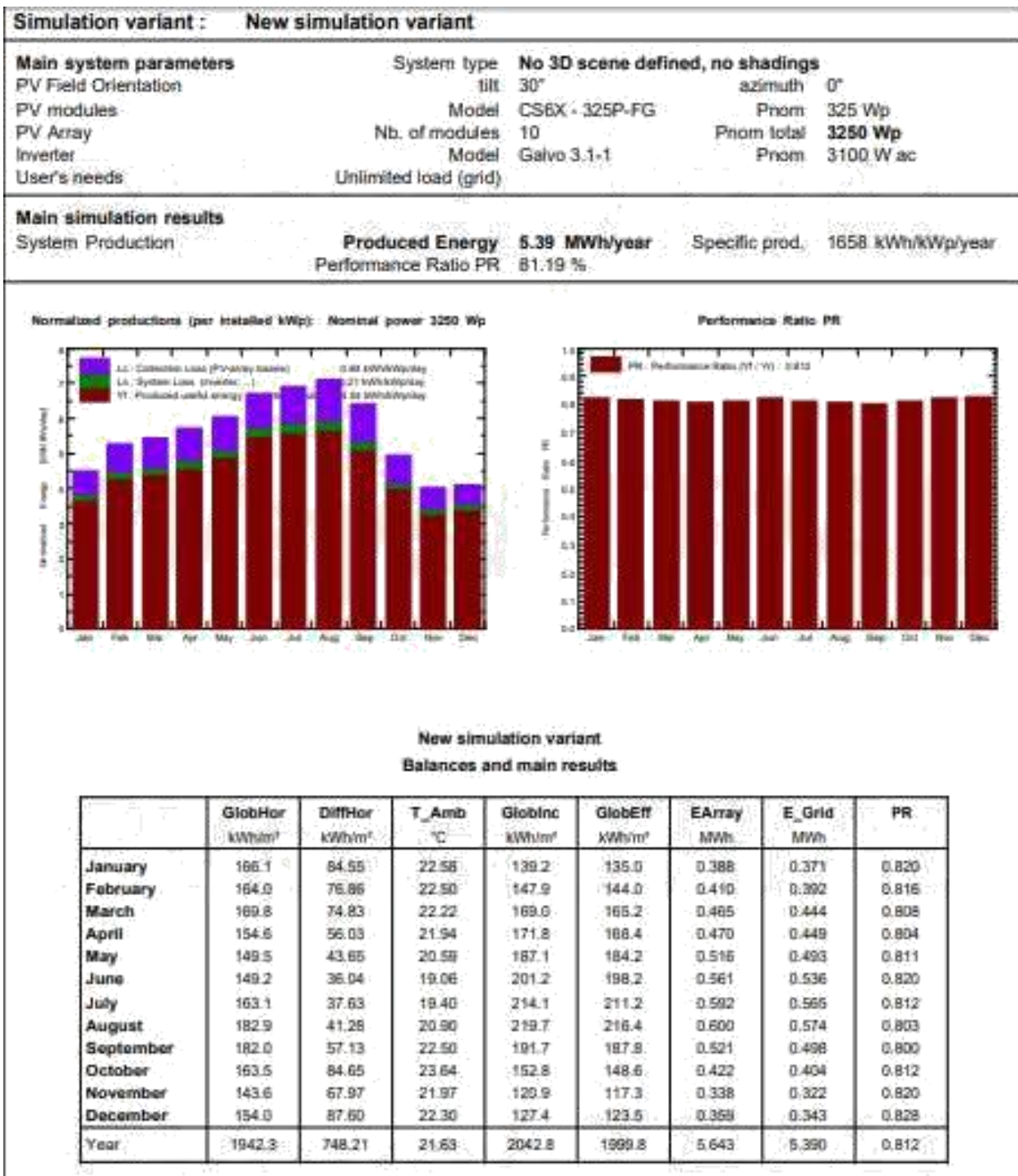
TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno (Org.). **Fontes renováveis de Energia no Brasil**. Rio de Janeiro: Interciência, 2003. 513 p.

SUMÁRIO DE APÊNDICE/ANEXO

1	APÊNDICE 01 - PARAMETROS DE DIMENSIONAMENTO.....	39
2	ANEXO 01 - ORÇAMENTO.....	41

APÊNDICE 01 - PARA METROS DE DIMENSIONAMENTO

PVSYST V6.76			21/11/18	Page 1/3					
Grid-Connected System: Simulation parameters									
Project : Pré-dimensionamento de uma residencia									
Geographical Site	Cascavel	Country	Brazil						
Situation	Latitude	-15.87° S	Longitude	-47.93° W					
Time defined as:	Legal Time	Time zone UT-3	Altitude	1070 m					
	Albedo	0.20							
Meteo data:	Cascavel	Meteonorm 7.2 (2008-2012) - synteich							
Simulation variant : New simulation variant									
	Simulation date	21/11/18 08h06							
Simulation parameters	System type	No 3D scene defined, no shadings							
Collector Plane Orientation	Tilt	30°	Azimuth	0°					
Models used	Transposition	Perez	Diffuse	Perez, Meteonorm					
Horizon	Free Horizon								
Near Shadings	No Shadings								
User's needs :	Unlimited load (grid)								
PV Array Characteristics									
PV module	Si-poly	Model	CS6X - 325P-FG						
Original PVsyst database	Manufacturer	Canadian Solar Inc.							
Number of PV modules	In series	10 modules	In parallel	1 strings					
Total number of PV modules	Nb. modules	10	Unit Nom. Power	325 Wp					
Array global power	Nominal (STC)	3250 Wp	At operating cond.	2915 Wp (50°C)					
Array operating characteristics (50°C)	U mpp	331 V	I mpp	8.8 A					
Total area	Module area	19.5 m²	Cell area	17.5 m²					
Inverter									
Original PVsyst database	Model	Galvo 3.1-1							
Characteristics	Manufacturer	Fronius International							
	Operating Voltage	165-440 V	Unit Nom. Power	3.10 kWac					
Inverter pack	Nb. of inverters	1 units	Total Power	3.1 kWac					
			Phom ratio	1.05					
PV Array loss factors									
Thermal Loss factor	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (wind)	0.0 W/m²K / m/s					
Wiring Ohmic Loss	Global array res.	633 mOhm	Loss Fraction	1.5 % at STC					
Module Quality Loss			Loss Fraction	-0.4 %					
Module Mismatch Losses			Loss Fraction	1.0 % at MPP					
Strings Mismatch loss			Loss Fraction	0.10 %					
Incidence effect (IAM): User defined IAM profile									
	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
	0.998	0.998	0.995	0.992	0.986	0.970	0.917	0.763	0.000



Grid-Connected System: Loss diagram

Project : Pré-dimensionamento de uma residencia

Simulation variant : New simulation variant

Main system parameters

PV Field Orientation

PV modules

PV Array

Inverter

User's needs

System type

tilt

Model

Nb. of modules

Model

Unlimited load (grid)

No 3D scene defined, no shadings

30°

CS6X - 325P-FG

10

Galvo 3.1-1

azimuth

0°

Pnom

Pnom total

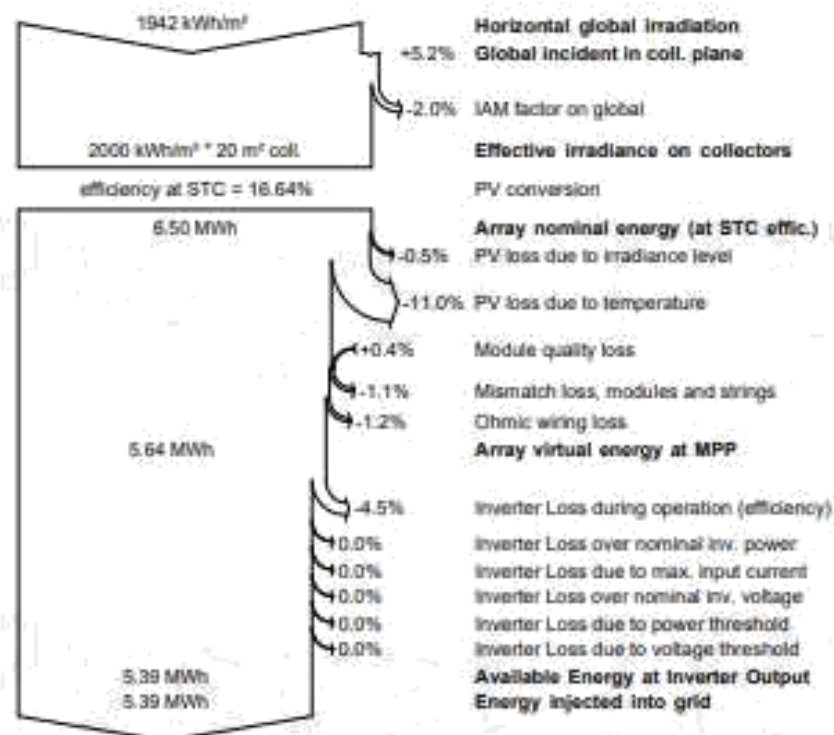
Pnom

325 Wp

3250 Wp

3100 W ac

Loss diagram over the whole year



ANEXO 01 – ORÇAMENTO



**MASTER
SOLAR**
ENERGIA SUSTENTÁVEL

PROPOSTA PARA GERAR SUA PRÓPRIA ENERGIA E LÉTRICA

JARED MENDES

Fone: / (45) 9 9830-3138

E-mail: lessajorge67@gmail.com

RUA TUIUTI, 604, CEP: 85.808-453

CASCADEL - PR

Proposta Comercial – PC0318-2018

SOBRE NÓS

Atuando no mercado de Energias Renováveis desde 2012, a MASTER SOLAR ENERGY é a Empresa pioneira no interior do Paraná em implantação de Sistemas Fotovoltaicos.

Idealizada a partir da parceria de Empreendedores ligados às áreas de Engenharia Elétrica, Engenharia Civil e Administração, a Empresa, sediada em Cascavel, contou desde o início com experiência destes profissionais, baseada em aproximadamente 06 anos com Energia Solar Fotovoltaica na Espanha e mais de 20 anos no ramo da Construção Civil.

Como empresa pioneira no segmento, a MASTER SOLAR ENERGY oferece um Know-how único em Energia Solar Fotovoltaica. Os projetos são elaborados em torno de Soluções Completas adequadas ao seu perfil. Nós trabalhamos no conceito Turn-key (Chave na Mão), onde cuidamos de cada detalhe desde a avaliação inicial até a instalação, tudo sempre feito por profissionais especializados, proporcionando maior segurança e tranquilidade tanto na Implantação como no Pós-venda.

Atualmente a MASTER SOLAR ENERGY conta com uma equipe técnica multidisciplinar, abrangendo profissionais das Engenharias Eletroeletrônica e Eletromecânica, Gestão de Projetos e Financiamentos, estando capacitada para administrar a implantação de Projetos até os limites da Mini Geração (05 MW) em qualquer local do Brasil.

Entre os principais feitos da MASTER SOLAR ENERGY, destaca-se o pioneirismo na conexão de um Sistema Solar Fotovoltaico no interior do Paraná (COPEL), e à rede da Concessionária ENERGISA, em Guarapuava-PR. A MASTER SOLAR ENERGY possui alguns dos maiores projetos implantados no Paraná.

**NOSSA EXPERTISE QUALIFICA-NOS PARA SER O PARCEIRO
IDEAL NA IMPLANTAÇÃO DO SEU PROJETO SOLAR**

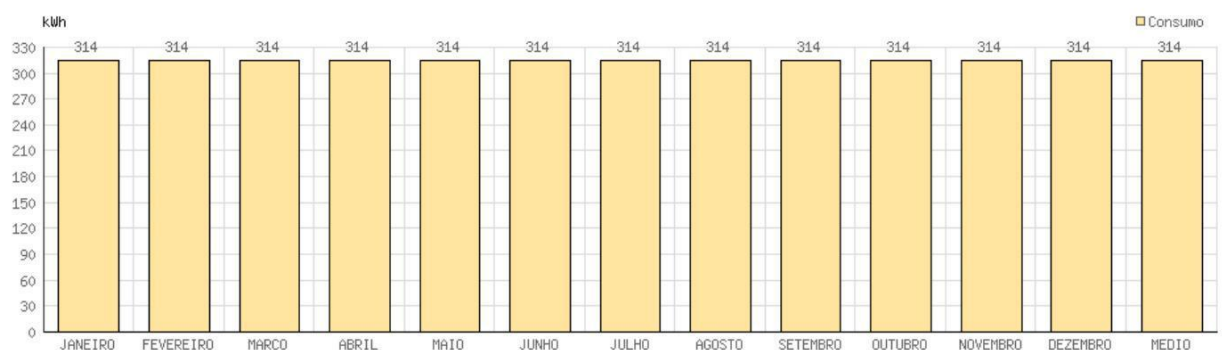
MASTER SOLAR ENERGY LTDA vem apresentar, de acordo com as especificações técnicas recebidas, proposta para Confecção de Projeto, Fornecimento de Materiais, Instalação e Conexão de Sistema de Geração Fotovoltaica à Rede da Concessionária local, com potência de 2.92 kWp (Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 e 687/2015), conforme descrição a seguir:

1. MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Inclui todos os equipamentos e materiais para perfeita instalação e funcionamento do Sistema:

- 2.92 kWp em módulos fotovoltaicos (9x CANADIAN SOLAR 72CELLS 325W POLY-SI 325W).
- 1 inversor(es) modelo CANADIAN SOLAR 3000W este que é responsável pela interface entre os módulos fotovoltaicos e a Rede da Concessionária Local.

NOTA: Potência estimada considerando **performance ratio de 75%**. Geração média estimada em **3.900 kWh/ano (325 kWh/mês)**, compensando 103,5% do consumo médio informado que compreende o período entre 10/2017 e 09/2018. Os módulos fotovoltaicos serão instalados em área sobre telhado, considerando telhados com inclinação mínima de 10° à 0° de azimute Norte.



2. SERVIÇOS TÉCNICOS

Inclui todos os serviços para a perfeita instalação e funcionamento do Sistema:

- Elaboração do(s) projeto(s) de Engenharia;
- Aprovação e administração do(s) projeto(s) junto aos órgãos competentes;
- Instalação do Sistema com mão de obra técnica especializada;

2.1 Escopo exclusivo

- Obras de reforço ou adaptação civil e/ou elétrica para acomodação do Sistema Fotovoltaico.

3. GARANTIAS DO FABRICANTE

- 25 (vinte e cinco) anos para módulos fotovoltaicos, para 80% de eficiência de geração;
- 10 (dez) anos para módulos fotovoltaicos, contra defeitos de fabricação;
- 05 (cinco) anos para inversor (es) de frequência, contra defeitos de fabricação;
- 01 (um) ano para Quadros CC/CA, demais componentes e instalação.

NOTA 02: Primeiro ano da garantia e assistência técnica sem ônus ao cliente, válida a partir da data da entrega técnica.

4. CONDIÇÕES COMERCIAIS

Item	Descrição
Materiais e Equipamentos	• 2.92 kWp em módulos fotovoltaicos; • 1 inversor(es) modelo CANADIAN SOLAR 3000W ; • Estruturas de alumínio para fixação dos módulos em telhado; • Cabos solares, Quadros de proteção CC/CA, conectores e demais materiais necessários para a instalação do sistema;
Serviços Técnicos	• Mão de obra para a instalação e funcionamento do Sistema; • Inversor(es) de frequência - com Monitoramento Wi-Fi; • Elaboração dos projetos necessários à instalação e conexão do sistema a rede da Concessionária Local; • Aprovação dos projetos junto a Concessionária Local; • ENTREGA TÉCNICA e FRETE até o local da instalação;
Total	R\$ 16.292,40 dezesseis mil, duzentos e noventa e dois reais e quarenta centavos

Inclusos de todos os impostos

ANÁLISE DE INVESTIMENTO - PAYBACK

Ano	Geração Ano	Perda 0,8% Anual	Total Geração Líquida	Custo R\$/kWh	Total Economia Ano	Acumulado	Fluxo de Caixa Livre (Acumulado)
1	3.899,88	31,20	3.868,68	0,80	3.094,94	3.094,94	R\$ -13.197,48
2	3.868,68	30,95	3.837,73	0,86	3.306,28	6.401,23	R\$ -9.891,17
3	3.837,73	30,70	3.807,03	0,93	3.532,05	9.933,28	R\$ -6.359,12
4	3.807,03	30,46	3.776,57	1,00	3.773,24	13.706,52	R\$ -2.585,88
5	3.776,57	30,21	3.746,36	1,08	4.030,89	17.737,41	R\$ 1.445,01
6	3.746,36	29,97	3.716,39	1,16	4.308,14	22.043,55	R\$ 5.751,15
7	3.716,39	29,73	3.686,66	1,25	4.600,18	26.643,73	R\$ 10.351,33
8	3.686,66	29,49	3.657,17	1,34	4.914,31	31.558,04	R\$ 15.265,64
9	3.657,17	29,26	3.627,91	1,45	5.249,86	36.807,92	R\$ 20.515,52
10	3.627,91	29,02	3.598,88	1,56	5.608,37	42.416,28	R\$ 26.123,88
11	3.598,88	28,79	3.570,09	1,68	5.991,33	48.407,61	R\$ 32.115,21
12	3.570,09	28,56	3.541,53	1,81	6.400,45	54.808,06	R\$ 38.515,66
13	3.541,53	28,33	3.513,20	1,95	6.837,50	61.645,57	R\$ 45.353,17
14	3.513,20	28,11	3.485,10	2,10	7.304,40	68.949,97	R\$ 52.657,57
15	3.485,10	27,88	3.457,21	2,26	7.803,18	76.753,15	R\$ 60.480,75
16	3.457,21	27,66	3.429,56	2,43	8.338,02	85.089,18	R\$ 68.798,76
17	3.429,56	27,44	3.402,12	2,62	8.905,24	93.994,40	R\$ 77.702,00
18	3.402,12	27,22	3.374,90	2,82	9.513,33	103.507,74	R\$ 87.215,34
19	3.374,90	27,00	3.347,90	3,04	10.162,95	113.670,69	R\$ 97.378,29
20	3.347,90	26,78	3.321,12	3,27	10.856,92	124.527,61	R\$ 108.235,21
21	3.321,12	26,57	3.294,55	3,52	11.598,29	136.125,90	R\$ 119.833,50
22	3.294,55	26,36	3.268,20	3,79	12.390,27	148.516,18	R\$ 132.223,78
23	3.268,20	26,15	3.242,05	4,08	13.236,34	161.752,52	R\$ 145.480,12
24	3.242,05	25,94	3.216,11	4,40	14.140,18	175.892,70	R\$ 159.600,30
25	3.216,11	25,73	3.190,38	4,73	15.105,74	190.998,44	R\$ 174.706,04

PAYBACK (retorno do investimento) em aproximadamente 4 anos e 8 mês(es).

ECONOMIA NOS PRÓXIMOS 25 ANOS

R\$ 174.706,04

5. FORMA DE PAGAMENTO

À vista 10% de desconto ou:

***12 Parcelas sem juros, sem entrada.**

***20% Entrada + 18 parcelas sem juros;**

***50% Entrada + 24 parcelas sem juros.**

MEDIANTE APROVAÇÃO DE CADASTRO

PRAZO DE ENTREGA DA OBRA

60 dias, a contar da data da assinatura do contrato e efetivação do depósito do valor correspondente à entrada.

6. OBSERVAÇÕES

Proposta válida por 10 dias.

Nota 03: Valores sujeitos à variação cambial para prazos acima da validade da proposta.

Nota 04: Pode haver variações na estimativa de geração, principalmente, devido às características de infraestrutura no local da instalação e condições climáticas adversas.

VISITE NOSSO SITE E CONFIRA OS

PROJETOS CONCLUÍDOS

www.mastersolar.com.br/projetos

MASTER SOLAR ENERGY - ENERGIA SUSTENTÁVEL

Missão

Oferecer alternativas sustentáveis de geração de energia com inovação e credibilidade.

Visão

Ser reconhecida como a melhor empresa de implantação de sistemas de geração de energias limpas e renováveis.

Valores

Fé, seriedade, competência, e atitude.

Cascavel, 09 de Novembro de 2018

WESLEY SILVA

MASTER SOLAR ENERGY LTDA - (45) 3035-5030 (45)
9 9933-9821 - wesleysilva@mastersolar.com.br