



**Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Curso de Engenharia de Energia**

**Diagnóstico de um dado Sistema Fotovoltaico
aplicado à região do Lago Sul - DF considerando os
aspectos técnicos, econômicos e de políticas
públicas.**

**Autor: Bruno Rodrigues Martins Lossio
Orientador: Prof.^a Paula Meyer Soares**

**Brasília, DF
2015**



Bruno Rodrigues Martins Lossio

Diagnóstico de um dado Sistema Fotovoltaico aplicado à região do Lago Sul - DF considerando os aspectos técnicos, econômicos e de políticas públicas.

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Energia da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia.

Orientador: Profa Dra. Paula Meyer Soares

**Brasília, DF
2015**

CIP – Catalogação Internacional da Publicação*

Lossio, Bruno Rodrigues Martins.

Diagnóstico de um dado Sistema Fotovoltaico aplicado à região do Lago Sul - DF considerando os aspectos técnicos, econômicos e de políticas públicas- Brasília: UnB, 2014. 103 p. : il. ; 29,5 cm.

Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília
Faculdade do Gama, Brasília, 2015. Orientação: Paula Meyer Soares

1. sistema fotovoltaico 2. energia. 3. Lago Sul I. Soares, Paula M.

CDU Classificação



REGULAMENTO E NORMA PARA REDAÇÃO DE RELATÓRIOS DE PROJETOS DE GRADUAÇÃO FACULDADE DO GAMA - FGA

Bruno Rodrigues Martins Lossio

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em (Nome do Curso) da Faculdade UnB Gama - FGA, da Universidade de Brasília, em (data da aprovação dd/mm/aa) apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

Profa.Dra. Paula Meyer Soares - UnB/ FGA
Orientador

Prof.Dr. Flávio H. J. R. Silva - UnB/FGA
Membro Convidado

Prof Ms. Elton Maia de Lima - ANEEL
Membro Convidado

Esse trabalho é dedicado às pessoas que contribuem para o desenvolvimento de ideias sustentáveis. Que elas possam fazer com que a matriz energética cresça com sabedoria.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que cruzaram a minha vida até hoje, pois de alguma forma elas foram essenciais para o meu amadurecimento. Agradeço também a Deus, aos familiares e amigos que me acompanharam de perto e enviaram energias positivas durante todos os anos acadêmicos, principalmente ao meu pai, minha mãe e irmã.

Aproveito para agradecer a todos os colegas e professores da FGA-UNB que tive o prazer de conhecer, e que me proporcionaram grande conhecimento na área de Engenharia. Um agradecimento especial à professora orientadora Paula Meyer Soares pelo auxílio neste trabalho de conclusão de curso.

“Alimente apenas amor em seu coração.
Quanto maior for sua aliança com o bem,
maior será o bem em sua vida.” Paramahansa
Yogananda

RESUMO

O potencial energético do Brasil é enorme quando comparados com outros países. No que tange a energias renováveis cerca de 46% do consumo da energia no país é oriunda de fontes renováveis. Essa característica da oferta de energia no país, a energia solar, vem se expandindo em uma escala crescente. Nesse sentido, o referido estudo fez uma análise técnica, de viabilidade econômica e de políticas públicas voltadas a região do DF com destaque para a região do Lago Sul. Foi adotado método quantitativo com a verificação de indicadores financeiros (payback e VPL), e método qualitativo e quantitativo para a verificação da eficácia da política pública na região. Para a realização do estudo adotou-se estudo de caso e o uso de variáveis características do referido sistema fotovoltaico, tais como: irradiação solar, inclinação do telhado, consumo mensal de energia (kWh), área disponível para implementação, área de sombreamento, entre outros. Os resultados mostram os elevados custos de implantação para o dado sistema fotovoltaico e a ineficácia das políticas públicas para esse segmento existentes até o momento presente.

Palavras-chave: energia solar, sistema fotovoltaico, políticas públicas, Lago Sul, eficiência.

ABSTRACT

Brazil has a significant energy potential along its territory. Considering the renewable energies, only 46% of the country consumption is due to the renewable sources. With that example of energy offer, the solar energy has been increasing in a rising scale. On that way, this project shows a technical and economic analysis, and public policy for the Federal District state in Lago Sul town. A quantity method has been used considering some economic indicators like payback, net present value and internal rate of return to analyze the economic viability. Additionally, a qualitative and quantity method has been used to verify the efficiency of the public policy and state's incentive. The data collected in a Lago Sul residence was used to analyze the solar theories in a real case such as solar irradiance, roof angle, monthly energy consumption and the photovoltaic area used by solar panels. The results represent the high cost to install a photovoltaic system and the inefficiency of the public policy in that field until the present moment.

Keywords: solar energy, photovoltaic system, public policy, Lago Sul, efficiency.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Sistema Interligado Nacional. Fonte: (ONS, 2015) | 18 |
| Figura 2 - Radiação Solar Incidente a Terra Fonte: (Oxford, 2014) | 21 |
| Figura 3 - Movimento de Translação da Terra e suas estações. Fonte: (Magnoli & Scalzaretto, 1998) | 21 |
| Figura 4 - Mapa Mundial de Irradiação Solar Direta Fonte: (SolarGIS, 2013) | 22 |
| Figura 5 - Mapa Mundial de Irradiação Solar Global Fonte: (SolarGIS, 2013) | 23 |
| Figura 6 - Mapa de Irradiação Global no Brasil. Fonte: (SolarGIS, 2014) | 24 |
| Figura 7 - Crescimento dos Tops 10 Países Solares em 2012. Fonte: (Wilson) | 24 |
| Figura 8 - Irradiação Global na Alemanha. Fonte: (SolarGIS, 2011)..... | 25 |
| Figura 9 - Módulo Solar Policristalino Fonte: (Canadian Solar, 2015)..... | 26 |
| Figura 10 - Inversor Fronius Primo Fonte: (Fronius, 2015) | 27 |
| Figura 11 - <i>String Box</i> (CC+CA - 2 Strings) Fonte: (PHB, 2015)..... | 28 |
| Figura 12 - Esquema elétrico String Box (CC+CA - 2 Strings) Fonte: (PHB, 2015) .. | 29 |
| Figura 13 - Mapa de Zoneamento de Usos da Região Administrativa do Lago Sul Fonte: (LUOSDF, 2014) | 31 |
| Figura 14 - Legenda do Mapa de Zoneamento de Uso da Região Administrativa do Lago Sul Fonte: (LUOSDF, 2014) | 32 |
| Figura 15 - Vista aérea da residência Fonte: (Google Earth, 2015) | 32 |
| Figura 16 - Imagem do telhado disponível para implementação fotovoltaica | 33 |
| Figura 17 - Demonstração das medições em metro do telhado disponível para instalação | 33 |
| Figura 18 - Painel Solar Canadian Solar modelo CS6P- 255p Fonte:..... | 39 |
| Figura 19 - Modelagem 3D no Revit..... | 42 |
| Figura 20 - Inversor Fronius Primo 5.0 -1 Fonte: (Fronius, 2015) | 43 |
| Figura 21 - Suporte de painéis fotovoltaicos para telhados Fonte: (Hartbau, 2015).. | 45 |
| Figura 22 - Conectores MC4 Fonte: (Villalva & Gazoli, 2012) | 48 |
| Figura 23 - Conector MC4 multi-branch Fonte: (Villalva & Gazoli, 2012) | 48 |
| Figura 24 - Esquema didático do sistema fotovoltaico conectado à rede Fonte:..... | 50 |
| Figura 25 - Tela inicial do programa SAM | 68 |
| Figura 26 - Segunda Tela do Programa SAM | 69 |
| Figura 27 - Janela de localização do SAM | 69 |
| Figura 28 - Escolha do modulo solar no programa SAM..... | 70 |
| Figura 29 - Escolha do Inversor no programa SAM | 70 |
| Figura 30 - Design do Sistema Fotovoltaico no programa SAM..... | 71 |
| Figura 31 - Segunda parte de configuração do design de sistema no SAM..... | 71 |
| Figura 32 - Modificação dos custos do sistema fotovoltaico no SAM..... | 72 |
| Figura 33- Configurando os Parâmetros Financeiros no SAM | 72 |
| Figura 34- Configurando a janela de incentivos no SAM | 73 |
| Figura 35- Janela para configuração das taxas de eletricidade no SAM..... | 73 |
| Figura 36- Editando os valores das últimas faturas de EE no SAM | 74 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Especificações do Painel Solar Canadian Solar CS6P- 255 Fonte: (Canadian, 2015)..... | 40 |
| Tabela 2 - Especificações técnicas de entrada do inversor Fronius Primo 5.0-1 Fonte: (Fronius, 2015)..... | 44 |
| Tabela 3 - Especificações técnicas de saída do inversor Fronius Primo 5.0-1 Fonte: (Fronius, 2015)..... | 44 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 - Empreendimentos de Geração em Operação no Brasil | 16 |
| Quadro 2 – Histórico de análise da irradiação solar ao longo dos meses na região do Lago Sul – DF (CRESESB, 2015)..... | 36 |
| Quadro 3 - Fatura da Energia Elétrica num período de 12 meses..... | 37 |
| Quadro 4 - Orçamento dos painéis solares..... | 39 |
| Quadro 5 - Orçamento final do projeto..... | 52 |
| Quadro 6 - Prestações ao longo do ano gerado pelo sistema fotovoltaico (SAM) | 54 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1 - Previsão de geração fotovoltaica (kWh) ao longo dos meses..... | 51 |
| Gráfico 2 - Consumo de energia elétrica mensal da residência (kWh)..... | 51 |
| Gráfico 3 - Fluxo de caixa..... | 54 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|-----------|---|
| ABRADEE | Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica |
| ANATEL | Agência Nacional de Telecomunicações |
| ANEEL | Agência Nacional de Energia Elétrica |
| ANP | Agência Nacional do Petróleo |
| CCEE | Câmara de Comercialização de Energia Elétrica |
| CEB-DIS | Companhia Elétrica de Brasília - Distribuidora |
| CNPE | Conselho Nacional de Política Energética |
| COFINS | Contribuição para Financiamento da Seguridade Social |
| CRESESB | Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito |
| DIF | Diffuse Horizontal Irradiation |
| DNI | Direct Normal Irradiation |
| ELETOBRÁS | Centrais Elétricas Brasileiras S.A |
| EPE | Empresa de Pesquisa Energética |
| GD | Geração Distribuída |
| GDFV | Geração Distribuída Fotovoltaica |
| GHI | Global Horizontal Irradiation |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Dados Estatísticos |
| ICMS | Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços |
| MME | Ministério de Minas e Energia |
| OCDE | Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico |
| ONS | Operador Nacional do Sistema Elétrico |
| PCH | Pequenas Centrais Hidroelétricas |
| PRODIST | Procedimentos de Distribuição |
| SAM | System Advisor Model |
| SFV | Sistema Fotovoltaico |
| SIN | Sistema Interligado |
| STC | Standard Test Conditions |
| TE | Tarifa de Energia |
| TIR | Taxa Interna de Retorno |
| TUSD | Tarifa de Uso de Sistema de Distribuição |

TUST

Tarifa de Uso de Sistema de Transmissão

VPL

Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 13 |
| 1.1. Aspectos Gerais | 13 |
| 1.2. Objetivos e Metas do Trabalho | 14 |
| 1.2.1. Objetivos Específicos..... | 14 |
| 2. METODOLOGIA | 15 |
| 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 16 |
| 2.1. O Setor Elétrico Brasileiro..... | 16 |
| 2.1.1. Sistema de Tarifação | 18 |
| 2.2. Energia Solar | 20 |
| 2.2.1. Processo de Geração Solar | 20 |
| 2.2.2. Irradiação Solar Direta, Difusa e Global | 21 |
| 2.3. Sistema de Geração de Energia Fotovoltaica..... | 25 |
| 2.4. Dispositivos do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede | 26 |
| 2.4.1. Painéis Fotovoltaicos | 26 |
| 2.4.2. Inversor <i>on-grid</i> | 27 |
| 2.4.3. Dispositivos de Proteção para Sistema Fotovoltaico..... | 27 |
| 2.5. Uso da Energia Gerada pelo Sistema Fotovoltaico | 29 |
| 2.4.1. Sistema Fotovoltaico Residencial Conectado à Rede Elétrica | 30 |
| 3. ESTUDO DE CASO | 31 |
| 3.1. Localização | 31 |
| 3.2. Sobre a região do estudo de caso – Lago Sul | 34 |
| 3.3. Análise do Potencial Solar | 35 |
| 3.4. Análise da Fatura de Energia Elétrica da Residência do Estudo de Caso..... | 37 |
| 3.5. Escolha dos Painéis Solares | 38 |
| 3.6. Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico | 40 |
| 3.7. Escolha dos Inversores..... | 42 |
| 3.8. Instalação do Sistema Fotovoltaico | 45 |
| 3.8.1. Estrutura..... | 45 |
| 3.8.2. Arranjo dos painéis..... | 45 |
| 3.8.3. Cabeamento..... | 46 |
| 3.8.4. Medidor Bidirecional..... | 49 |
| 3.9. Programa SAM | 50 |
| 4. ANÁLISE ECONÔMICA | 52 |
| 4.1. Valor Presente Líquido para o Sistema Fotovoltaico (VPL) | 52 |
| 4.2. <i>Payback</i> | 53 |
| 4.3. Taxa Interna de Retorno (TIR) para o Sistema Fotovoltaico..... | 54 |
| 5. ANÁLISE QUALITATIVA | 55 |
| 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 59 |
| 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 62 |
| APÊNDICE A – PASSO A PASSO DO PROGRAMA SAM | 68 |
| APÊNDICE B – Questionário | 75 |
| ANEXO A – Relatório do SAM | 81 |

1. INTRODUÇÃO

1.1. Aspectos Gerais

Com o advento da escassez futura de alguns recursos energéticos a exploração das energias renováveis tem sido tema central nas discussões engendradas por especialistas e engenheiros que lidam com essa questão.

O aquecimento global e a degradação do meio ambiente são questões que interferem diretamente na disponibilidade de recursos energéticos e conseqüentemente no potencial de geração de energia.

Buscar novas alternativas de geração de energia é crucial de tal modo a garantir a continuidade dos processos produtivos existentes na sociedade. A partir daí a importância na adoção de uma política de sustentabilidade bem definida no segmento de energia, um fator decisivo no processo de desenvolvimento de um país, sendo condição necessária para o crescimento econômico no segmento industrial, de serviços e o bem-estar da população.

Goldemberg (2005, p.216) ressalta a “necessidade de implementação de políticas energéticas que estimulem o crescimento da energia, bem como seu uso eficiente”.

Dessa forma, a busca por outras fontes de energia é crucial para o alcance do desenvolvimento econômico e a continuidade da produção.

O Brasil é um país cuja matriz energética é constituída predominantemente por fontes renováveis- elevar esses patamares e abrir espaços para o uso crescente dessas fontes garantiria o suprimento energético do país com menor impactos ao meio-ambiente.

As fontes renováveis de energia são provenientes da natureza cujo ciclo de oferta se renova, ou seja, uma vez utilizadas a possibilidade de esgotamento é remota uma vez que a própria natureza se incumbem de ofertá-la. São exemplos de energias renováveis: a energia solar, a eólica, a energia gerada a partir do uso de biomassa. A escolha de cada uma dessas fontes está diretamente relacionada a quantidade disponível desta na localidade onde será construído o empreendimento energético.

O Brasil é um país tropical detentor de clima caracterizado por elevadas temperaturas e bastante umidade ao longo do ano. Tais características colocam o país dentre os países detentores de um dos maiores potenciais eólicos e solares do

mundo favorecendo a expansão de empreendimentos energéticos com baixos custos de construção.

Considerando o potencial energético solar do país, o referido estudo fará um estudo acerca desse tema.

1.2. Objetivos e Metas do Trabalho

O objetivo do presente trabalho é a proposta de um sistema fotovoltaico de energia elétrica a ser conectado à rede para a região do Lago Sul, Brasília DF considerando os aspectos econômicos, técnicos e de políticas públicas.

1.2.1. Objetivos Específicos

- Mostrar em linhas gerais a concepção do setor elétrico brasileiro e principais instituições;

- Apresentar as características técnicas e econômicas da energia solar;

- Apresentar o detalhamento técnico e de engenharia do estudo de caso: residência do Lago Sul;

- Realizar estudo de viabilidade técnica e econômica do sistema fotovoltaico sugerido considerando os quesitos: inclinação do telhado, área disponível para os módulos solares e sombreamento, intensidade de irradiação solar, custo dos equipamentos (inversores, placas solares, string box, fiação, mão-de-obra, etc.);

- Realizar uma análise qualitativa da população em estudo acerca da implementação das políticas públicas de energia solar voltadas para o DF;

Serão utilizados dados da fatura de energia elétrica durante o ano de 2014 a fim de analisar o perfil de consumo da demanda da região do Lago Sul.

A partir da especificação técnica de um sistema fotovoltaico de energia elétrica estimar-se-á a energia alternativa produzida anualmente pelo sistema e a economia obtida com a instalação do mesmo. Será utilizado o software SAM (*System Advisor Model*) para a simulação do sistema fotovoltaico mais adequado ao estudo de caso aqui adotado.

2. METODOLOGIA

A metodologia adotada para a realização do referido estudo será quantitativa no que concerne aos objetivos da pesquisa (GIL, 1999).

A pesquisa quantitativa é caracterizada pelo emprego da quantificação, tanto nas modalidades de coleta de informações quanto no tratamento delas por meio de técnicas estatísticas.

A escolha do sistema fotovoltaico adotará como referência de estudo uma residência típica do bairro residencial do Lago Sul localizado na cidade de Brasília. A adoção de estudo de caso, segundo Yin (2001) permite amplo e pormenorizado conhecimento da realidade e dos fenômenos pesquisados.

A escolha do sistema fotovoltaico baseou-se em alguns indicadores quantitativos obtidos a partir de uma análise de dimensionamento deste. Essa análise incorpora os seguintes procedimentos:

- Análise inicial de incidência solar e estrutura física;
- Mapeamento da carga;
- Dimensionamento da área do telhado disponível para implementação dos módulos solares;
- Dimensionamento do consumo médio a partir de fatura de energia CEB;
- Dimensionamento da irradiação solar incidente na região a partir de dados meteorológicos obtidos no site Sundata;
- Dimensionamento e quantificação dos módulos fotovoltaicos;
- Arranjo dos painéis;
- Dimensionamento do inversor.

Para o dimensionamento financeiro do sistema fotovoltaico desse requerido trabalho, foi utilizado o programa SAM (*System Advisor Model*). A utilização desse programa é essencial para obtenção de resultados mais próximos da realidade, já que se trata de uma estimativa dos níveis de condição solar, funcionamento dos componentes, consumo do proprietário, e ainda a expectativa da inflação e taxa de juros reais para 2015 como parâmetros para a realização da análise econômica.

Após a realização da análise técnica e de engenharia do sistema fotovoltaico, foi realizado estudo de viabilidade econômica com o cálculo de alguns indicadores financeiros tais como, *payback* e VPL. A adoção de uma análise econômica é necessária para que se possa justificar dentro de uma ótica econômico-financeira a

viabilidade de instalação do referido sistema considerando o tempo de retorno na realização de investimento desse porte.

Por fim, foi realizada uma enquete durante o período de 14 de setembro de 2015 a 15 de outubro de 2015 com 50 moradores da região do Lago Sul sobre os pontos positivos e negativos da política pública de energia solar para o DF. Os resultados dessa pesquisa encontram-se ao final desse estudo. A pesquisa foi realizada por meio do envio de formulário on-line aos moradores da região.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. O Setor Elétrico Brasileiro

De acordo com dados do Censo Demográfico de 2010 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o IBGE, a energia elétrica está presente em 97,8% dos domicílios brasileiros (IBGE, 2010).

A maior parte dessa energia é proveniente de empreendimentos hidrelétricos. (ANEEL, 2014). O restante dessa porcentagem distribui-se entre fontes térmicas, solar, eólica, biomassa, termonuclear.

Como pode-se observar no Quadro 1, cerca de 63% dos empreendimentos de geração são de usinas hidrelétricas e 28% de usinas térmicas. Essa é a configuração do parque de geração brasileiro e fruto do modelo de setor elétrico adotado nos anos 60 assentados em usinas de grande porte e com aproveitamento do potencial hídrico do país.

Quadro 1 - Empreendimentos de Geração em Operação no Brasil

| Tipo | Quantidade | Potência Instalada (kW) | (%) |
|-------------------------------|------------|-------------------------|-------|
| Micro Usinas Hidrelétricas | 449 | 275.195 | 0,22 |
| Central Geradora Eolielétrica | 117 | 2.441.176 | 1,91 |
| Pequena Central Hidrelétrica | 477 | 4.669.842 | 3,65 |
| Usina Fotovoltaica | 87 | 6.209 | 0,00 |
| Usina Hidrelétrica de Energia | 196 | 81.801.323 | 63,94 |
| Usina Termelétrica de Energia | 1824 | 36.756.810 | 28,73 |
| Usina Termonuclear | 2 | 1.990.000 | 1,56 |
| Total | 3152 | 127.940.555 | |

Fonte: (ANEEL, 2014)

Nos anos 90, durante o Governo de Fernando Henrique Cardoso, foi adotado o Plano Nacional de Privatização, com a desverticalização dos segmentos de geração-transmissão-comercialização. A ineficiência do modelo anterior culminou na reestruturação do setor buscando agilidade e flexibilidade dos processos de geração, transmissão e comercialização de energia (FERREIRA, 2007).

Com a entrada da iniciativa privada no segmento energético, algumas instituições foram criadas objetivando assegurar a continuidade dos serviços de energia e qualidade dos mesmos.

Afim de alcançar a eficiência e o controle do setor elétrico, algumas instituições foram criadas. Em 1996, foi criada primeira lei que instituiu a Agência Nacional de Energia Elétrica, a ANEEL, cuja função é fiscalizar, mediar e regular economicamente os empreendimentos elétricos concedidos. Foi criado também o órgão: Operador Nacional do Sistema, ONS incumbido de realizar os despachos energéticos e coordenação no sistema interligado nacional. E também o Mercado Atacadista de Energia, MAE, onde ocorrem as comercializações de energia por meio de contratos bilaterais (Elétrica, 2015).

Dentre os órgãos regulamentadores, tem-se também o Sistema Interligado Nacional, o SIN, cuja finalidade é conectar a energia gerada nas concessionárias geradoras aos centros de consumo por meio das linhas de transmissão. Atualmente, 95% da energia gerada passa pelo SIN. Esse controle de despacho de energia elétrica é crucial para a garantia da oferta de eletricidade em todo o território nacional. (Maxwell, 2015).

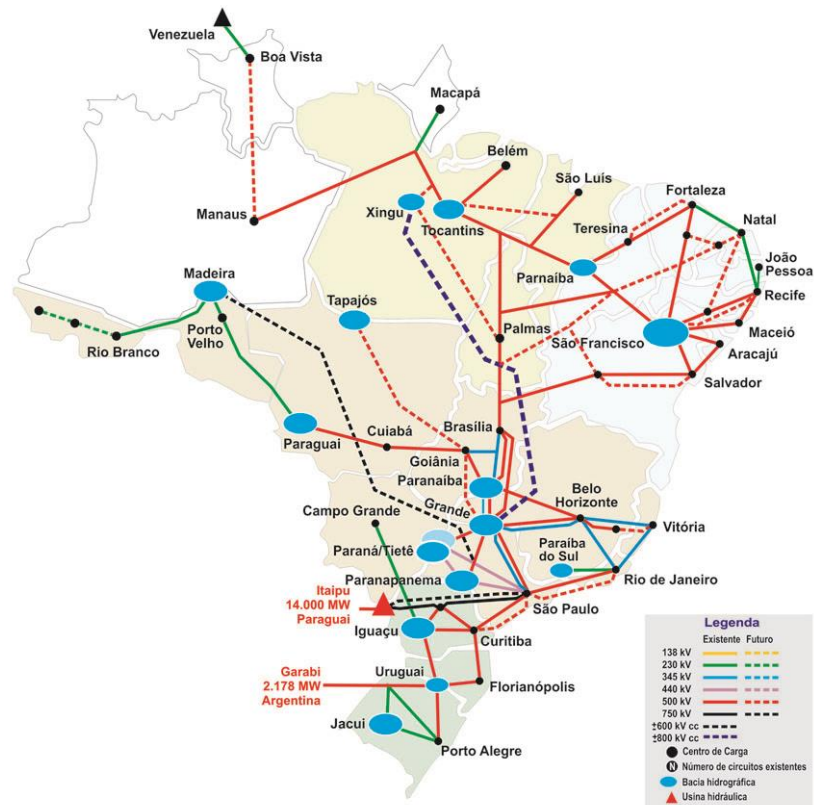


Figura 1 - Sistema Interligado Nacional. Fonte: (ONS, 2015)

2.1.1. Sistema de Tarifação

A quantificação do consumo de energia elétrica é dada pelo valor unitário para cada kWh consumido. A fim de dimensionar o valor da energia é necessário avaliar toda a energia disponível ao consumidor e os custos de operação e manutenção desde a geração até o consumidor final. Importante salientar que é paga não apenas a energia consumida, aquela verificada no relógio, mas a disponibilidade de energia também é inserida na conta, visto que a energia está disponível 24 horas todos os dias da semana. Além destes custos existe também, principalmente no Brasil, encargos e tributos que compõem o cálculo dessa conta unitária de energia elétrica (Fugimoto, 2010).

Detalhando um pouco mais a tarifa de energia elétrica aos consumidores cativos – consumidor que pode adquirir energia através da distribuidora local, por exemplo, consumidores residenciais. Essa tarifação é composta por custo de aquisição de energia, relativos ao uso do sistema de distribuição, ao uso do sistema de transmissão, às perdas elétricas e, encargos e impostos. Primeiramente, os custos de aquisição de energia estão relacionados com o custo que a distribuidora tem com

a compra de energia para oferecer aos seus consumidores. Essa Tarifa de Energia (TE) é oferecida ao consumidor sem haver margem de lucro (Carção, 2011).

Os custos relativos ao uso do sistema de distribuição incluem-se as despesas com peças e, custos de operação e manutenção das redes de distribuição na Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD). Quanto aos custos do uso do sistema de transmissão adiciona-se as despesas com operação e manutenção das linhas de transmissão na Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão (TUST).

Com relação às perdas elétricas estão divididas aquelas que são dadas devido às perdas técnicas e não técnicas. As perdas elétricas técnicas são aquelas as quais ocorrem devido à resistência elétrica, nesse momento há uma transferência de calor por convecção e a energia é perdida. Os consumidores são inerentes a essas perdas e todos pagam pela energia perdida. Já as perdas não técnicas são devido à furtos de energia ao longo da linha de transmissão e até mesmo problemas com o medidor, que na maioria das vezes são bem antigos quando comparado aos aparelhos presentes na residência (ANEEL, 2008).

Por último, os encargos e impostos também fazem parte dessa conta, que no Brasil representa quase a metade dessa conta. PIS/COFINS, o ICMS e a Contribuição para Iluminação Pública são os tributos presentes na conta de energia elétrica. Como tributo federal, Programas de Integração Social (PIS) e Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS) são cobrados para atender os programas sociais do Governo Federal. Já o Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) é adicionado a conta relativo a relação de mercadorias e serviços. Por fim, a Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública (CIP) é um tributo municipal que é adicionado a conta para implementação, operação, manutenção e expansão das instalações de iluminação pública (ANEEL, 2013).

De acordo com uma conta de luz de um consumidor residencial com consumo maior que 200 kW/mês oferecido pelo site da Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica, a ABRADEE, verificou-se que 41% do valor a pagar a título de impostos, tributos e encargos setoriais. Os impostos e tributos são: PIS/PASEP, COFINS e ICMS. Somente o ICMS, que varia de estado para estado, pode responder – sozinho - por mais de 30% da conta de luz (ABRADEE, 2015).

Para o sistema fotovoltaico conectado à rede desse estudo de caso, a tarifação brasileira utiliza um sistema de tarifação chamado *net metering*. Esse sistema utiliza através do medidor bidirecional – instalado pela distribuidora ao instalar o sistema,

para calcular a energia produzida, consumida, e a energia da concessionária. Dessa forma é calculado a diferença e o consumidor pagar por ela. Cabe ressaltar, que não há remuneração financeira direta nesse tipo de sistema, apenas compensação de créditos de energia elétrica.

O sistema fotovoltaico produz energia elétrica para suprir a demanda de consumo da residência e o excedente de produção/geração de energia elétrica pode ser injetado na rede elétrica da distribuidora, sob a forma de empréstimo, que corresponde a um crédito a ser compensado no prazo de 36 meses conforme dispõe a Resolução ANEEL Nº 482/2012. Portanto, com a implementação do sistema fotovoltaico, o cliente irá reduzir o custo mensal de sua conta de energia elétrica.

2.2. Energia Solar

2.2.1. Processo de Geração Solar

O eixo imaginário da Terra e a própria forma da Terra faz com que haja variação na radiação solar incidente na superfície terrestre e que cada parte da Terra receba uma quantidade de energia diferente. De acordo com a forma esférica da Terra, quanto mais da linha do equador estiver, maior será incidência solar. Ao passo que quanto mais afastado, menor será a incidência solar. Além disso, a inclinação do eixo imaginário da Terra faz com que haja ainda mais a variação de incidência solar. Não podendo esquecer também das diferenças de estações, que possuem uma influência grande na incidência de radiação solar na terra. Pelo fato do movimento de translação ser dado em uma forma elíptica verifica-se uma diferença de distância do Sol a Terra nas diferentes estações do ano (Kushnir, 2000).

A seguir, observa-se na Figura 2 como a forma da Terra interfere na irradiação solar e a interferência do eixo imaginário da Terra e, na Figura 3 o movimento de translação da Terra.

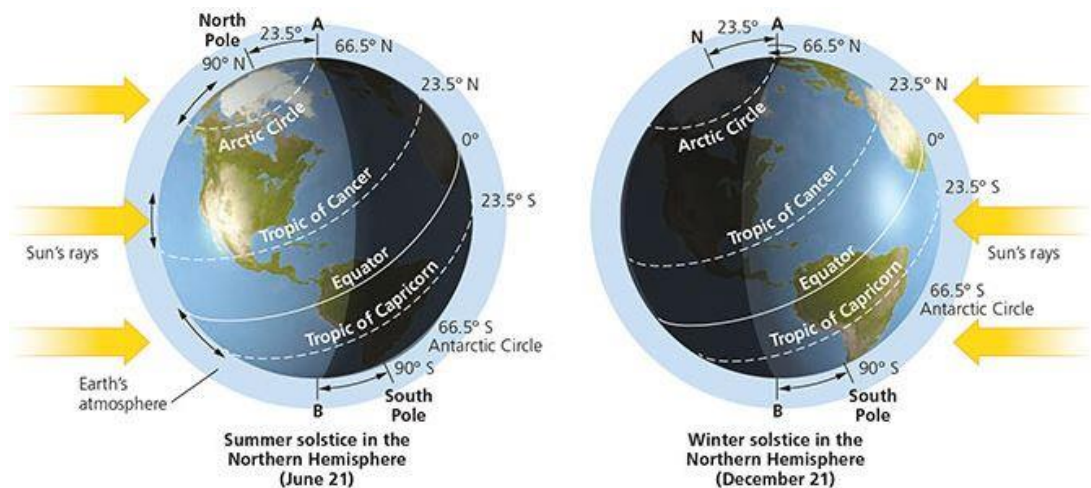


Figura 2 - Radiação Solar Incidente a Terra Fonte: (Oxford, 2014)



Figura 3 - Movimento de Translação da Terra e suas estações. Fonte: (Magnoli & Scalzaretto, 1998)

Observa-se na Figura 2 que quanto maior for a latitude maior é a distância que os raios solares percorrem até atingir a superfície terrestre, o que resulta em uma menor quantidade de energia nessa região. Por esse motivo que as regiões próximas à linha do equador são mais quentes, pois recebem maior incidência solar.

2.2.2. Irradiação Solar Direta, Difusa e Global

Para calcular a quantidade de energia solar na Terra é necessário conhecer os diferentes tipos de irradiação solar.

A irradiação solar direta, em inglês *Direct Normal Irradiation* (DNI), é aquela não há nenhuma dispersão pelos efeitos da atmosfera, pode ser normal ou horizontal à

superfície. A irradiação difusa, *Diffuse Horizontal Irradiation* (DIF), é aquela que foi alterada devido a atmosfera. Por último, a irradiação global, *Global Horizontal Irradiation* (GHI), é o somatório da irradiação direta e difusa. (Vienello & Alves, 1991)

Conhecido o conceito de cada tipo de irradiação, essa quantidade de energia pode ser medida para dimensionar o potencial de uma determinada região para a geração de energia elétrica por meio do sistema fotovoltaico.

Como equipamentos de medição dessas irradiações, tem-se o piranômetro, que faz a medição da irradiância global e pireliômetro faz a medição da irradiância direta. Através desses dispositivos é possível coletar a irradiação de uma região. Contudo, para haver uma melhor precisão da irradiação presente nessa região é necessária à coleta de dados durante um longo período de tempo. Até que se possa estabelecer uma média de irradiação para cada mês do ano. No entanto, graças ao desenvolvimento tecnológico utilizam-se satélites para realizar o estudo meteorológico em qualquer região do planeta Terra. Através dessa facilidade sites como Solargis.info disponibiliza o mapa de irradiação solar em qualquer região do mundo (Villalva & Gazoli, 2012).

De acordo com o mapa a seguir, visualiza-se a diferença de irradiação solar direta incidente em todo o território mundial. Com esse mapa é possível identificar a média de irradiação direta em qualquer país no mundo. Verifica-se que as maiores incidências solares estão localizadas em regiões semiáridas onde há maior presença de céu limpo. Os dados na figura são dados em kWh/m².

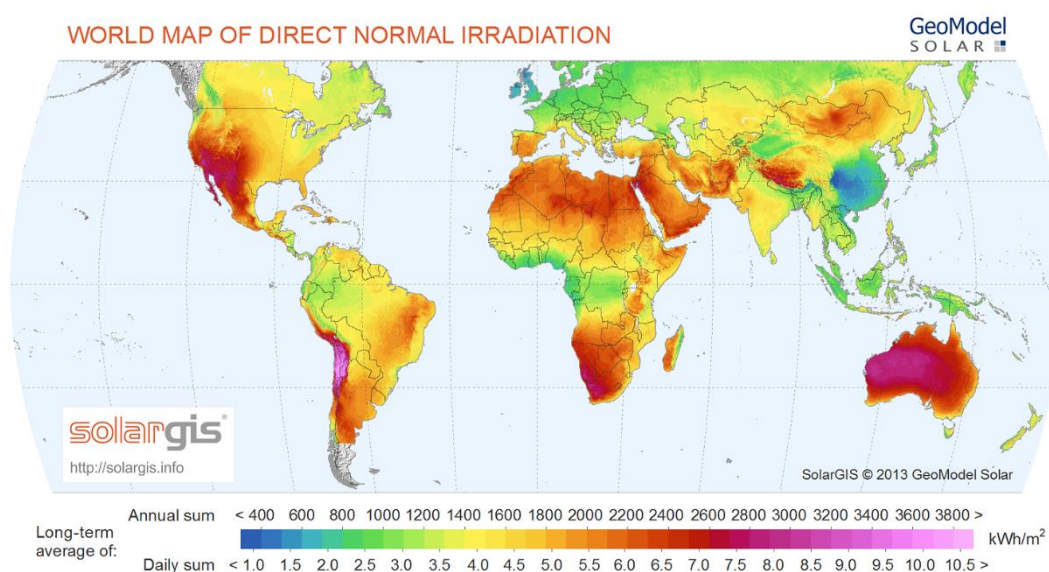


Figura 4 - Mapa Mundial de Irradiação Solar Direta Fonte: (SolarGIS, 2013)

Observado a irradiação solar direta visualizam-se certas regiões que são propícias para a realização do sistema fotovoltaico para a geração de energia elétrica. Contudo, para cálculos de disponibilidade de energia solar para a região a ser instalado o sistema é necessário o uso de irradiação solar global, a qual contabiliza todas as irradiações solares. O que torna possível o estudo de viabilidade do local, dizendo se é possível investir um capital para instalar um sistema fotovoltaico em tal região.

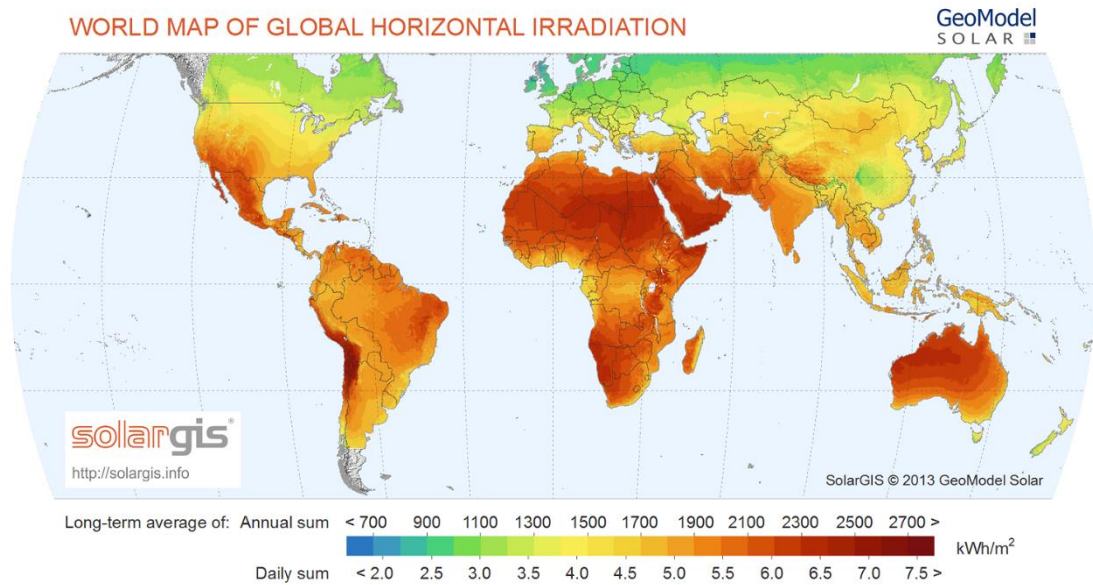


Figura 5 - Mapa Mundial de Irradiação Solar Global Fonte: (SolarGIS, 2013)

Focando para o Brasil, pode-se observar um grande potencial para a geração de energia elétrica por meio do sistema fotovoltaico. Esse potencial é dado decorrente a sua localização geográfica, localizado numa região entre o Trópico de Capricórnio e a linha do Equador. É nessa região onde a radiação solar percorre uma menor distância até chegar a superfície terrestre. Quanto menor for essa distância, menor será a influência da massa de ar, logo maior será a irradiação solar. Observa-se, na figura a seguir, que no Brasil a irradiação solar global varia entre 1500 e 2300 kWh/m².



Figura 6 - Mapa de Irradiação Global no Brasil. Fonte: (SolarGIS, 2014)

De acordo com a publicação de Lindsay Wilson “Top 10 Países Solares” verifica-se os dez primeiros países que mais investem em geração de energia solar no mundo. Diante dessa publicação observa-se que a Alemanha se destaca com uma geração de 28 terawattora (TWh). Seguido da Itália com 18,5 TWh e Espanha com 11,9 TWh. A seguir segue o gráfico dessa comparação (Wilson).

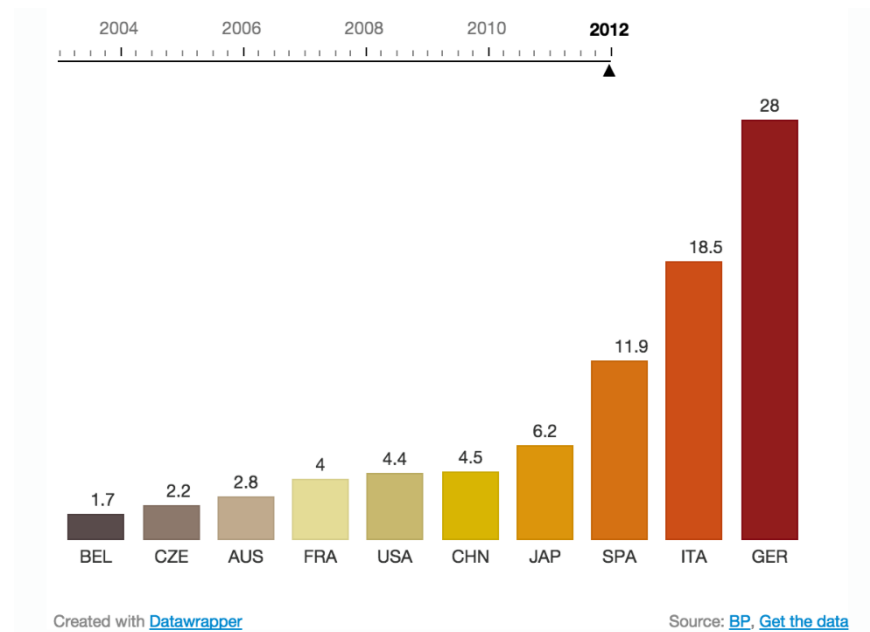


Figura 7 - Crescimento dos Tops 10 Países Solares em 2012. Fonte: (Wilson)

A partir desses dados, verifica-se o potencial de irradiação solar nessas regiões onde o investimento de geração de energia solar são as maiores do mundo. A figura a seguir serve para observação dessa irradiação solar no país da Alemanha.

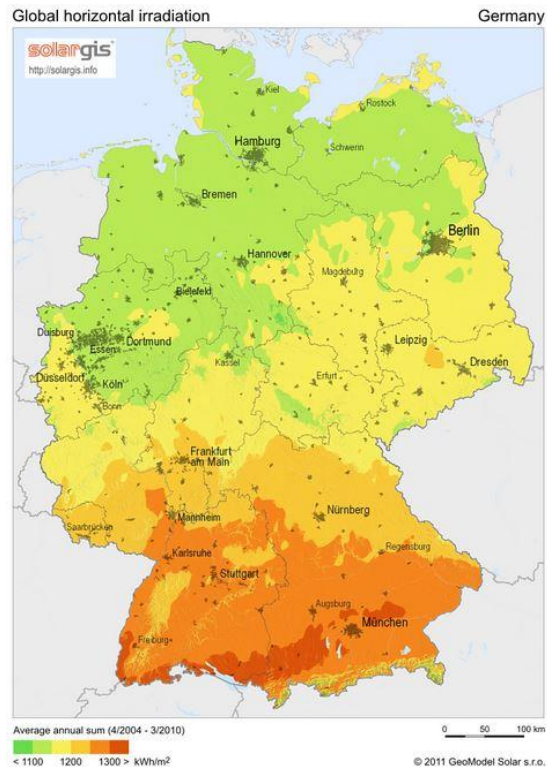


Figura 8 - Irradiação Global na Alemanha. Fonte: (SolarGIS, 2011)

Sua irradiação máxima na melhor região de irradiação global é de 1300 kWh/m², dado o qual é inferior em comparação com a menor irradiação global no Brasil que é de aproximadamente 1500 kWh/m². Sendo assim, por meio destas comparações, verifica-se o grande potencial que o Brasil possui para a geração da energia solar. Potencial o qual é superior aos países que mais investem nesse tipo de energia.

2.3. Sistema de Geração de Energia Fotovoltaica

A energia fotovoltaica utiliza o sol como fonte de energia para a transformação em energia elétrica. A energia solar é uma energia alternativa renovável, limpa, barata e conta com uma fonte abundante e inesgotável. O recurso dessa fonte está presente todos os dias. A Terra recebe de energia cerca de $1,5 \times 10^{18}$ kWh anualmente em sua superfície, energia mais que suficiente para alimentar a matriz energética de toda a Terra (CRESESB, 2006). Se apenas 0,1% da energia solar pudesse ser convertida

com uma eficiência de 10%, ainda assim a energia gerada seria quatro vezes maior que a capacidade mundial total de geração de energia, que é de 3000 GW (Council, 2007). O fato de ser uma fonte geradora 100% limpa, sem haver qualquer tipo de poluição, a energia solar tem ganhado cada vez mais espaço e é cada vez mais investida, visto a grande preocupação do mundo diante do cenário atual de mudanças climáticas (Partners, 2015).

2.4. Dispositivos do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede

Os componentes que compõe o sistema fotovoltaico são: painéis fotovoltaicos, inversor *on-grid* e dispositivos de proteção para sistema fotovoltaico.

2.4.1. Painéis Fotovoltaicos

Para que haja a transformação dessa energia solar em elétrica é preciso uma radiação solar direta em uma célula fotovoltaica, que por meio desta realiza a transformação da energia. O francês Edmund Becquerel foi quem deu o início ao desenvolvimento da tecnologia onde descobriu a energia solar por meio do seu experimento onde testou o efeito fotovoltaico com dois eletrodos (Energy). As primeiras células fotovoltaicas foram construídas por Charles Fritts em 1883, que continham eficiência máxima de 1% (Toy, 2007). A tecnologia começou a se desenvolver mais rapidamente em 1950 quando iniciou a revolução dos semicondutores, o que fez aumentar a qualidade dos dispositivos e, principalmente, sua eficiência.



Figura 9 - Módulo Solar Policristalino Fonte: (Canadian Solar, 2015)

Nos módulos solares, como dito anteriormente, localizam-se as células fotovoltaicas e que realizam a transformação da energia. Essa energia transformada está na forma de corrente contínua (Villalva & Gazoli, 2012).

2.4.2. Inversor *on-grid*

Os inversores *on-grid*, também conhecidos como inversores grid tie, tem o papel de converter a energia produzida da forma contínua em alternada. Para que a interligação do arranjo fotovoltaico com a rede elétrica convencional seja possível é indispensável a utilização dos inversores (conversores CC/CA) responsáveis por adequar as características da energia disponibilizada pelos módulos fotovoltaicos aos padrões da rede, bem como monitorar a operação do sistema como um todo (Pereira & Gonçalves, 2008).

São componentes eletrônicos de conversão de corrente contínua para alternada, e também tem o papel de realizar a sincronia exata de corrente de saída do inversor com a energia da distribuidora – CEB/DF. Considerando que a energia transformada pelas células fotovoltaicas está na forma de corrente contínua, é preciso um inversor de corrente para que essa energia seja usada para alimentar cargas de aparelhos eletrodomésticos (Seguel, 2009).



Figura 10 - Inversor Fronius Primo Fonte: (Fronius, 2015)

2.4.3. Dispositivos de Proteção para Sistema Fotovoltaico

Sabe-se que a ocorrência de descargas atmosféricas é comum ao longo do ano, e essas podem acarretar em danos edifícios, linhas de transmissão e em sistemas elétricos. Em uma pesquisa realizada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) juntamente com a NASA, foi apresentado as regiões mais atingidas por descargas elétricas em todo o mundo. Como resultado dessa pesquisa, o Brasil pode ser classificado como campeão mundial considerando a quantidade de raios que é atingido no país – “caem anualmente em todo o Brasil entre 50 e 70 milhões de raios...” (Romero, 2003).

Como em qualquer instalação de qualquer equipamento, é necessário a instalação de quadro elétrico de força. Segundo a Norma Brasileira 5410, uma instalação elétrica necessita de condições mínimas para o perfeito funcionamento garantindo a segurança de pessoas e animais e a preservação dos bens (ABNT, 2008). Nesse contexto, para que a instalação desse sistema seja feita de maneira correta, a utilização de um quadro elétrico de força é fundamental e indispensável. Esse quadro elétrico aplicado ao sistema fotovoltaico recebe o nome de *string box*.

O *string box* realiza proteção do lado CC e CA em sistemas *Grid-Tie*. Há uma variedade de layouts desse quadro que se diferencia pela quantidade de *strings* que uma instalação possui. Nesse quadro os principais componentes são: dispositivos de proteção de surto (DPS), chave seccionadora (disjuntor) de corte dos painéis fotovoltaicos, fusíveis de proteção em CC (polo positivo e negativo), e caixa com grau de proteção IP55 (PHB, 2015).

Para melhor visualização, verifica-se abaixo de forma didática e demonstrativa o um esquema do circuito elétrico do sistema fotovoltaico com cada um dos componentes explicitados acima.

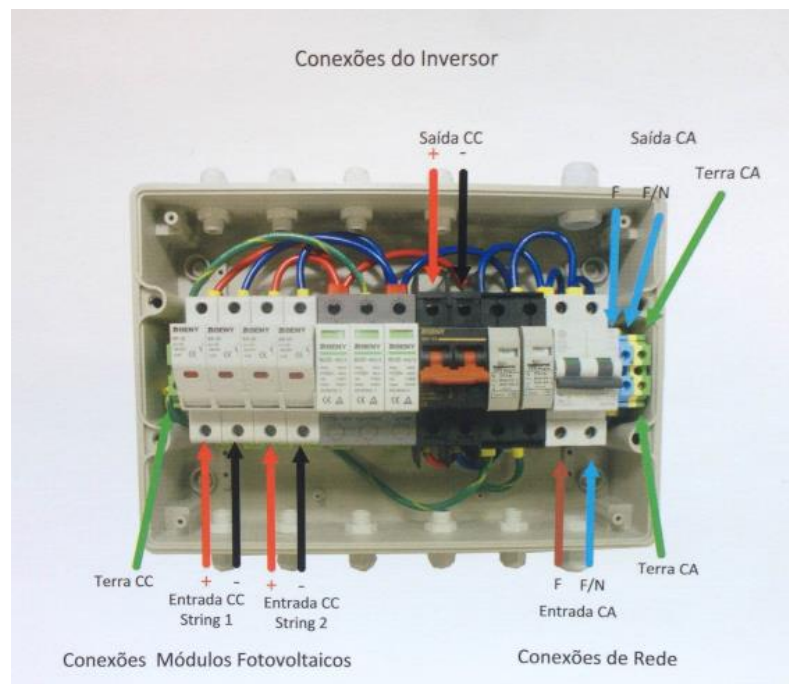


Figura 11 - String Box (CC+CA - 2 Strings) Fonte: (PHB, 2015)

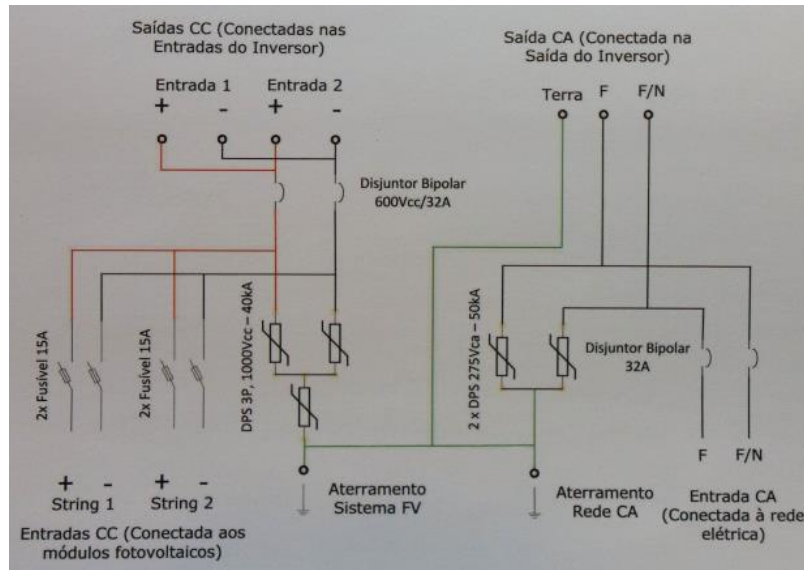


Figura 12 - Esquema elétrico String Box (CC+CA - 2 Strings) Fonte: (PHB, 2015)

2.5. Uso da Energia Gerada pelo Sistema Fotovoltaico

Esse sistema fotovoltaico pode ser utilizado de duas formas: isolado ou conectado à rede elétrica. Os sistemas isolados ou autônomos são assim classificados pelo fato de não possuírem ligação com a rede elétrica. Esse tipo de sistema é muito utilizado para locais onde não a rede elétrica como é o caso de fazendas, ilhas e algumas comunidades isoladas. Sua utilização permite a substituição de geradores movidos a diesel, mas com a grande vantagem de não emitir nenhum tipo de ruído e nem poluição (Villalva & Gazoli, 2012).

Como exemplo de alguns sistemas isolados ou autônomos existe aqueles que alimentam a carga de um sistema de bombeamento de água, irrigação e dessalinização. Esse sistema permite o usuário gerar energia em locais aonde a rede de transmissão elétrica não chega até sua região, por isso é mais visto em regiões rurais. A utilização desse sistema permite o usuário instalar outras fontes geradoras de energia como eólica e diesel (Pinho & Galdino, 2014).

Já o sistema fotovoltaico ligado à rede tem o objetivo de complementar a energia fornecida pela rede elétrica. Nesse tipo de sistema é fundamental a presença de energia elétrica já que o sistema fotovoltaico irá fazer parte da rede reduzindo ou eliminando o consumo da rede pública ou até mesmo gerar energia para a rede (Villalva & Gazoli, 2012). Esse tipo de sistema de geração pode ser classificado em microgeração (potência instalada até 100 kW), minigeração (potência instalada entre 100 kW e 1 MW), e usinas de eletricidade (potência instalada acima de 1 MW)

(ANEEL, 2014). As usinas de geração fotovoltaica são mais vistas em países como Estados Unidos, Espanha, Japão e Alemanha. No Brasil, a energia solar ainda é recente, mas acreditasse que com a desoneração de alguns impostos irá estimular a utilização dessa energia, principalmente para a micro e mini geração (Villalva & Gazoli, 2012). Os sistemas de microgeração fotovoltaica são pequenos sistemas instalados normalmente em telhados de residências a fim de reduzir o consumo de energia elétrica pública e até mesmo suprir toda a carga demandada. As instalações elétricas são simples o que facilita e estimula ainda mais a sua aplicação (Pereira & Gonçalves, 2008).

2.4.1. Sistema Fotovoltaico Residencial Conectado à Rede Elétrica

Funcionando paralelamente a rede elétrica, o sistema fotovoltaico tem como objetivo reduzir e até mesmo eliminar os custos devido o uso da energia elétrica pública, energia a qual está cada vez mais escassa e cara. Neste compasso fontes alternativas como o sistema fotovoltaico são utilizados para suprir a demanda por energia elétrica. Esse sistema fotovoltaico em residências é composto por módulo solar, inversor e medidor (Fortes, Ferreira, Dias, & Gomes, 2013). Em caso de necessidade de estocar essa energia são incluídos o banco de baterias e o controlador de carga conhecido como sistema off-grid (Villalva & Gazoli, 2012). Lembrando que o medidor é fornecido pela distribuidora.

O sistema funciona basicamente com a geração de corrente contínua a partir dos módulos, o inversor converte a corrente em alternada e injeta à rede elétrica. A partir desse momento toda essa energia pode ser utilizada pela demanda de carga por aparelhos eletrodomésticos e iluminação. Com o inversor a energia consumida pela residência é toda proveniente pelo sistema fotovoltaico até o momento que os aparelhos eletrônicos começam a consumir mais que do que é gerado. Nesse momento a rede elétrica é ligada para suprir a demanda. O contrário também é válido no momento que o sistema fotovoltaico gera mais que necessita a energia é liberada à rede elétrica automaticamente. A partir desse momento o medidor de energia, bidirecional, começa a girar no sentido contrário e o cliente tem um crédito de energia que pode ser utilizado em até 36 meses (Villalva & Gazoli, 2012).

3. ESTUDO DE CASO

Para a realização do referido estudo técnico e econômico considerou-se uma dada residência situada na região do Lago Sul.

Para a realização do trabalho foram considerados:

1. o consumo médio mês da referida residência de energia elétrica em kWh;
2. dimensionamento do sistema fotovoltaico utilizando um software para quantificar o custo de implementação de um sistema fotovoltaico para essa residência;

No que diz respeito ao diagnóstico acerca dos pontos positivos e negativos das políticas públicas na região do DF, foram utilizados:

3. as respostas obtidas com a enquete enviada aos moradores da região do Lago Sul-DF.

A seguir detalha-se o estudo de caso utilizado para a realização do referido estudo.

3.1. Localização

Para a realização desse trabalho foi escolhido uma dada residência na região do Lago Sul na cidade de Brasília, no Distrito Federal. Essa região administrativa de Brasília é formada predominantemente por residências e dividido em quadras do lago (QL) e quadras internas (QI). Apesar de ser predominantemente residencial, o Lago Sul abriga centros de comércio pequenos, escolas públicas e privadas, clínicas e alguns pontos turísticos, a exemplo da Ermida de Dom Bosco.



Figura 13 - Mapa de Zoneamento de Usos da Região Administrativa do Lago Sul
Fonte: (LUOSDF, 2014)

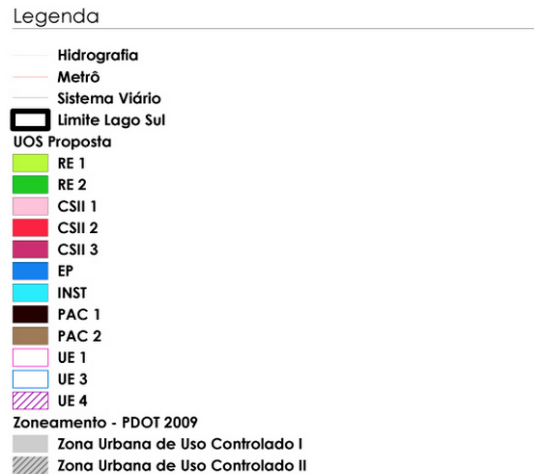


Figura 14 - Legenda do Mapa de Zoneamento de Uso da Região Administrativa do Lago Sul Fonte: (LUOSDF, 2014)



Figura 15 - Vista aérea da residência Fonte: (Google Earth, 2015)

O proprietário disponibilizou a utilização de imagens aéreas que podem ser obtidas no site do *Google Earth* e também foi liberado a utilização de imagens que foram tiradas no local.

A residência possui uma ampla área coberta de telhado. Para escolha do telhado onde serão instalados os painéis fotovoltaicos, foi levado em consideração alguns fatores como a face que o mesmo está voltado para o norte geográfico sem sombra e disponibilidade de espaço. Sendo assim foi escolhido o único telhado voltado para o norte geográfico sem haver interferências de árvores assim como outros telhados mais altos da casa.

A Figura 15 é destacado a região em amarelo o telhado escolhido para a instalação dos painéis. Tirou-se uma foto para melhor ilustrar o telhado, conforme a seguinte figura.



Figura 16 - Imagem do telhado disponível para implementação fotovoltaica

Para cálculo da área do telhado foram aplicadas duas metodologias: (1) ferramenta de dimensão disponível no *Google Earth* e (2) medida com trena no local. Foi realizado duas medições para aumentar a confiabilidade. Observa-se abaixo um esquema demonstrativo para visualização das medições.

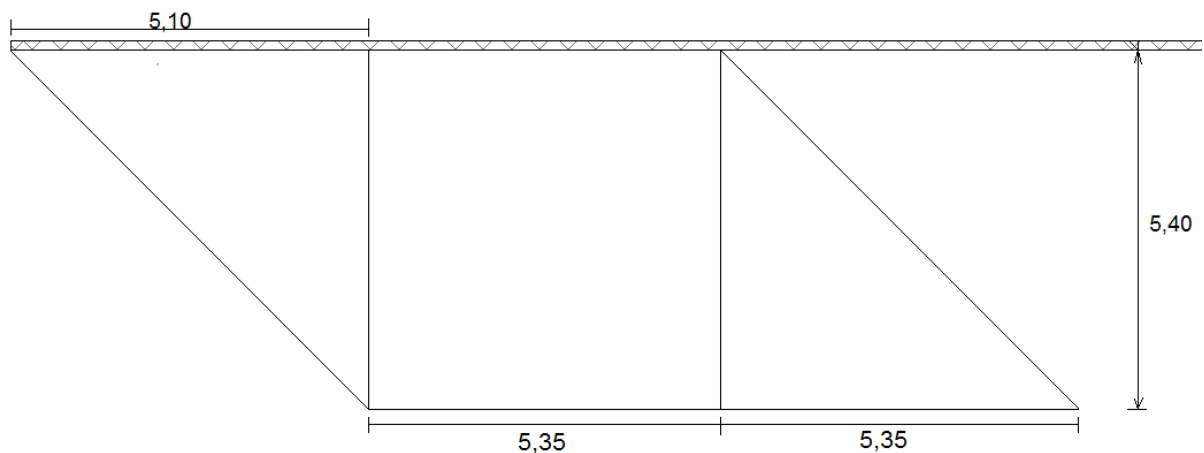


Figura 17 - Demonstração das medições em metro do telhado disponível para instalação

A obtenção da área total do telhado foi calculada através da área dos triângulos e quadro que podem ser vistos na Figura 17. Dessa forma, aplicando as metodologias, o telhado possui uma área disponível de 57,1 m².

Conforme o relatório disponível pela Blue-Sol, em todos os casos deve ser observada a correta orientação e inclinação do painel. A correta orientação permite captar o máximo de energia ao meio dia solar e horas próximas, que é o momento de

maior concentração da radiação solar. A inclinação adequada permite a melhor captação durante o ano, compensando a menor irradiância nos períodos de inverno, no caso dos sistemas autônomos, ou maximizando a captação e geração nos períodos de verão, no caso das instalações *on-grid* (Souza). Contudo, verifica-se que a casa não está orientada perpendicularmente com o eixo norte. Caso os painéis sejam alinhados ao norte será perdida uma área significativa da área disponível para instalação dos painéis. Sendo assim, para a instalação do sistema fotovoltaico, será mantida a mesma orientação da casa assim como a inclinação original do telhado.

Como pode ser visualizado na Figura 16, o telhado escolhido possui algumas placas solares instaladas de aquecimento solar. Segundo o proprietário, esse sistema encontra-se desativado e liberou tal área para instalação dos painéis fotovoltaicos como proposto neste trabalho. No entanto, não há necessidade de retirar o sistema de aquecimento solar, pois este pode ser instalado abaixo dos painéis fotovoltaicos, dessa maneira, pode oferecer mais calor ao sistema de aquecimento solar, proporcionando um aumento de eficiência para este sistema.

3.2. Sobre a região do estudo de caso – Lago Sul

Localizado na cidade de Brasília, o Lago Sul foi criado em 1994. Toda a região do Lago Sul ocupa uma área de 190,237 km², cuja malha urbana é de 57,07 km². O Lago Sul possui o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,95 que é mais alto do planeta e possui potencial suficiente para manter essa posição (GDF, 2015). Esse bairro possui uma arquitetura cuja altura das construções não ultrapassa três andares. A maioria das construções civis são casas residenciais, mas também há comércios pequenos espalhados pelo bairro para oferecer melhor comodidade aos moradores, escolas públicas e privadas, clínicas e hospitais, e alguns pontos turísticos como o pontão, ermida e jardim botânico. O Lago Sul em busca de manter a padronização de sua arquitetura e não perder sua concepção urbana na cidade de Brasília, sendo assim ela segue recomendações do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional.

Essa região concentra a classe alta oriunda de Brasília, possui uma população aproximada de 24.406 habitantes e uma renda per capita de R\$23.956,09 que no Distrito Federal significa 40% da renda total (GDF, 2015).

3.3. Análise do Potencial Solar

Utilizando o site da CRESESB¹, é possível obter uma média de irradiação solar ao longo dos meses do ano na região do Lago Sul. O site utiliza uma base de dados Atlas Solarimétrico do Brasil, fornecido pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL / Eletrobras. A partir dessas irradiações abaixo, mesmo considerando a pior situação de irradiação solar, no caso o mês de Junho, esses dados são considerados ideais para a geração fotovoltaica. E ainda, observa-se um potencial muito superior quando estes são comparados com dados da Alemanha, cuja a irradiação global máxima é da ordem de 1,3kWh/m²/dia. Essa análise de irradiação solar na região do Lago Sul é a informação motivadora deste requerido trabalho.

Para a utilização desse site e obtenção de valores, é necessário a latitude e longitude da localização desejada. No caso desse estudo de caso, utilizou-se latitude 15.810145 Sul e longitude 47.813945 Oeste. Em seguida, o site faz uma varredura de localizações próximas ao local pesquisado que realizam esse estudo de irradiância solar. Os dados apresentados abaixo são valores obtidos na localização onde realizam-se esse estudo, e como a distância até a localização desse estudo de caso é aproximada, então utilizou-se esses valores como parâmetros de avaliação do potencial solar.

¹ CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito.

Quadro 2 – Histórico de análise da irradiação solar ao longo dos meses na região do Lago Sul – DF (CRESESB, 2015)

Estação: Brasília
Município: Brasília, DF - BRA

Latitude: 15,7° S

Longitude: 47,929722° O

Distância do ponto de ref. (15,810145° S; 47,813945° O): 17,4 km

| # | Ângulo | Inclinação | Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia] | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| | | | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | Média | Delta |
| ✓ | Plano Horizontal | 0° N | 4,67 | 5,58 | 4,53 | 5,00 | 4,72 | 4,75 | 4,97 | 5,50 | 5,25 | 4,99 | 4,75 | 4,72 | 4,93 | 1,05 |
| ✓ | Ângulo igual a latitude | 16° N | 4,35 | 5,35 | 4,56 | 5,39 | 5,42 | 5,68 | 5,87 | 6,14 | 5,43 | 4,57 | 4,45 | 4,35 | 5,13 | 1,79 |
| ✓ | Maior média anual | 19° N | 4,26 | 5,27 | 4,54 | 5,43 | 5,52 | 5,81 | 5,99 | 6,22 | 5,43 | 4,53 | 4,37 | 4,26 | 5,14 | 1,96 |
| ✓ | Maior mínimo mensal | 6° N | 4,57 | 5,53 | 4,57 | 5,18 | 5,02 | 5,14 | 5,34 | 5,78 | 5,36 | 4,68 | 4,66 | 4,61 | 5,04 | 1,21 |

Analisando a Quadro 2, verifica-se na primeira coluna a angulação utilizada na instalação dos módulos solares. Nesse estudo de caso, utilizou-se a mesma inclinação do telhado para evitar qualquer incremento de custo no projeto. Cabe ressaltar, que o telhado possui uma inclinação de 30%, ou seja, para cada um metro de deslocamento na horizontal, o telhado sobe 30 cm na vertical. Essa porcentagem de inclinação equivale a $16,69^\circ$. Sendo assim, utilizou-se a irradiação de inclinação de 16° como destacado na Quadro 2.

3.4. Análise da Fatura de Energia Elétrica da Residência do Estudo de Caso

Primeiramente, foi feito uma análise do estudo de caso em uma região do Lago Sul para que pudesse identificar qual a fatura mensal desse morador. A proposta dessa análise é oferecer parâmetros necessários para o dimensionamento fotovoltaico, podendo identificar a quantidade necessária dos dispositivos fotovoltaicos para que esse morador tenha uma redução do custo mensal da fatura de energia elétrica. Assim, foi obtido 12 (doze) faturas de energia elétrica dessa residência conforme abaixo:

Quadro 3 - Fatura da Energia Elétrica num período de 12 meses

| Mês | Energia Consumida (kWh) |
|--------------|--------------------------------|
| jun/14 | 960 |
| jul/14 | 960 |
| ago/14 | 870 |
| set/14 | 790 |
| out/14 | 850 |
| nov/14 | 850 |
| dez/14 | 1010 |
| jan/15 | 960 |
| fev/15 | 970 |
| mar/15 | 930 |
| abr/15 | 790 |
| mai/15 | 900 |
| jun/15 | 710 |
| jul/15 | 680 |
| Média | 873,57 |

Em seguida, realizou-se uma média de consumo de energia consumida mensal. Esse cálculo será fundamental para o dimensionamento do sistema fotovoltaico a seguir.

Sabe-se que a utilização da média de energia consumida é um detalhe um pouco polêmico por algumas pessoas e estas, normalmente, dizem que o sistema fotovoltaico deve ser dimensionado sempre para a pior condição (alto consumo e baixa irradiação solar). Por uma análise matemática, ao considerar a pior situação para estimar a quantidade de energia produzida pelo sistema fotovoltaico, o sistema será suficiente de produção de energia elétrica nos meses de irradiação solar alta - alta produção de energia elétrica, e consumo baixo. A partir desse dimensionamento, o usuário passará a ser independente da rede pública e nunca utilizará seus créditos gerados. Considerando a Resolução ANEEL Nº 482/2012², o usuário que utilizar o sistema fotovoltaico gera um crédito de energia a cada energia produzida não consumida no final do mês. A norma dita que o usuário possui até 36 meses para utilizar esse crédito. Portanto, o sistema fotovoltaico deve ser dimensionado de tal maneira que o usuário produza o máximo de energia elétrica e ainda consiga utilizar seus créditos de energia. O que confirma a utilização do consumo médio como um bom parâmetro para o dimensionamento fotovoltaico.

3.5. Escolha dos Painéis Solares

Para o dimensionamento fotovoltaico aplicado a esse estudo de caso será necessário o dimensionamento dos painéis solares e inversores.

O dimensionamento dos painéis solares considerou-se como principal variável o custo. Foram realizadas pesquisas de preço em diferentes lojas especializadas em painéis fotovoltaicos com intuito de escolher o melhor painel pelo o menor preço. Para essa escolha avaliou-se a potência e custo de cada painel. Assim, foi possível analisar o preço para cada watt fornecido pelo painel. Conforme abaixo:

² RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012, ANEEL. 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.

Quadro 4 - Orçamento dos painéis solares

| Marca | Modelo | Potência | Eficiência | Preço | \$/W | Fornecedor |
|----------------|--------------|----------|------------|--------------|----------|------------------|
| Trina Solar | TSM-305 PA14 | 305 | 15,7 | R\$ 1.400,00 | R\$ 4,59 | Energia pura |
| SunEdison | M270CyC | 270 | 16,4 | R\$ 1.100,00 | R\$ 4,07 | Energia pura |
| Jinko Solar | JKM260P | 260 | 15,9 | R\$ 1.029,00 | R\$ 3,96 | Minha casa solar |
| Canadian Solar | CS6P-255P | 255 | 15,8 | R\$ 946,00 | R\$ 3,71 | Minha casa solar |
| Kyocera | KD250GH-4FB2 | 250 | 15,2 | R\$ 1.263,85 | R\$ 5,06 | Minha casa solar |
| Kyocera | KD250GH-4FB3 | 250 | 15,2 | R\$ 1.095,00 | R\$ 4,38 | Radar industrial |
| Yingli | YL250P-29b | 250 | 15,4 | R\$ 997,44 | R\$ 3,99 | Neosolar |
| Yingli | YL245P-29b | 245 | 15,1 | R\$ 1.095,00 | R\$ 4,47 | Energia pura |
| Yingli | YL245P-29b | 245 | 15,1 | R\$ 999,00 | R\$ 4,08 | Neosolar |
| Yingli | YL260P-29b | 260 | 15,4 | R\$ 1,175,00 | R\$ 4,52 | Energia extra |

Na realização do orçamento das placas solares, para escolher aquele que melhor atendia levando como principal fator o custo, foi estabelecido uma razão entre o custo do painel unitário por sua potência ($\$/W$). Dessa forma, pode-se escolher o painel mais barato que ofereça mais potência ao sistema fotovoltaico.

Como pode ser observado no Quadro 4, a placa com menor relação $\$/W$ é a Canadian Solar. Dentre as lojas pesquisadas, a loja Minha Casa Solar apresentou o melhor preço; R\$ 946,00 por unidade do painel da marca Canadian Solar do modelo CS6P-255P.



Figura 18 - Painel Solar Canadian Solar modelo CS6P- 255p Fonte: (Canadian, 2015)

Tabela 1 - Especificações do Painel Solar Canadian Solar CS6P- 255 Fonte: (Canadian, 2015)

| Electrical Data CS6P | 255P | 260P | Specification | Data |
|------------------------------|---|--------|-----------------------------|--|
| Nominal Max. Power (Pmax) | 255 W | 260 W | Cell Type | Poly-crystalline, 6 inch |
| Opt. Operating Voltage (Vmp) | 30.2 V | 30.4 V | Cell Arrangement | 60 (6 × 10) |
| Opt. Operating Current (Imp) | 8.43 A | 8.56 A | Dimensions | 1638×982 × 40 mm (64.5×38.7×1.57 in) |
| Open Circuit Voltage (Voc) | 37.4 V | 37.5 V | Weight | 18 kg (39.7 lbs) |
| Short Circuit Current (Isc) | 9.00 A | 9.12 A | Front Cover | 3.2 mm tempered glass |
| Module Efficiency | 15.85% | 16.16% | Frame Material | Anodized aluminium alloy |
| Operating Temperature | -40°C ~ +85°C | | J-BOX | IP67, 3 diodes |
| Max. System Voltage | 1000 V (IEC) or 1000 V (UL) | | Cable | 4 mm ² (IEC) or 4 mm ² & 12 AWG |
| Module Fire Performance | TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730) | | | 1000 V (UL) , 1000 mm (39.4 in) (650 mm (25.6 in) is optional) |
| Max. Series Fuse Rating | 15 A | | Connectors | MC4 or MC4 comparable |
| Application Classification | Class A | | Stand. Packaging | 24 pcs, 480 kg (quantity & weight per pallet) |
| Power Tolerance | 0 ~ + 5 W | | Module Pieces per Container | 672 pcs (40' HQ) |

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

Observa-se na Tabela 1, na coluna 255P, as especificações técnicas do painel fotovoltaico escolhido obtidas pelo fabricante Canadian Solar. Pode-se visualizar a tolerância, potência máxima, tensão em circuito aberto, corrente de curto-circuito, eficiência, tensão de pico e corrente de pico. Lembrando que tensão de pico é a máxima potência gerada pelo painel solar em uma condição ideal. O mesmo para a corrente e potência de pico.

3.6. Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico

Nesse item será mostrado a avaliação técnica utilizada para melhor atender o consumo de energia elétrica desse estudo de caso. Será apresentado no final a potência de energia elétrica necessária para suprir a demanda de consumo da residência.

Posteriormente à aquisição desses dados, foi calculado a energia que será produzida pelos módulos fotovoltaicos suficientes para atender essa demanda de consumo. Sabe-se que para esse cálculo há diversas metodologias, contudo foi adotado, para esse estudo de caso, o método da insolação proposta no livro Energia Solar Fotovoltaica (Villalva & Gazoli, 2012). Veja a seguir:

$$E_p = E_s \cdot A_M \cdot \eta_M \quad (1)$$

Em que:

E_p - Energia produzida pelo módulo diariamente [Wh]

E_s - Insolação diária [Wh/m²/dia]

A_M - Área da superfície do módulo [m^2]

η_M - Eficiência do módulo

Para substituição dos valores corretos nessa equação, deve-se, primeiramente, especificar cada variável com sua correta unidade. Começando pela insolação diária, é possível encontrar esse valor no estudo de potencial solar anteriormente mostrado no Quadro 2,5,13 [$kWh/m^2/dia$]. Para a utilização desse valor na equação (1) é necessário multiplicar por mil. Já na variável da área da superfície do módulo, o dado é encontrado nas especificações do painel oferecido pelo fabricante conforme apresentado na Tabela 1 igual a $1,638 \times 0,982$ ($1,6085 m^2$). Por fim, a eficiência do módulo também é visualizada na Tabela 1 com o valor de 15,85%. Obtido todas as variáveis, pode-se agora obter a energia produzida por um módulo diariamente, 1307,87 [Wh].

O próximo passo agora é a obtenção do consumo de energia diária. Para isso, sabendo que a energia mensal consumida média é 873,57 [kWh] conforme o Quadro 3, divide-se esse valor pela quantidade de dias que um mês possui. Para esse cálculo utilizou-se 30 dias. Logo, o consumo diário é de 29119 [Wh/dia].

Por fim, sabido a quantidade de energia consumida pela residência em um dia, e a energia que um modulo solar tem capacidade de produzir, pode-se calcular a quantidade de placas necessárias para atender a demanda desse estudo de caso. Para tanto, dividiu-se 29119 por 1307,87 obtenha-se a quantidade de placas, conforme abaixo:

$$N_M = \frac{29119}{1307,87} = 22,26 \cong 22 \text{ placas}$$

Obtido a quantidade de painéis necessários para suprir a demanda de consumo do estudo de caso, é possível calcular a potência instalada de pico que o sistema fotovoltaico terá devido a potência de pico fornecida pelo fabricante. Para esse cálculo da potência instalada utilizou-se a seguinte equação:

$$P_t = N_M \cdot P$$

$$P_t = 22 \cdot 255 = 5610 \text{ W}$$

Como o dado de potência do painel é um dado coletado através de testes em condições ideais, o que mostra que esse valor é um dado maximizado, por isso é chamado de potência de pico [Wp].

Conhecido a quantidade de painéis que são necessários para atender toda a carga da residência nesse estudo de caso, pode-se saber a área necessária que esses painéis irão ocupar no telhado do estudo de caso. De acordo com as especificações técnicas do fabricante, sabe-se o comprimento, largura e espessura do painel. Como esse painel da Canadian Solar há uma área unitária de $1,61 \text{ m}^2$ ($1,638 \times 0,982 \text{ m}^2$), multiplicou-se pela quantidade de painéis, obtendo uma área total de $49,24 \text{ m}^2$.

Para melhor visualização da área dos painéis dispostas no telhado disponível para instalação, foi projetado esse telhado com os painéis em plataforma Revit - software de projeto de construção, desenvolvido especificamente para Modelagem de Informação da Construção, incluindo recursos para projeto de arquitetura, de engenharia, de engenharia estrutural e de construção (Autodesk, 2015). Conforme a seguir:



Figura 19 - Modelagem 3D no Revit

3.7. Escolha dos Inversores

O dimensionamento do inversor se orientou, primeiramente, de acordo com o dimensionamento dos painéis solares. Após escolhido a marca e o modelo dos painéis solares, foi possível dimensionar o sistema fotovoltaico conforme o item anterior.

Obtido a potência pico do sistema e tensão máxima por string, foi possível escolher um inversor que melhor operasse.

Cabe salientar que para o dimensionamento da potência instalada utilizou-se uma potência máxima dos painéis, dados estes que foram obtidos em testes de condições ideais para a geração fotovoltaica STC – *Standard Test Conditions*³. Nesse sentido, verifica-se que o sistema irá, dificilmente, operar nessas condições testadas pelo fabricante.

Por isso existe um fator de dimensionamento de inversores (FDI) que analisa a taxa de operacionalidade do inversor; esse deve-se encontrar numa faixa que não leve a depreciar a eficiência do sistema devido ao subdimensionamento, e nem ao superdimensionamento. Nesse contexto, especialistas no assunto realizaram estudos para encontrar essa faixa de ponto ótimo. Wilson Negrão, em seu estudo de fator de dimensionamento de inversor na região do Brasil, conclui que a diferença de produtividade do sistema fotovoltaico é muito pequena para FDI superior a 60% (Macedo, 2006). Portanto, escolheu-se um inversor Fronius Primo 5.0 para suportar essa potência instalada provinda dos painéis.



Figura 20 - Inversor Fronius Primo 5.0 -1 Fonte: (Fronius, 2015)

Conforme os dados apresentados pelo fornecedor na figura abaixo, verifica-se a recomendação da faixa de potência fotovoltaica na primeira linha. O inversor escolhido possui uma faixa de 4,0 a 7,5 kW, o que justifica o FDI considerado anteriormente (acima de 60%). Também é visto um dado muito importante que é tensão máxima que o inversor suporta por string, 420 V. Como a tensão em circuito

³ STC – *Standard Test Conditions*: os painéis fotovoltaicos são medidos sobre testes padrões de condições climáticas. Esse teste, STC, são em situações com 1000 W/m² de irradiância e 25°C de temperatura do painel.

vazio do painel é de 37,4 V, e que cada string possui 11 painéis, observa-se que o inversor irá aguentar essa tensão de 411,4 V, já que este suporta até 420 V. O inversor escolhido permite até duas strings e cada uma suporta essa tensão nominal de entrada de 420 V.

Tabela 2 - Especificações técnicas de entrada do inversor Fronius Primo 5.0-1
Fonte: (Fronius, 2015)

| INPUT DATA | PRIMO 5.0-1 |
|---|----------------|
| Recommended PV power (kWp) | 4.0 - 7.8 kW |
| Max. usable input current (MPPT 1/MPPT 2) | 18 A / 18 A |
| Total max. DC current | 36 A |
| Max. array short circuit current | 2x 22.5 A |
| Operating voltage range | 80 V* - 600 V |
| Max. input voltage | 600 V |
| Nominal input voltage | 420 V |
| Admissible conductor size DC | AWG 14 - AWG 6 |
| MPP Voltage Range | 240 - 480 V |
| Number of MPPT | 2 |
| * Starting with serial number 26170960; before serial number: 150 V | |

Tabela 3 - Especificações técnicas de saída do inversor Fronius Primo 5.0-1 Fonte: (Fronius, 2015)

| OUTPUT DATA | PRIMO 5.0-1 | |
|--|---------------|-----------------|
| Max. output power | 240 V / 208 V | 5000 W / 5000 W |
| Max. continuous output current | 240 V / 208 V | 20.8 A / 24.0 A |
| Recommended OCPD/AC breaker size | 240 V / 208 V | 30 A / 30 A |
| Max. Efficiency | | 96.9 % |
| CEC Efficiency | 240 V | 95.5 % |
| Admissible conductor size AC | | AWG 14 - AWG 6 |
| Grid connection | | 208 / 240 V |
| Frequency | | 60 Hz |
| Total harmonic distortion | | < 5.0 % |
| Power factor ($\cos \varphi_{ac,r}$) | | 0.85-1 ind./cap |

3.8. Instalação do Sistema Fotovoltaico

Para esse estudo de caso foi realizado uma pesquisa com empresas que realizam essas instalações sistema fotovoltaico em Brasília-DF e constatou-se que o valor médio de instalação de sistemas fotovoltaicos desse porte fica em torno de R\$5.000,00. Esse valor inclui a instalações dos painéis e inversores, testes para verificação do sistema, manutenção, o suporte para acoplamento dos painéis no telhado e cabeamento necessário para as conexões.

3.8.1. Estrutura

A fixação dos painéis solares no telhado exige uma estrutura metálica sobre o telhado. Essa estrutura irá aumentar a resistência mecânica dos painéis, o que evitará movimentações mecânicas indesejadas em caso de fortes rajadas de vento. Além de evitar disso, permitirá a instalação dos painéis no layout que o usuário desejar, sem ter que contar com o design que o telhado já possui. Verifica-se abaixo um exemplo dessa estrutura, que é fundamental para instalações em telhados:



Figura 21 - Suporte de painéis fotovoltaicos para telhados Fonte: (Hartbau, 2015)

3.8.2. Arranjo dos painéis

Em uma instalação fotovoltaica, é necessário que haja uma conexão dos painéis ou também conhecido como ligação podem ser conectados em série ou em paralelo, de maneira a criar conjuntos com maior capacidade de fornecimento de energia, com tensões e correntes maiores do que as produzidas por um painel individualmente (Villalva & Gazoli, 2012).

Nessa organização dos conjuntos fotovoltaicos precisa-se entender o conceito de string, que é muito utilizado nessa aplicação. Uma string é quando os painéis são conectados em série, formando assim uma fileira, ou sejam, uma string é uma fileira de painéis fotovoltaicos. Conhecer esse conceito é fundamental para o dimensionamento fotovoltaico, pois através da quantidade de módulos em uma string, sabe-se a tensão aplicada aos terminais de entrada do inversor. E para a escolha certa do inversor, o mesmo deve aguentar a soma das tensões da string. Já na ligação de painéis em paralelo, as correntes da string são somadas, e essa conexão faz com que aumente a potência do conjunto. Normalmente, esse tipo de ligação é evitado em sistemas conectados à rede, salvo em casos de baixa tensão na entrada do inversor (lado CC) (Black Sheep, 2015).

Cabe ressaltar as fileira de painéis não são sempre uma string, pois a string é conceituada de acordo com a conexão que é realizada via cabos, ou seja, podem haver várias fileiras de painéis no telhado, mas havendo apenas uma string.

Para esse trabalho foi projetado um arranjo de 2 strings com cada uma possuindo 11 painéis conectados em série.

Portanto, ao dimensionar o sistema fotovoltaico, prestou-se atenção, primeiramente, na tensão de operação (V_{mp}) que o inversor suporta, assim, foi possível estabelecer a quantidade painéis conectados em série. Para esses cálculos, os dados são obtidos facilmente pelos fabricantes dos painéis e dos inversores (Villalva & Gazoli, 2012). Cada painel oferece 30,2 V de V_{mp} , e como serão instalados uma quantidade de 11 (onze) painéis ao todo por string, serão ao todo 332,2 V. Dado esse inferior à tensão nominal de entrada para cada string nos dois canais do inversor, 420 V.

3.8.3. Cabeamento

Posterior à determinação de como os painéis solares estarão instalados uns aos outros e nas strings, e elas conectadas ao inversor, necessita-se dimensionar a espessura adequada para os cabos que serão utilizados para tal. Assim, para obtenção desse valor, segue a seguinte equação (Black Sheep, 2015):

$$S = \frac{L \cdot P}{\sigma \cdot e \cdot U^2}$$

Onde,

S - área dos cabos (mm);

- L - comprimento do cabo (m);
- P - Potência do sistema (W);
- σ – condutividade elétrica {cobre 58} (m/ Ω .mm²)
- e – queda de tensão [3% CC / 1,5% CA] (V);
- U – tensão de trabalho (V).

Seguindo com os cálculos para esse estudo de caso, faz-se primeiro o estudo de tensão de trabalho e potência do sistema para cada string. Como serão utilizados duas strings como a mesma marca e modelo de painel, e ainda a mesma quantidade, calculou-se apenas uma vez a esperrura dos cabos. Conforme abaixo:

String (11 painéis em série)

Calcula-se a tensão de trabalho,

$$U = n_p \cdot V_{oc}$$

Onde,

n_p – número de painéis;

V_{oc} - tensão de circuito aberto (V)

Tem-se,

$$U = 11 \cdot 37,4$$

$$U = 411,4 \text{ V}$$

E para o calculo de potência do sistema,

$$P = n_p \cdot P_{m\acute{a}x}$$

Onde,

n_p – número de painéis;

$P_{m\acute{a}x}$ - potência máxima do painel (W)

Tem-se,

$$P = 11 \cdot 255$$

$$P = 2805 \text{ W}$$

Para a dimensão do comprimento do cabo, L, utilizou-se o pensamento de que os 22 (vinte e dois) painéis lado a lado utilizam 21,60 metros e adicionou-se mais 10 metros para conexão até o inversor, e mais uma margem de erro de 10% para segurança na hora da compra. Essa soma resultou em um comprimento de 35 metros.

Obtido todas as variáveis para cálculo da espessura do cabo, calcula-se:

$$S = \frac{L \cdot P}{\sigma \cdot e \cdot U^2}$$

$$S = \frac{35 \cdot 2805}{56 \cdot 0,03 \cdot 411,4^2}$$

$$S = 0,3452 \text{ mm}^2$$

Por fim, para concluir a conexão dos painéis necessita-se de conectores específicos. No sistema fotovoltaico a utilização de um conector de fácil instalação, que permita a instalação em diferentes arranjos como em série e em paralelo. Por isso, os conectores MC4 são fundamentais para a instalação fotovoltaica, basta conectar um outro (macho e fêmea;9, que a conexão já é feita confirme é puglado os cabos. Há tem o conector MC4 multi-branch, que possui duas entradas e uma saída, o que facilita o arranjo em série e em paralelo.



Figura 22 - Conectores MC4 Fonte: (Villalva & Gazoli, 2012)



Figura 23 - Conector MC4 multi-branch Fonte: (Villalva & Gazoli, 2012)

Cabe ressaltar, que os custos de cabos e conectores estão inclusos no orçamento realizado de instalação.

3.8.4. Medidor Bidirecional

Finalmente, para a conclusão da instalação do sistema fotovoltaico completo, necessita-se da troca do medidor da residência.

O medidor de energia elétrica é um dispositivo eletrônico que será responsável pelo gerenciamento do fluxo de energia. A maioria dos medidores instalados em residências são caracterizados da forma unidirecional, que controla o fluxo de consumo de energia elétrica. Através dele que é calculado a fatura no final de cada mês. No entanto, para a implementação de sistemas inteligentes de energia elétrica, como o caso do sistema fotovoltaico conectado à rede, exige-se um gerenciamento do fluxo de energia elétrica não somente do que é consumida, mas também pelo fluxo de energia que é gerado. Sendo assim, a utilização de medidores bidirecionais é essencial nesse tipo de projeto. Apesar desse controle bidirecional de energia, esse medidor oferece ao usuário uma tecnologia mais avançada, o que permite averiguar de maneira mais precisa o fluxo de energia elétrica. Além disso, oferece algumas funcionalidades remotas de controle do sistema elétrico da residência, fazendo com que o usuário conheça mais os seus gastos, e tome algumas decisões de economia de consumo de energia elétrica.

Para a instalação dos medidores bidirecionais, o usuário deve solicitar diretamente à distribuidora de sua região. A Resolução ANEEL 482/2012 dita que as distribuidoras devem adequar seus sistemas de medição de forma a permitir a instalação de microgeração por parte dos consumidores e a consequente contabilização da energia eventualmente entregue à rede por estas unidades geradoras através de mecanismos de compensação (Natalia M.C.A.A. Vilaca, 2014).

No caso desse trabalho, compete a CEB – Companhia Energética de Brasília a alteração do medidor da residência do estudo de caso, e então o usuário terá em fim um sistema fotovoltaico instalado corretamente em sua residência. O escopo desse sistema final é ilustrado abaixo:

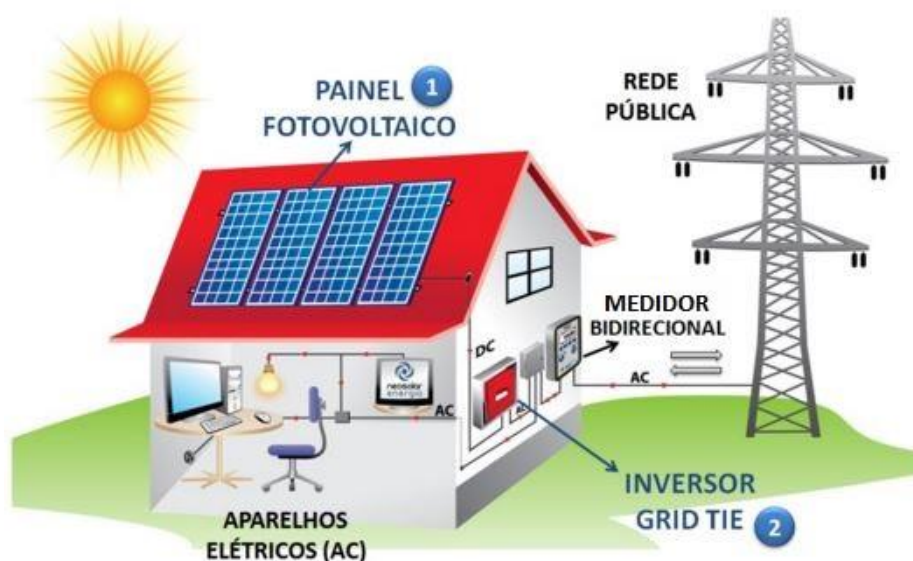


Figura 24 - Esquema didático do sistema fotovoltaico conectado à rede Fonte: (Energia N. , 2015)

3.9. Programa SAM

Nesse momento foi obtido todas as informações para serem inseridas no programa *System Advisor Model* (SAM) para simulação do sistema fotovoltaico. O programa SAM é o um software desenvolvido pela *National Renewable Energy Laboratory* (NREL) - instituto de pesquisa que busca resolver os atuais desafios energéticos. É um modelo de simulação de sistemas energéticos alternativos, e financeiro com objetivo de facilitar as tomadas de decisões envolvidas na área de energias renováveis, sistema fotovoltaico no caso do referido trabalho (NREL, 2015).

Para o dimensionamento do sistema fotovoltaico utilizando o programa SAM, é necessário já conhecer a localização da residência em estudo, os modelos dos painéis e inversores que serão utilizados, assim como a quantidade que foi calculada anteriormente nesse trabalho. O programa SAM, é uma plataforma gratuita disponível no próprio site do seu desenvolvedor, NREL. Baixado o programa, execute o programa e siga os passos descritos no apêndice A deste trabalho.

Com a utilização do programa SAM, obtenha-se um relatório final de todos os parâmetros técnicos e as análises econômicas do projeto é oferecido ao usuário conforme anexo A.

Nesse relatório do SAM é possível visualizar todos os parâmetros financeiros como, capital inicial, vida útil do projeto, VPL e *payback*. Além disso o programa dispõe

de relatório das características do sistema fotovoltaico como marcas e modelos dos painéis e inversores, quantidades dos painéis e inversores, área total ocupada pelos painéis, arranjo dos painéis (2 strings com 11 painéis), e ainda realiza uma previsão de geração fotovoltaica mensal baseado nas previsões de irradiância solar do local como pode ser observado no gráfico abaixo.

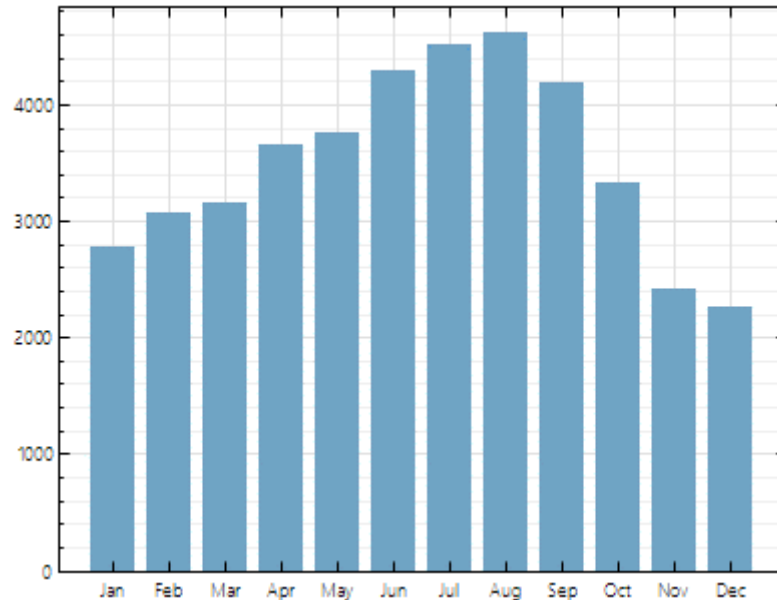


Gráfico 1 - Previsão de geração fotovoltaica (kWh) ao longo dos meses

E também é obtido o gráfico de consumo elétrico da residência desse estudo de caso.

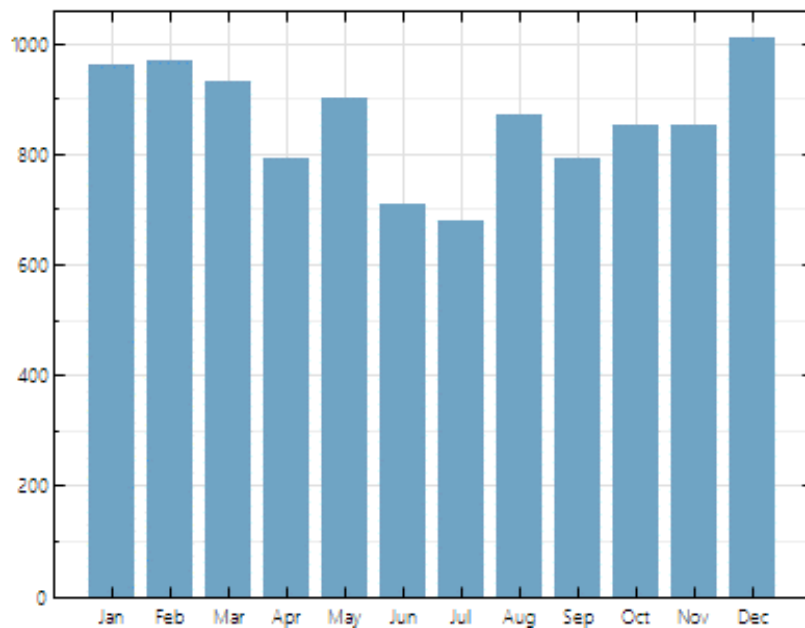


Gráfico 2 - Consumo de energia elétrica mensal da residência (kWh)

Obtido o Gráfico 1 e o Gráfico 2, possibilita ao programa SAM dimensionar o estudo de viabilidade econômica já que esses fundamentam o fluxo de caixa do projeto. A partir de todas as informações devidamente inseridas no programa, os quais foram comentadas nesse trabalho, realizou-se a análise econômica do projeto.

4. ANÁLISE ECONÔMICA

Para a realização da análise econômica foi considerado o custo de cada um dos componentes fotovoltaicos: painéis solares e inversores, em fornecedoras brasileiras.

Verifica-se na tabela abaixo segue a relação dos custos dos (1) painéis solares, (2) inversores e o custo de manutenção. Através de pesquisas realizadas nas empresas que instalam sistema fotovoltaico no Distrito Federal constatou-se um valor médio de instalação da ordem de R\$ 5.000,00.

Quadro 5 - Orçamento final do projeto

| Qntd. | Item | Preço Unitário | Valor Total |
|--------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| 22 | Placas Solares | R\$ 946,00 | R\$ 20.812,00 |
| 1 | Inversor | R\$ 7.019,51 | R\$ 7.019,51 |
| 1 | Instalação e Montagem | R\$ 5.000,00 | R\$ 5.000,00 |
| Valor TOTAL | | | R\$ 32.831,51 |

Para a realização do estudo de viabilidade econômica do projeto fotovoltaico para a residência situada na região do Lago Sul, adotou-se três metodologias de análise: método do valor presente líquido (VPL), método da taxa interna de retorno (TIR), e *payback*.

4.1. Valor Presente Líquido para o Sistema Fotovoltaico (VPL)

A análise do valor presente líquido, o VPL, tem a finalidade avaliar os futuros fluxos de caixa com relação a um investimento na data presente. Em outras palavras, o VPL traduz o valor dos futuros eventos do fluxo de caixa gerados pelo projeto ao longo de sua vida útil na presente data (Fontes, 2005).

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t}$$

Em que:

I - é o investimento inicial;

n – é o número de períodos considerados;

FC_t – fluxo de caixa no t-ésimo período;

K – é o custo do capital.

Depois que substituído os valores na expressão acima apresentada de VPL, um número será encontrado. Para análise desse resultado, dizer a viabilidade do projeto, deve-se verificar se o número encontrado é maior ou menor que zero. O projeto que apresenta o VPL maior que zero (positivo) é economicamente viável, sendo considerado o melhor aquele que apresentar maior VPL. Na mesma linha de raciocínio, o projeto que apresenta VPL menor que zero (negativo) é economicamente inviável (Fontes, 2005).

Para esse referido trabalho, o investimento inicial proposto para compra e instalação dos componentes fotovoltaicos é de R\$ 32.831,51.

No cálculo do VPL utilizou a taxa de desconto considerando a inflação esperada e a taxa de juros real esperada para 2015. Foi considerada a inflação de 9,63% a.a. e uma taxa real de juros igual a 8,4%. Esses dados foram obtidos diretamente no site do Banco Central levando em consideração o último mês avaliado, outubro. Totalizando em uma taxa de 18,84% a.a., foi obtido um VPL de R\$ - 9.284,00.

O VPL negativo significa dizer que o somatório das receitas obtido com a realização do referido investimento não é suficiente. Essa insuficiência de recursos pode culminar no adiamento de tal empreendimento ou escolha de outras alternativas de energia de tal modo que possa ser viável economicamente no prazo em estudo.

4.2. *Payback*

Para a análise de investimento temporal utiliza-se a metodologia *payback* que tem como finalidade avaliar qual o tempo necessário que o cliente terá para que seu lucro acumulado gerado irá se igualar ao investimento inicial.

Dito de outra forma, o *payback*, nos revela o período de tempo necessário para a recuperação do seu investimento. Ele é o principal método que mede o tempo necessário para que a somatória das parcelas anuais seja igual ao investimento inicial (Guimarães, 2012)

Para cálculo do *payback* foi utilizado o programa SAM, pois este considera as possíveis variações da inflação para cada ano. Essa metodologia utilizada pelo

programa oferece mais confiabilidade ao projeto e torna-se um dado mais real ao invés de ter sido calculado o *payback* mantendo a inflação constante ao longo dos anos. As prestações que o SAM utiliza para esse cálculo são as seguintes:

Quadro 6 - Prestações ao longo do ano gerado pelo sistema fotovoltaico (SAM)

| Monthly Electricity Purchases and Savings (Year 1 \$) | | | |
|---|----------------|-------------|---------|
| Month | Without System | With System | Savings |
| Jan | 661 | 409 | 251 |
| Feb | 665 | 465 | 199 |
| Mar | 639 | 412 | 226 |
| Apr | 556 | 384 | 172 |
| May | 644 | 493 | 151 |
| Jun | 518 | 394 | 124 |
| Jul | 497 | 362 | 134 |
| Aug | 623 | 469 | 154 |
| Sep | 567 | 378 | 188 |
| Oct | 612 | 364 | 248 |
| Nov | 591 | 351 | 239 |
| Dec | 690 | 437 | 252 |
| Annual | 7,266 | 4,923 | 2,343 |

As prestações são essas apresentadas na última coluna descrita como “savings” no Quadro 6. Com essas prestações considerou a taxa atual de inflação de 9,63% e uma taxa real de juros de 8,4% (Banco Central, 2015).

Obtido essas informações o programa SAM fez a estimativa de *payback* de 9,2 anos. Pode ser visto na figura abaixo o fluxo de caixa nesse período.

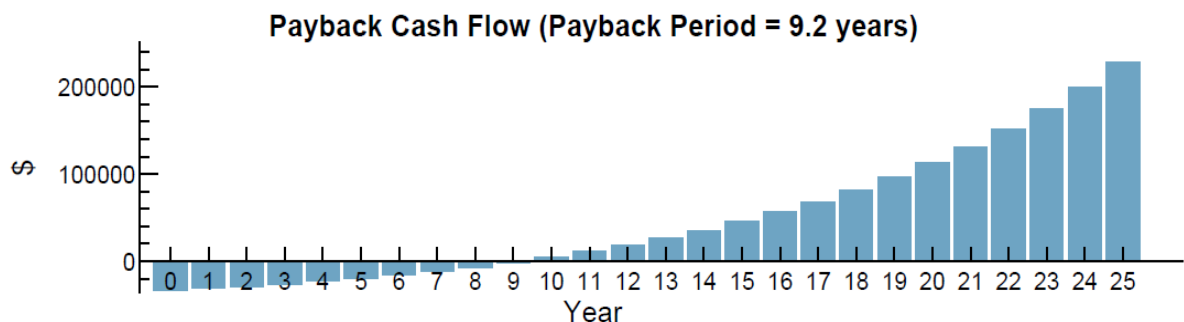


Gráfico 3 - Fluxo de caixa

4.3. Taxa Interna de Retorno (TIR) para o Sistema Fotovoltaico

A taxa interna de rentabilidade (TIR) representa a rentabilidade gerada pelo investimento, ou seja, representa uma taxa de juros tal, que se o capital investido tivesse sido colocado a essa taxa (Heineman, 2007).

Para análise dessa metodologia financeira, é necessária uma alternativa de investimento para afins de comparação de investimento como caderneta de poupança, fundo de investimento, SELIC, dentre outros. A taxa de juros equivalente à taxa referencial do Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (Selic) para títulos federais, relativa ao mês de setembro de 2015, aplicável no pagamento, na restituição, na compensação ou no reembolso de tributos federais, exigível a partir de 1º de outubro de 2015 é de 1,11%.

A metodologia TIR oferece a possibilidade de análise aos gestores identificarem claramente e possam compará-la com a taxa estabelecida para o custo de capital.

Considerando o fluxo de caixa, onde as entradas seriam a potência mensal gerada pelo sistema fotovoltaico e as saídas o consumo total mensal da residência, foi obtido uma TIR de 15%. Quando essa taxa é comparada com outras formas de investimento como título públicos, ações e outros tipos de investimento, verifica-se uma taxa superior a essa obtida, e, portanto, identifica-se uma maior atratividade a outros investimentos.

Contudo, para avaliação do investimento ao sistema fotovoltaico conectado à rede aplicado em residências, como o estudo de caso desse trabalho, utiliza-se a premissa que o cliente proprietário é o dono desse investimento, e ele não utilizará TIR para realizar decisões sobre a instalação do sistema fotovoltaico. Isso porque o cliente já tomou a decisão de investir na implementação do sistema. Portanto, fará mais sentido ao cliente analisar sua decisão mediante ao custo total do projeto, quanto ele irá economizar em sua fatura, e/ou quanto irá demorar para ele retornar seu investimento inicial desse projeto.

5. ANALISE QUALITATIVA

Após a realização da análise econômica do sistema fotovoltaico, foi realizada uma enquete para verificar a eficácia das políticas públicas de energias renováveis voltadas para a região do DF com destaque a região do Lago Sul.

Para a realização desse estudo foi aplicado um questionário online aos moradores da referida região.

A aplicação desse questionário teve o intuito de realizar uma pesquisa populacional nessa região a respeito do tema desse trabalho, podendo assim, analisar quais medidas podem realmente impulsionar o desenvolvimento da energia fotovoltaica nessa região.

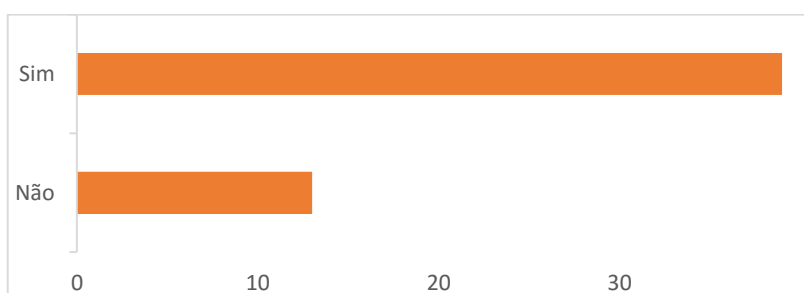
O questionário foi concebido na plataforma Google Forms (apêndice B) e aplicados durante o período de 14 de setembro de 2015 a 15 de outubro de 2015. Durante esse período, 50 usuários e moradores da região do Lago Sul responderam ao questionário, que é apresentado abaixo as principais perguntas para o desenvolvimento desse trabalho.

A seguir, observa-se os resultados obtidos com a realização dessa investigação junto aos moradores da região:

5.1.RESULTADOS PRELIMINARES DOS QUATIONÁRIOS

Afim de conhecer o potencial e interesse da população na instalação fotovoltaica, verificou-se que 79% dos entrevistados tem o interesse em implementar o sistema fotovoltaico em suas residências. Conforme abaixo:

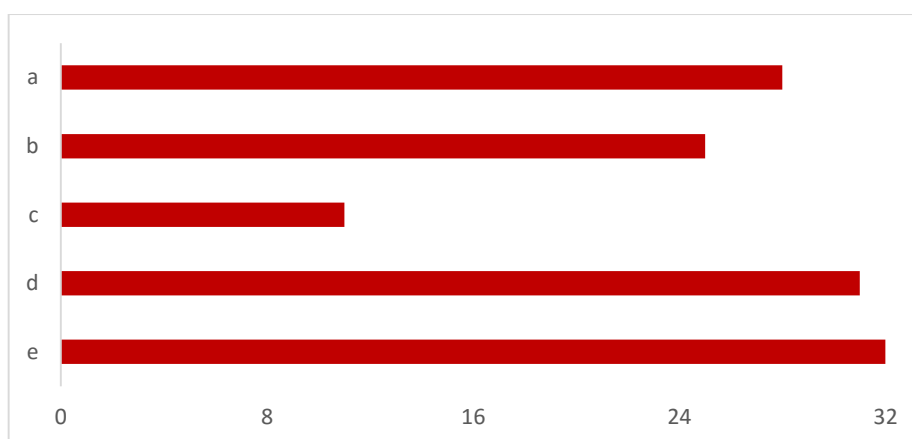
1. Existe interesse em implementar o sistema fotovoltaico em sua residência?



Na segunda questão, a verificação dos fatores motivadores para a instalação do projeto fotovoltaico apontou algumas barreiras existentes na consecução desse projeto. Foram apontados alguns fatores dentre eles: (a) os elevados custos de energia elétrica nos dias atuais; (b) a redução do impacto ambiental decorrente do uso de outras fontes de energia; (c) a necessidade de consumir mais energia elétrica no futuro em seu domicílio; (d) os benefícios financeiros futuros adquiridos com a instalação do sistema fotovoltaico; e (e) outros.

Como resultado da pesquisa, verificou-se que a instalação do projeto fotovoltaico é motivada pelos benefícios financeiros que os usuários podem adquirir com a instalação do sistema fotovoltaico; pelos elevados custos de energia elétrica que hoje o usuário brasileiro enfrenta em um momento de crise hídrica; e alguns respondentes apontaram a preocupação com o meio ambiente como sendo fator motivacional para a instalação do mesmo assim como os benefícios financeiros obtidos futuramente caso optassem pela instalação hoje.

2. Assinale os fatores que podem motivar a instalação futura do sistema fotovoltaico em sua residência.

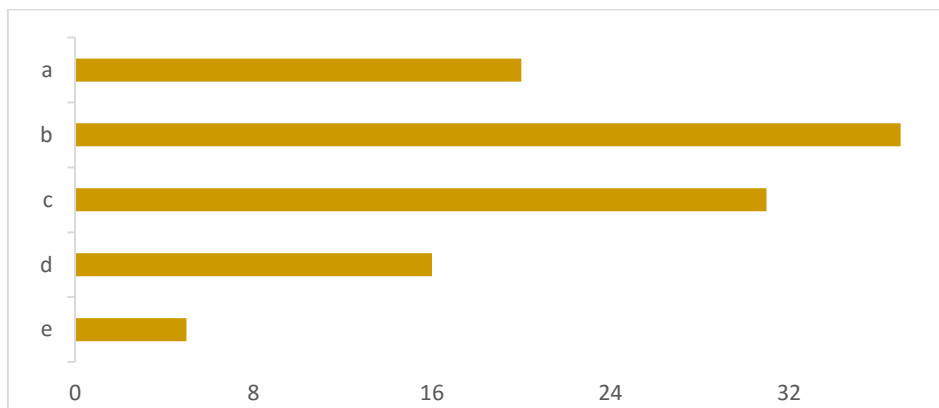


No que diz respeito aos obstáculos enfrentados a pesquisa elencou alguns itens, tais como:(a) falta de informação técnica e financeira para instalação dos componentes; (b) elevado custo dos componentes fotovoltaicos (painéis solares, inversores, string box, cabeamento, etc); (c) falta de incentivo governamental na instalação do sistema fotovoltaico; (d) falta de esclarecimento por parte da distribuidora para a instalação dos componentes; (e) outros. E foi obtido os seguintes dados:

Com a avaliação dos resultados, identificou que a dificuldade que os entrevistados têm mais enfrentado para a instalação fotovoltaica é devido aos altos custos dos componentes fotovoltaicos. Como segunda opção mais selecionada, os entrevistados indicaram a falta de incentivo governamental na instalação do sistema fotovoltaico. E alguns indicaram a carência de informação técnica e financeira sobre o sistema fotovoltaico.

Veja-se o gráfico de todos os itens a seguir:

3. A falta de interesse em instalar o sistema fotovoltaico em minha residência está relacionado a(o):



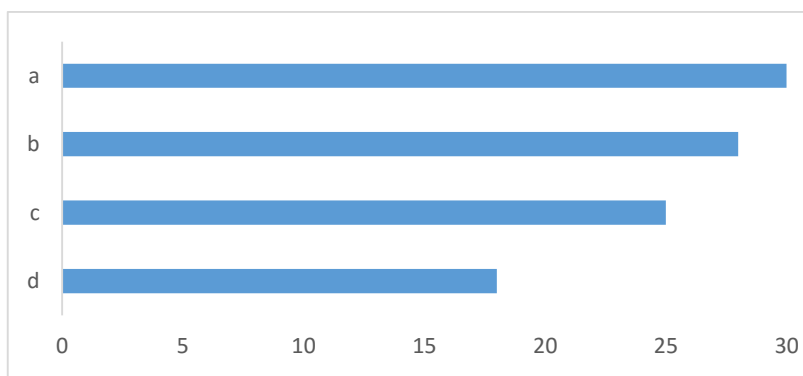
Por fim, foi verificado junto aos entrevistados quais seriam as possíveis medidas essenciais para alavancar, desenvolver e executar projetos solares nessa região. Essa pergunta é importante, pois é possível conhecer prováveis políticas públicas que tem capacidade de impulsionar essa tecnologia de uma perspectiva da população. Essa informação pode abrir portas para os órgãos reguladores do sistema elétrico brasileiro avaliar algumas políticas de incentivo para projetos solares. A importância dessas políticas se engrandece por se falar de uma região que possui um dos maiores índices de renda per capita no mundo – Lago Sul, DF. Considerando os atuais custos para a instalação desse sistema, e, principalmente, a importância do uso dessa tecnologia para o aumento da matriz energética brasileira, nada melhor que iniciar os primeiros projetos nessa região de grande potencial financeiro. Portanto, a motivação e incentivo a esses projetos, podem abrir portas para o início de uma nova era de geração elétrica no Brasil a esses futuros proprietários interessados por esse sistema fotovoltaico.

Para essa análise considerou-se os seguintes itens: (a) Ter um programa estadual/distrital que fomente a instalação de projetos fotovoltaicos; (b) Ter um suporte técnico por parte das distribuidoras e/ou empresas especializadas na instalação dos componentes fotovoltaicos; (c) Ter um suporte comercial por parte da distribuidora e/ou empresas especializadas na aquisição dos componentes fotovoltaicos; (d) Ter um Serviço de Atendimento ao Consumidor (SAC) ou canal de comunicação que esclareça as dúvidas dos clientes.

E verificou-se, de maneira geral, uma falta de informação sobre o assunto. Como pode ser visto, os entrevistados identificaram que a existência de programa estadual/distrital para fomentar a instalação de projetos fotovoltaicos é uma peça chave para impulsionar o desenvolvimento de projetos fotovoltaicos. Bem como um suporte técnico por parte das distribuidoras e/ou empresas especializadas na instalação dos componentes fotovoltaicos. Pode-se avaliar a necessidade de incentivo para essa tecnologia. Algumas medidas como canais de divulgação sobre assuntos técnicos, de instalação e financeiros para sistema fotovoltaicos por parte de distribuidoras, reguladoras e fornecedores podem colaborar para o aumento de informação sobre sistema fotovoltaico e estimular o desenvolvimento dessa tecnologia.

Conforme seguinte gráfico:

4. O Brasil é um país que possui alto índice de irradiação solar até mesmo superior ao da Alemanha, principal país que investe há anos no setor de energia solar. Assinale abaixo algumas iniciativas que você considera importantes para a execução de projetos solares.



7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil é um país de dimensões intercontinentais e detentor de um potencial energético inestimável. A localização entre os trópicos possibilita a garantia da oferta da fonte renovável e inesgotável de energia – solar – durante todo o ano.

A composição da matriz energética brasileira é um tanto quanto particular se comparando com os países da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico, OCDE, lista dos países mais desenvolvidos, dos quais o Brasil não figura.

A proposta desse trabalho é o diagnóstico teórico da tecnologia fotovoltaica, viabilidade econômica e políticas públicas de um dado sistema fotovoltaico para a

cidade de Brasília tendo como referência uma residência típica do bairro do Lago Sul nos revela a relevância em adotar um aproveitamento do potencial solar existente nessa região.

O bairro denominado Lago Sul abrange residências de médio e de grande porte além de comércio local. A escolha dessa região possibilitará a adoção de políticas públicas que explorem o potencial solar existente na cidade de Brasília. A ideia é a partir dessa iniciativa gerar um excedente de energia e que poderá oferecer desconto na fatura do usuário, e propiciar, futuramente, a energia excedente injetada na rede pública de energia à outras residências da cidade de Brasília. Essa atitude beneficiará a distribuidora possibilitando a expansão de sua matriz.

Com base em todos os cálculos e análises realizados nesse trabalho, verifica-se a importância de se investir nesse sistema que oferece ao usuário a geração de sua própria energia. Atualmente, frente a um cenário crítico da matriz energética brasileira e baixas expectativas de expansão dessa matriz para atender a futura demanda, a geração distribuída se torna uma boa oportunidade para encarar essa realidade. Em um artigo publicado por Ricardo Tosto, existem três situações que evidenciam a crise do setor energético. A primeira delas diz respeito ao aumento da tarifa de energia. A outra situação está ligada ao preço alto da energia no chamado mercado livre. E, por fim, o desligamento (corte) da energia em determinadas regiões do país. Essas situações deixam claro a necessidade para que especialistas e interessados nesse nicho de mercado se atente ao assunto.

As reguladoras da energia elétrica no Brasil têm engatinhado para fomentar planos de incentivo ao sistema fotovoltaico, mas o que existe hoje ainda não é suficiente quando se observa a quantidade de potência solar no Brasil, e o grande potencial solar que o país possui.

Apesar do país ser detentor de vantagens competitivas para a expansão do mercado de energia solar (irradiância solar acima da média mundial e quantidade de dias ensolarados ao ano), o capital inicial necessário para investir num sistema fotovoltaico é alto. A justificativa para tal fato é por conta dos principais componentes fotovoltaicos (placa solar e inversor) serem importados, o que encarece ainda mais o custo final desse sistema. E, as análises econômicas não são atrativas ao investidor, principalmente para aqueles que desconhecem a tecnologia, pois o tempo de retorno desse capital inicial é longo, o VPL é negativo e a TIR é baixa quando comparada a outros tipos de investimento. Além de ser um sistema caro, os possíveis investidores

não estão sendo devidamente incentivados pelo governo para que a expansão desse do setor de energia solar ocorra, por isso a necessidade de implementações de política pública clara e pontual para esse mercado.

Contudo, cumpriu-se com todos os objetivos propostos no trabalho para melhor diagnosticar o uso do sistema fotovoltaico na região do Lago Sul. Com o questionário, ficou evidente que há pessoas interessadas em implementar o sistema fotovoltaico, mas que ainda não há incentivos suficientes para motivar, de maneira adequada, essas pessoas investirem um alto capital inicial. Cabe ressaltar que o proprietário da residência do estudo de caso mostrou-se interessado à implementação do sistema fotovoltaico descrito nesse trabalho.

O diagnóstico realizado nesse trabalho baseou-se em três pilares de avaliação do estudo de caso: conceito técnico, econômico e de política pública, o que expôs a importância de investimentos governamentais no setor.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ABRADEE, A. B. (2015). *Tarifas de Energia*. Acesso em Abril de 2015, disponível em ABRADEE: <http://www.abradee.com.br/setor-de-distribuicao/tarifas-de-energia/tarifas-de-energia>.

ANEEL. (Março de 2014). *Informações Gerenciais*. Acesso em Abril de 2015, disponível em ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica: http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/IG_Mar_14.pdf.

ANEEL, A. N. (2008). *Atlas de Energia Elétrica do Brasil 3ª Edição*.

ANEEL, A. N. (2013). *Por Dentro Da Conta de Luz 6ª Edição*.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica -. (2014). *Cadernos Temáticos ANEEL - Micro e Minigeração Distribuída - Sistema de Compensação de Energia Elétrica*. Brasília: ANEEL.

Autodesk. (Novembro de 2015). *Revit - Software de projeto de edificações e construção*. Fonte: Autodesk: <http://www.autodesk.com.br/products/revit-family/overview>

Black Sheep, S. S. (2015). *Instalações de Sistemas de Energia Solar Fotovoltaicos*. Brasília.

Canadian. (2015). *PV Module Product Datasheet*. Canadian Solar.

Carção, J. F. (2011). *Tarifas de Energia Elétrica no Brasil*. pp. 41-54.

Council, W. E. (2007). *Survey of Energy Resources*. Acesso em Abril de 2015, disponível em World Energy Council: www.worldenergy.org/documents/ser2007_final_online_version_1.pdf.

CRESESB. (2006). *Energia Solar-Princípios e Aplicações*. Eletrobrás.

CRESESB. (15 de Outubro de 2015). *Potencial Solar - SunData*. Fonte: Centro de referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>

dos Santos, E., & Vasan, A. H. (2014). *A IMPORTÂNCIA DOS INVESTIMENTOS: uma análise por meio do Payback, VPL e TIR.* Ciclo de estudos em Administração e Ciclo de Estudos tecnológicos. Fonte: <file:///C:/Users/Bruno/Desktop/TCC/TCC%202/Payback.pdf>

Elétrica, C. -C. (2015). *CCEE - Câmara de Comercialização de Energia Elétrica.* Acesso em Abril de 2015, disponível em http://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos?_afLoop=312206646241258#%40%3F_afLoop%3D312206646241258%26_adf.ctrl-state%3Dhn85i6te4_17.

Energia, M. -M. (2003). *Modelo Institucional do Setor Elétrico.*

Energia, N. (15 de Outubro de 2015). Sistemas de energia solar fotovoltaica e seus componentes . Fonte: Neosolar Energia: <http://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>

Energy, E. E. (s.d.). *The History of Solar.* Acesso em Abril de 2015, disponível em Energy Efficiency and Renewable Energy' : https://www1.eere.energy.gov/solar/pdfs/solar_timeline.pdf.

Fontes, M. L. (2005). *Discussão Sobre os Critérios de Avaliação Econômica: Valor Presente Líquido (Vpl), Valor Anual Equivalente (Vae) e Valor Esperado da Terra (Vet).* Fonte: Scielo: <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v29n6/a12v29n6.pdf>

Fortes, M. Z., Ferreira, V. H., Dias, B. H., & Gomes, F. (2013). *Conceitos Iniciais para Dimensionamento - Sistema Fotovoltaico em Residências.* Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense (UFF).

Fronius. (2015). *Fronius International.* Fronius.

Fugimoto, S. K. (2010). *Estrutura de Tarifas de Energia Elétrica. Análise Crítica e Proposições Metodológicas.*

GIL, A.C. Métodos e técnicas de pesquisa social. Ed. Atlas, São Paulo, 1999.

GDF, G. d. (2015). *Administração Regional do Lago Sul*. Acesso em Abril de 2015, disponível em CONHEÇA LAGO SUL RA XVI: <http://www.lagosul.df.gov.br/sobre-a-secretaria/a-secretaria.html>.

Green, M. A., Emery, K., Hishikawa, Y., Warta, W., & Dunlop, E. D. (Janeiro de 2015). Solar Cell Efficiency Tables.

Guimarães, A. M. (2012). Estudo da Viabilidade de Investimentos em uma Franquia de Ensino Profissionalizante. *Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia*.

Heineman, J. T. (2007). *Estudo de Viabilidade para Implementação de um Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico de Baixa Potência com Conexão à Rede Elétrica*. Rio de Janeiro.

IBGE. (2010). *Censo Demográfico*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Kushnir, Y. (2000). *Solar and the Earth's Energy Balance*. Acesso em 2015, disponível em Department of Earth & Environmental Sciences: <http://www.eesc.columbia.edu/courses/eesc/climate/lectures/radiation/>.

LUOSDF. (2014). *Lei Complementar de Uso e Ocupação no Distrito Federal*. Acesso em Abril de 2015, disponível em LUOSDF: http://www.luos.df.gov.br/downloads/Audiencia_publica/AnexoVIII/LagoSul_AnexoVII-A.jpg.

Magnoli, D., & Scalzaretto, R. (1998). *Geografia, espaço, cultura e cidadania*. São Paulo: Moderna.

Maxwell, P.-R. (2015). *Sistema Elétrico Brasileiro*.

NREL, N. R. (26 de Outubro de 2015). *System Advisor Model (SAM)*. Fonte: <https://sam.nrel.gov/>

Nunes, E., Molhano, L., & Peixoto, V. (2007). *Agências Regularoas no Brasil*.

ONS. (2015). *Sistema de Transmissão Horizonte*. Acesso em Abril de 2015, disponível em ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico: http://www.ons.org.br/conheca_sistema/pop/pop_sistema_transmissao.aspx.

Oxford. (15 de Maio de 2014). *Physical Geology Today - The Earth's Season*. Acesso em Abril de 2015, disponível em Oxford Presents: <http://www.oxfordpresents.com/ms/nance/earths-seasons/>.

Partners, C. L. (2015). *Wind and Solar: Why Renewable Energy?* Acesso em Abril de 2015, disponível em Clean Line Energy Partners.

Pereira, O. L., & Gonçalves, F. F. (2008). Dimensionamento de Inversores para Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica: Estudo de Caso do Sistema de Tubarão-SC. *Revista Brasileira de Energia*, 25-45.

PHB, S. (2015). *String BOx CC+CA - 2 Strings*. São Paulo.

Pinho, J. T., & Galdino, M. A. (2014). *Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos*. Rio de Janeiro: CEPEL - CRESESB.

Rafael Amaral Shayani, M. A. (2006). *Comparação do Custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais*. Brasília-DF: Congresso Brasileiro de Planejamento Energético.

República, P. d. (1996). *Lei Nº 9.427, de Dezembro de 1996*. Acesso em Abril de 2015, disponível em Planalto: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9427compilada.htm.

Romero, T. (2003). Pesquisa do Inpe e Nasa mostra regiões do mundo com maior incidência de raios. *Agência FAPESP*.

Seguel, J. I. (Agosto de 2009). Projeto de um sistema fotovoltaico autônomo de suprimento de energia usando técnica MPPT e controle digital.

Sol, A. d. (2015). *Descrição de Irradiação*. Acesso em 23 de Junho de 2015, disponível em América do Sol: <http://www.americadosol.org/simulador/simulation.php?id=78349&session=bf106b4eefb8cc7aa7819ac6d4bde929>.

SolarGIS. (2011). *German Map Global Horizontal Irradiation*. Acesso em Abril de 2015, disponível em SolarGIS: http://solargis.info/doc/_pics/freemaps/1000px/ghi/SolarGIS-Solar-map-Germany-en.png.

SolarGIS. (2013). *World Map of Direct Normal Irradiation*. Acesso em Abril de 2015, disponível em SolarGIS: http://solargis.info/doc/_pics/freemaps/1000px/dni/SolarGIS-Solar-map-DNI-World-map-en.png.

SolarGIS. (2013). *World Map of Global Horizontal Irradiation*. Acesso em Abril de 2015, disponível em SolarGIS: http://solargis.info/doc/_pics/freemaps/1000px/ghi/SolarGIS-Solar-map-World-map-en.png.

SolarGIS. (2014). *Brazil Map Global Horizontal Irradiation*. Acesso em Abril de 2015, disponível em SolarGIS: http://solargis.info/doc/_pics/freemaps/1000px/ghi/SolarGIS-Solar-map-Brazil-en.png.

Toy, J. (Agosto de 2007). Are Photovoltaic Cells a Feasible Way to Alleviate the World's Dependence on Fossil Fuels?.

Vienello, R., & Alves, A. (1991). *Meteorologia básica e aplicações*. Viçosa: Imprensa Universitária.

Villalva, M. G., & Gazoli, J. R. (2012). *Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações*. São Paulo: Érica.

Wilson, L. (s.d.). *The World's Top 10 Solar Countries*. Acesso em Abril de 2015, disponível em The Shrink That Footprint: <http://shrinkthatfootprint.com/the-worlds-top-10-solar-countries>

YIN, Robert. Estudos de caso: planejamento e métodos, Ed. Bookman, São Paulo, 2001.

APÊNDICE A – PASSO A PASSO DO PROGRAMA SAM

Clique em “Start a new project” conforme a tela abaixo. Em seguida, irá abrir outra janela com os modelos dos sistemas disponíveis para o dimensionamento financeiro no programa.

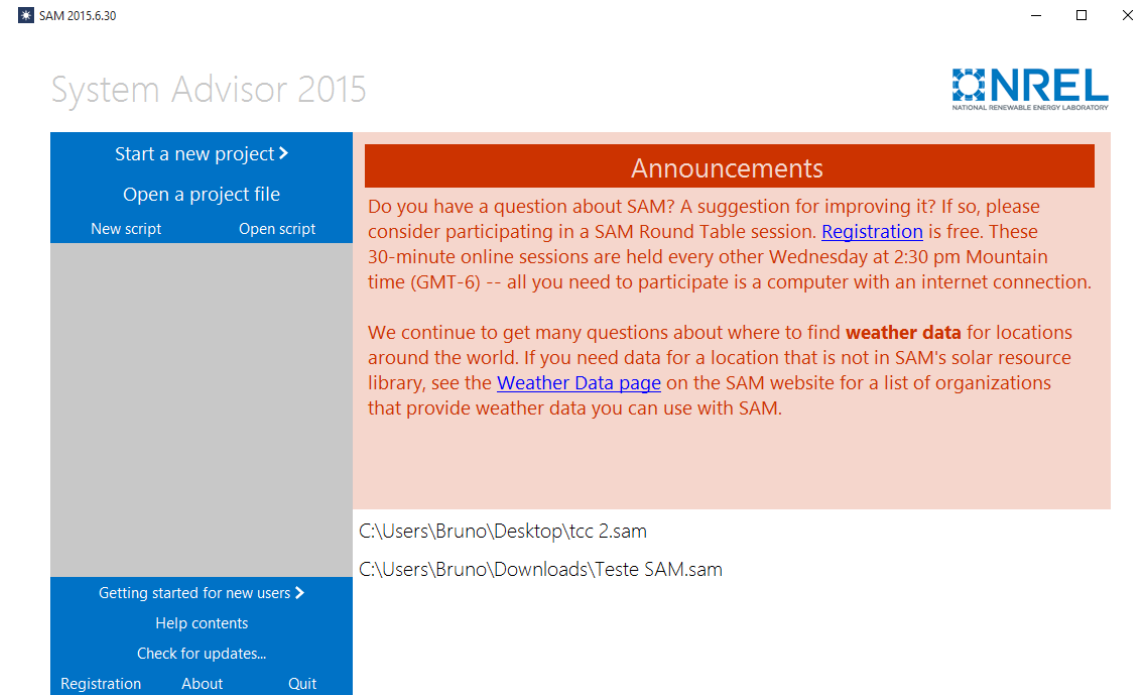


Figura 25 - Tela inicial do programa SAM

Para esse sistema que estamos dimensionando nesse trabalho, escolheu-se “Photovoltaic (detailed)” – fotovoltaico detalhado, “Residential (distributed)” – residencial distribuído, e por fim “Ok” no canto inferior direito da janela.

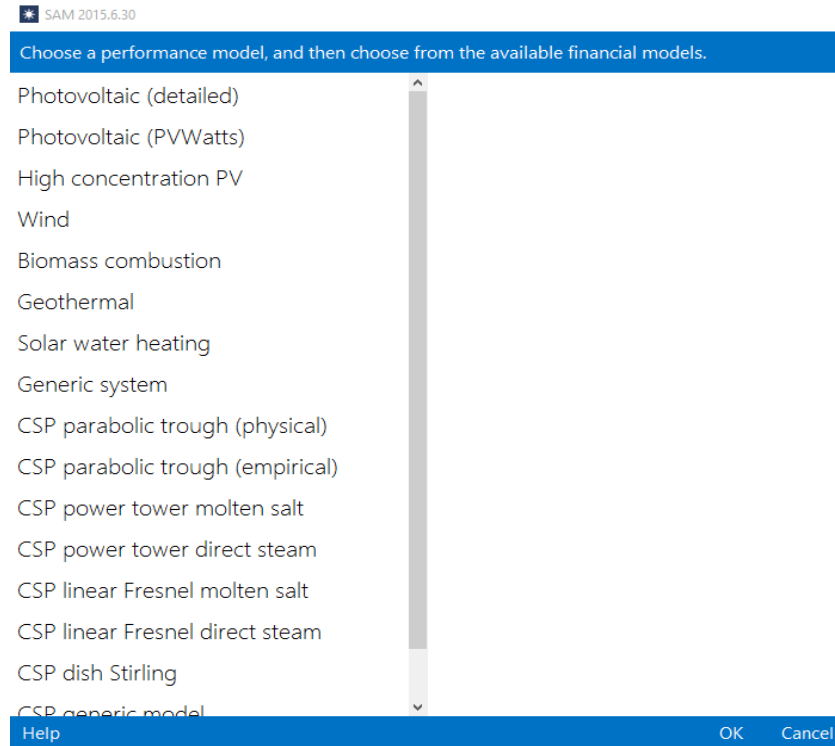


Figura 26 - Segunda Tela do Programa SAM

Feito o procedimento correto, selecionar a região em que a residência se encontra. Pode-se procurar na busca rápida (*Search for:*). Conforme abaixo:

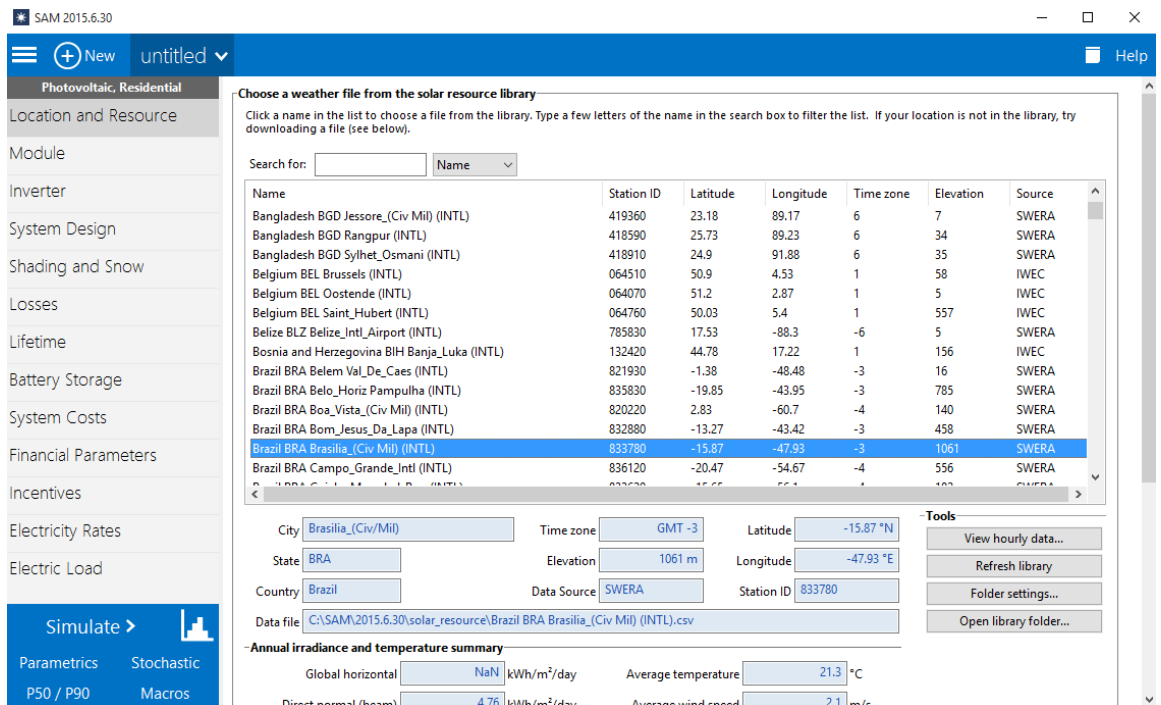


Figura 27 - Janela de localização do SAM

Em seguida, clica-se em “Module” para selecionar qual o painel solar que deseja ser utilizado.

CEC Performance Model with Module Database

| Name | I _{mp_ref} | V _{mp_ref} | A _c | N _s | I _{sc_ref} | V _{oc_ref} |
|--|---------------------|---------------------|----------------|----------------|---------------------|---------------------|
| Sun World Solar Energy Technology (Luoyang) SWM290P156 | 7.70 | 37.37 | 1.906 | 72 | 8.34 | 44.64 |
| Sun World Solar Energy Technology (Luoyang) SWM295M156 | 7.93 | 37.37 | 1.906 | 72 | 8.65 | 44.71 |
| Sun World Solar Energy Technology (Luoyang) SWM295P156 | 7.80 | 37.44 | 1.906 | 72 | 8.40 | 44.79 |
| Sun World Solar Energy Technology (Luoyang) SWM300M156 | 8.03 | 37.44 | 1.906 | 72 | 8.69 | 44.71 |
| Sun World Solar Energy Technology (Luoyang) SWM300P156 | 7.85 | 37.59 | 1.906 | 72 | 8.45 | 44.93 |
| SunEdison MEMC-F255KzC-2y | 8.27 | 30.80 | 1.643 | 60 | 8.84 | 38.30 |
| SunEdison MEMC-F260KzC-2y | 8.40 | 31.00 | 1.643 | 60 | 8.87 | 38.40 |
| SunEdison MEMC-F265KzC-2y | 8.42 | 31.50 | 1.643 | 60 | 9.00 | 38.50 |
| SunEdison MEMC-F270KzC-2y | 8.52 | 31.70 | 1.643 | 60 | 9.10 | 38.60 |

Module Characteristics at Reference Conditions

Reference conditions: Total Irradiance = 1000 W/m², Cell temp = 25 C

SunEdison MEMC-F270KzC-2y

Module Current (Amps) vs. Module Voltage (Volts)

| Parameter | Value | Unit | Temperature Coefficient |
|-----------------------------|---------|------|-------------------------|
| Nominal efficiency | 16.4385 | % | |
| Maximum power (Pmp) | 270.084 | Wdc | -0.450 %/°C |
| Max power voltage (Vmp) | 31.7 | Vdc | |
| Max power current (Imp) | 8.5 | Adc | |
| Open circuit voltage (Voc) | 38.6 | Vdc | -0.330 %/°C |
| Short circuit current (Isc) | 9.1 | Adc | 0.050 %/°C |

Temperature Correction

☑ Nominal operating cell temperature (NOCT) method

NOCT method parameters

Figura 28 - Escolha do módulo solar no programa SAM

O mesmo deve ser feito na janela "Inverter" para selecionar qual o irá ser utilizado no projeto.

Inverter CEC Database

| Name | P _{ac} | V _{ac} | M _{pp} _low | M _{pp} _high |
|---|-----------------|-----------------|----------------------|-----------------------|
| Fronius USA: Fronius Primo 6.0-1 @ 240 VAC 240V [CEC 2015] | 6000 | 240 | 240 | 800 |
| Fronius USA: Fronius Primo 7.6-1 @ 208 VAC 208V [CEC 2015] | 7600 | 208 | 250 | 800 |
| Fronius USA: Fronius Primo 7.6-1 @ 240 VAC 240V [CEC 2015] | 7600 | 240 | 250 | 800 |
| Fronius USA: Fronius Primo 8.2-1 @ 208 VAC 208V [CEC 2015] | 7900 | 208 | 270 | 800 |
| Fronius USA: Fronius Primo 8.2-1 @ 240 VAC 240V [CEC 2015] | 8200 | 240 | 270 | 800 |
| Fronius USA: Fronius Symo 10.0-3 208-240 (240V) 240V [CEC 20... | 9995 | 240 | 300 | 500 |

Efficiency Curve and Characteristics

Fronius USA: Fronius Primo 8.2-1 @ 240 VAC 240V [CEC 2015]

Efficiency (%) vs. % of Rated Output Power

| Parameter | Value | Unit | Temperature Coefficient |
|------------------------------------|---------|------|-------------------------|
| CEC weighted efficiency | 97.182 | % | |
| European weighted efficiency | 96.784 | % | |
| Maximum AC power | 8200 | Wac | C0 -1.2% |
| Maximum DC power | 8426.97 | Wdc | C1 -3.4% |
| Power consumption during operation | 38.6629 | Wdc | C2 -0.0% |
| Power consumption at night | 0.6 | Wac | C3 -0.0% |
| Nominal AC voltage | 240 | Vac | |
| Maximum DC voltage | 1000 | Vdc | |
| Maximum DC current | 36 | Adc | |
| Minimum MPPT DC voltage | 270 | Vdc | |
| Nominal DC voltage | 660.458 | Vdc | |
| Maximum MPPT DC voltage | 800 | Vdc | |

Note: If you are modeling a system with microinverters or DC power optimizers, see the "Losses" page to adjust the system losses accordingly.

Figura 29 - Escolha do Inversor no programa SAM

Na próxima janela, escolher o design do sistema fotovoltaico, número de painéis por string, número de strings e o número de inversores desejados.

System Sizing

Specify desired array size
 Desired array size: 10 kWdc
 DC to AC ratio: 1.10

Specify modules and inverters
 Modules per string: 15
 Strings in parallel: 2
 Number of inverters: 1

Configuration at Reference Conditions

| Modules | | Inverters | |
|---------------------|---------------------|----------------------|-------------|
| Nameplate capacity | 8.103 kWdc | Total capacity | 8.200 kWac |
| Number of modules | 30 | Total capacity | 8.427 kWdc |
| Modules per string | 15 | Number of inverters | 1 |
| Strings in parallel | 2 | Maximum DC voltage | 1,000.0 Vdc |
| Total module area | 49.3 m ² | Minimum MPPT voltage | 270.0 Vdc |
| String Voc | 579.0 V | Maximum MPPT voltage | 800.0 Vdc |
| String Vmp | 475.5 V | | |

DC Subarrays

To model a system with one array, specify properties for Subarray 1 and disable Subarrays 2, 3, and 4. To model a system with up to four subarrays connected in parallel to a single bank of inverters, for each subarray, check Enable and specify a number of strings and other properties.

| String Configuration | Subarray 1 | Subarray 2 | Subarray 3 | Subarray 4 |
|-------------------------------|------------|------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Strings in array | 2 | (always enabled) | <input type="checkbox"/> Enable | <input type="checkbox"/> Enable |
| Strings allocated to subarray | 2 | 0 | 0 | 0 |

Tracking & Orientation

Subarray 1: Fixed, 1 Axis, 2 Axis, Azimuth Axis
 Subarray 2: Fixed, 1 Axis, 2 Axis, Azimuth Axis
 Subarray 3: Fixed, 1 Axis, 2 Axis, Azimuth Axis
 Subarray 4: Fixed, 1 Axis, 2 Axis, Azimuth Axis

Tilt=latitude
 Tilt (deg): 20
 Azimuth (deg): 180
 Ground coverage ratio (GCR): 0.3
 Tracker rotation limit (deg): 45
 Backtracking: Enable

Figura 30 - Design do Sistema Fotovoltaico no programa SAM

Na mesma janela, temos que selecionou-se “Tilt=Latitude” que significa que o programa vai utilizar a inclinação de instalação dos painéis solares igual à Latitude da região escolhida anteriormente. Conforme abaixo:

Tracking & Orientation

Subarray 1: Fixed, 1 Axis, 2 Axis, Azimuth Axis
 Tilt=latitude
 Tilt (deg): 20
 Azimuth (deg): 180
 Ground coverage ratio (GCR): 0.3
 Tracker rotation limit (deg): 45
 Backtracking: Enable

Subarray 2: Fixed, 1 Axis, 2 Axis, Azimuth Axis
 Tilt=latitude
 Tilt (deg): 20
 Azimuth (deg): 180
 Ground coverage ratio (GCR): 0.3
 Tracker rotation limit (deg): 45
 Backtracking: Enable

Subarray 3: Fixed, 1 Axis, 2 Axis, Azimuth Axis
 Tilt=latitude
 Tilt (deg): 20
 Azimuth (deg): 180
 Ground coverage ratio (GCR): 0.3
 Tracker rotation limit (deg): 45
 Backtracking: Enable

Subarray 4: Fixed, 1 Axis, 2 Axis, Azimuth Axis
 Tilt=latitude
 Tilt (deg): 20
 Azimuth (deg): 180
 Ground coverage ratio (GCR): 0.3
 Tracker rotation limit (deg): 45
 Backtracking: Enable

Ground coverage ratio is used (1) to determine when a one-axis tracking system will backtrack, (2) in self-shading calculations for fixed tilt or one-axis tracking systems on the Shading page, and (3) in the total land area calculation. See Help for details.

Figura 31 - Segunda parte de configuração do design de sistema no SAM

A próxima janela a ser selecionada é “System Costs”, onde todos os custos do sistema são adicionados como o custo do painel, inversor e custo de instalação:

The screenshot shows the SAM 2015.6.30 interface with the 'Direct Capital Costs' and 'Indirect Capital Costs' sections. The 'Direct Capital Costs' section includes:

| Component | Units | \$/Unit | Total Cost |
|-------------------------------|-----------------|----------|---------------------|
| Module | 30 | 1,100.00 | \$ 33,000.00 |
| Inverter | 1 | 9,737.72 | \$ 9,737.72 |
| Battery bank | 0.0 kWh dc | 600.00 | \$ 0.00 |
| Balance of system equipment | 0.00 | 0.00 | \$ 0.00 |
| Installation labor | 5,000.00 | 0.00 | \$ 5,000.00 |
| Installer margin and overhead | 0.00 | 0.00 | \$ 0.00 |
| Subtotal | | | \$ 47,737.72 |
| Contingency | 0 % of subtotal | | \$ 0.00 |
| Total direct cost | | | \$ 47,737.72 |

The 'Indirect Capital Costs' section includes:

| Component | % of direct cost | \$/Wdc | Total Cost |
|--------------------------------------|------------------|--------|--------------------|
| Permitting and environmental studies | 0 | 0.10 | \$ 810.25 |
| Engineering | 0 | 0.00 | \$ 0.00 |
| Grid interconnection | 0 | 0.00 | \$ 0.00 |
| Land Costs | | | |
| Land area | 0.0 acres | | |
| Land purchase | \$ 0/acre | 0 | \$ 0.00 |
| Land preparation | \$ 0/acre | 0 | \$ 0.00 |
| Sales Tax | | | |
| Sales tax basis | 58 | | |
| Sales tax rate | 5.0 % | | \$ 1,384.39 |
| Total indirect cost | | | \$ 2,194.65 |

The 'Total Installed Cost' is shown as \$ 49,932.37.

Figura 32 - Modificação dos custos do sistema fotovoltaico no SAM

Aqui, configurou-se os parâmetros financeiros brasileiro como inflação e taxa real de desconto.

The screenshot shows the SAM 2015.6.30 interface with the 'Financial Parameters' section. The 'Residential Loan Type' section includes:

Standard loan
 Mortgage

The 'Loan Parameters' section includes:

| | | | |
|---------------|----------|------------------|--------------|
| Debt fraction | 0 % | Net capital cost | \$ 47,737.72 |
| Loan term | 25 years | Debt | \$ 0.00 |
| Loan rate | 5 %/year | WACC | 16.76 % |

The 'Analysis Parameters' section includes:

| | | | |
|-----------------|----------|-----------------------|--------------|
| Analysis period | 25 years | Inflation rate | 9.63 %/year |
| | | Real discount rate | 6.5 %/year |
| | | Nominal discount rate | 16.76 %/year |

The 'Tax and Insurance Rates' section includes:

| | | | |
|-------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------|
| Federal income tax rate | 0 %/year | Assessed percentage | 0 % of installed cost |
| State income tax rate | 0 %/year | Assessed value | \$ 0.00 |
| Sales tax | 0 % of total direct cost | Annual decline | 0 %/year |
| Insurance rate (annual) | 0 % of installed cost | Property tax rate | 0 %/year |

The 'Salvage Value' section includes:

| | | | |
|-------------------|-----------------------|------------------------------|------|
| Net salvage value | 0 % of installed cost | End of analysis period value | \$ 0 |
|-------------------|-----------------------|------------------------------|------|

Figura 33- Configurando os Parâmetros Financeiros no SAM

Como no Brasil não há nenhum incentivo direto com relação a sistemas fotovoltaicos, na próxima janela, "Incentives", modificou-se os valores para zero. Conforme a imagem abaixo:

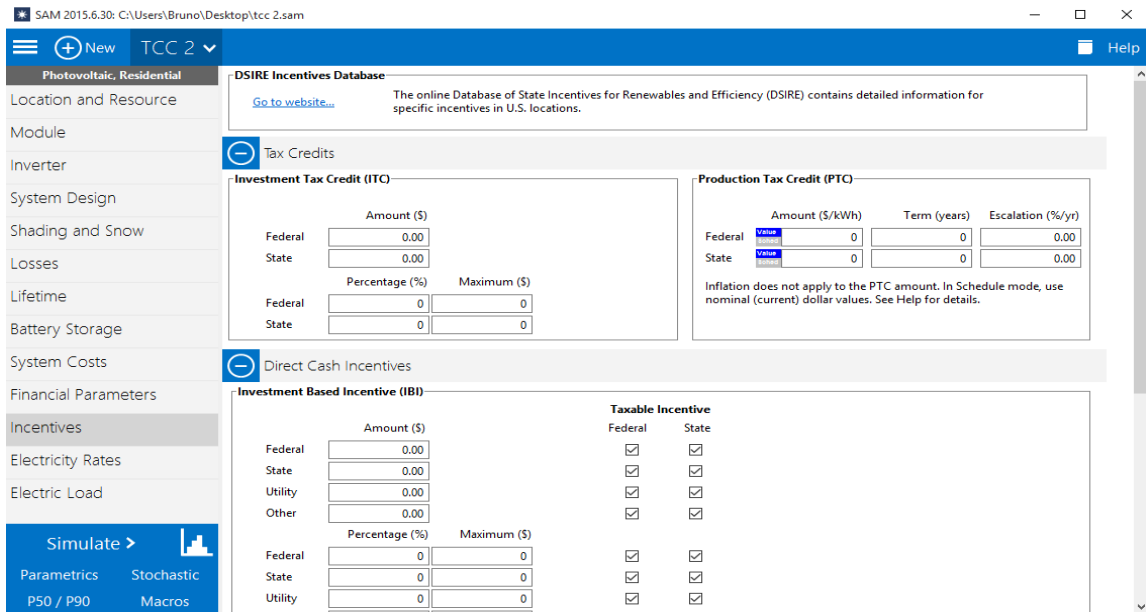


Figura 34- Configurando a janela de incentivos no SAM

Aqui, foi modificado os parâmetros para taxa de energia elétrica do estudo de caso em questão.

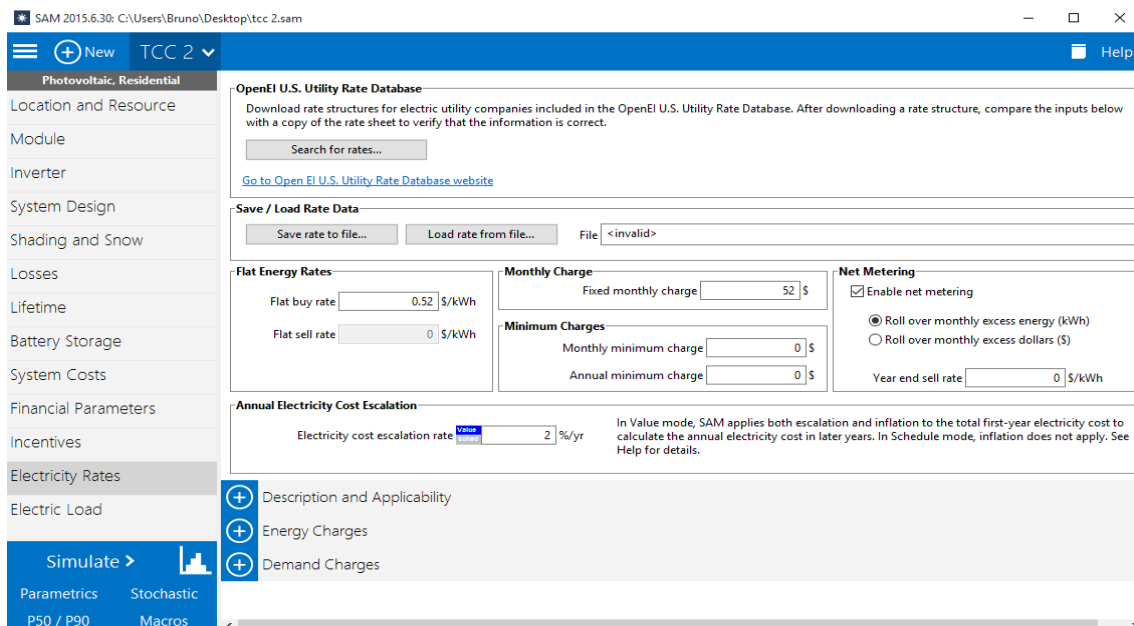


Figura 35- Janela para configuração das taxas de eletricidade no SAM

Enfim, para simular o sistema fotovoltaico no programa SAM, necessita atualizar os dados da carga de energia da residência do estudo de caso num período de 12 meses. Para isso, basta acessar o campo “Edit values” e editar os valores corretos.

The screenshot shows the SAM 2015.6.30 software interface. The main window is titled "Input Time Series Load Data" and is part of a "Photovoltaic, Residential" project named "TCC 2". The interface includes a sidebar with various configuration options and a main panel for entering electric load data.

Electric Load Data

Energy usage: kW Normalize supplied load profile to monthly utility bill data

Scaling factor (optional): Monthly energy usage: kWh

-Monthly Load Summary

| | Energy (kWh) | Peak (kW) |
|--------|--------------|-----------|
| Jan | 960.00 | 2.25 |
| Feb | 960.00 | 2.48 |
| Mar | 870.00 | 2.31 |
| Apr | 790.00 | 2.61 |
| May | 850.00 | 2.90 |
| Jun | 850.00 | 2.49 |
| Jul | 1,010.00 | 2.50 |
| Aug | 960.00 | 2.56 |
| Sep | 970.00 | 2.99 |
| Oct | 930.00 | 2.98 |
| Nov | 790.00 | 1.96 |
| Dec | 900.00 | 2.15 |
| Annual | 10,840.00 | 2.99 |

-Annual Adjustment

Load growth rate: %/yr

In Value mode, the growth rate applies to the previous year's annual kWh load starting in Year 2. In Schedule mode, each year's rate applies to the Year 1 kWh value. See Help for details.

Figura 36- Editando os valores das últimas faturas de EE no SAM

Por último, para obtenção das análises financeiras do sistema fotovoltaico, deve-se clicar em “Simulate”. Dessa forma, o programa irá processar todos os dados inseridos e oferecerá o resultado das análises. O programa SAM conta com a disponibilidade de um relatório, que pode ser visto em anexo.

APÊNDICE B – Questionário

07/11/2015

Questionário - Implementação de Sistema Fotovoltaico

Questionário - Implementação de Sistema Fotovoltaico

Prezado colaborador,

O referido questionário faz parte de uma pesquisa acadêmica acerca da proposta de política energética desenvolvida no DF com destaque para a energia solar (sistemas fotovoltaicos). Este projeto é desenvolvido pela Universidade de Brasília-UnB sem interesses comerciais ou econômicos.

As informações coletadas desta pesquisa resguardará a identidade dos participantes. Apenas os responsáveis pelos domicílios deverão responder ao questionário.

Agradecemos, desde já, a sua colaboração,

Bruno Rodrigues Martins Lossio
Orientando da pesquisa

Profa Paula Meyer - UnB-FGA
Orientadora da pesquisa

*Obrigatório

Questionário - Implementação de Sistema Fotovoltaico

INDICADORES SOCIOECONÔMICOS

1. **Selecione o nível de escolaridade. ***

Marque todas que se aplicam.

- 1º Grau Completo
- 2º Grau Completo
- Nível Superior
- Especialização
- Mestrado
- Doutorado
- Outro:

2. **Você reside em: ***

Marcar apenas uma oval.

- Casa
- Apartamento
- Outro:

07/11/2015

Questionário - Implementação de Sistema Fotovoltaico

3. Assinale a região onde você reside. **Marcar apenas uma oval.*

- Lago Sul
- Lago Norte
- Park Way
- Asa Sul
- Asa Norte
- Outro:

4. Quantas pessoas habitam na residência? **Marcar apenas uma oval.*

- Uma pessoa
- Duas pessoas
- Três pessoas
- Quatro pessoas
- Mais de quatro pessoas

5. Há quanto tempo reside no referido domicílio? **Marcar apenas uma oval.*

- 1 a 3 anos
- 4 a 6 anos
- 7 a 9 anos
- 10 ou mais anos

6. A residência é: **Marcar apenas uma oval.*

- Própria
- Alugada
- Outro:

07/11/2015

Questionário - Implementação de Sistema Fotovoltaico

| CONTA MÊS | VENCIMENTO | CONSUMO (kWh) | TOTAL A PAGAR (R\$) |
|-----------|------------|---------------|---------------------|
| FEV/2011 | 24/02/2011 | 204 | 75,86 |

| DATAS DAS LEITURAS | | DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA | |
|--------------------|------------|------------------------------|-------------|
| ATUAL: | 08/02/2011 | CNPJ/CPF: | 0000 |
| ANTERIOR: | 10/01/2011 | CLASSIFICAÇÃO: | RESIDENCIAL |
| APRESENTAÇÃO: | 08/02/2011 | LIGAÇÃO: | TRIFASICA |
| PRÓXIMO MÊS: | 10/03/2011 | MEDIDOR(ES): | 00000 |

| LEITURAS DE ENERGIA | kWh | kVarh | HISTÓRICO DE CONSUMO (kWh) | |
|----------------------|--------|-------|----------------------------|-----|
| ATUAL: | 60615 | | FEV/10 | 206 |
| ANTERIOR: | 60411 | | MAR/10 | 151 |
| CONSUMO: | 204 | | ABR/10 | 146 |
| RESÍDUO DE CONSUMO: | | | MAI/10 | 148 |
| NÚMERO DE DIAS: | 29 | | JUN/10 | 187 |
| FATOR MULTIPLICADOR: | 001,00 | | JUL/10 | 138 |
| FATOR DE POTÊNCIA: | | | AGO/10 | 190 |
| | | | SET/10 | 193 |
| | | | OUT/10 | 151 |
| | | | NOV/10 | 168 |
| | | | DEZ/10 | 162 |
| | | | JAN/11 | 102 |
| | | | MÉDIA CONSUMO ANUAL: | 161 |

| DESCRIÇÃO DA CONTA | | | |
|------------------------------------|---------------|-------------|-------|
| TARIFA FAIXA CONSUMO | 204 kWh A R\$ | 0,3574879 = | 72,92 |
| CONTRIBUIÇÃO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA | | | 4,59 |
| COMP. POR ULTRAPAS DIC MENSAI | | | 1,65- |

| SEU CÓDIGO | TOTAL A PAGAR (R\$) |
|--------------|---------------------|
| | 75,86 |
| MÊS FATURADO | VENCIMENTO |
| FEV/2011 | 24/02/2011 |

7. Especifique o consumo médio anual de energia elétrica na sua residência (kWh).

*

(Conforme indicado na figura)

| CONTA MÊS | VENCIMENTO | CONSUMO (kWh) | TOTAL A PAGAR (R\$) |
|-----------|------------|---------------|---------------------|
| FEV/2011 | 24/02/2011 | 204 | 75,86 |

| DATAS DAS LEITURAS | | DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA | |
|--------------------|------------|------------------------------|-------------|
| ATUAL: | 08/02/2011 | CNPJ/CPF: | 0000 |
| ANTERIOR: | 10/01/2011 | CLASSIFICAÇÃO: | RESIDENCIAL |
| APRESENTAÇÃO: | 08/02/2011 | LIGAÇÃO: | TRIFASICA |
| PRÓXIMO MÊS: | 10/03/2011 | MEDIDOR(ES): | 00000 |

| LEITURAS DE ENERGIA | kWh | kVarh | HISTÓRICO DE CONSUMO (kWh) | |
|----------------------|--------|-------|----------------------------|-----|
| ATUAL: | 60615 | | FEV/10 | 206 |
| ANTERIOR: | 60411 | | MAR/10 | 151 |
| CONSUMO: | 204 | | ABR/10 | 146 |
| RESÍDUO DE CONSUMO: | | | MAI/10 | 148 |
| NÚMERO DE DIAS: | 29 | | JUN/10 | 187 |
| FATOR MULTIPLICADOR: | 001,00 | | JUL/10 | 138 |
| FATOR DE POTÊNCIA: | | | AGO/10 | 190 |
| | | | SET/10 | 193 |
| | | | OUT/10 | 151 |
| | | | NOV/10 | 168 |
| | | | DEZ/10 | 162 |
| | | | JAN/11 | 102 |
| | | | MÉDIA CONSUMO ANUAL: | 161 |

| DESCRIÇÃO DA CONTA | | | |
|------------------------------------|---------------|-------------|-------|
| TARIFA FAIXA CONSUMO | 204 kWh A R\$ | 0,3574879 = | 72,92 |
| CONTRIBUIÇÃO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA | | | 4,59 |
| COMP. POR ULTRAPAS DIC MENSAI | | | 1,65 |

| SEU CÓDIGO | TOTAL A PAGAR (R\$) |
|--------------|---------------------|
| | 75,86 |
| MÊS FATURADO | VENCIMENTO |
| FEV/2011 | 24/02/2011 |

07/11/2015

Questionário - Implementação de Sistema Fotovoltaico

8. **Especifique o histórico do consumo mensal de energia elétrica na sua residência (kWh).**

(Conforme indicado na figura. Exemplo: fev/10 - 206, mar/10 - 151, abr/10 - 146, etc)

.....

.....

.....

.....

.....

| CONTA MÊS | VENCIMENTO | CONSUMO (kWh) | TOTAL A PAGAR (R\$) |
|-----------|------------|---------------|---------------------|
| FEV/2011 | 24/02/2011 | 204 | 75,86 |

| DATAS DAS LEITURAS | | DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA | |
|--------------------|------------|------------------------------|-------------|
| ATUAL: | 08/02/2011 | CNPJ/CPF: | 0000 |
| ANTERIOR: | 10/01/2011 | CLASSIFICAÇÃO: | RESIDENCIAL |
| APRESENTAÇÃO: | 08/02/2011 | LIGAÇÃO: | TRIFASICA |
| PRÓXIMO MÊS: | 10/03/2011 | MEDIDOR(ES): | 00000 |

| LEITURAS DE ENERGIA | kWh | kVarh | HISTORICO DE CONSUMO (kWh) | |
|----------------------|--------|-------|----------------------------|-----|
| ATUAL: | 60615 | | FEV/10 | 206 |
| ANTERIOR: | 60411 | | MAR/10 | 151 |
| CONSUMO: | 204 | | ABR/10 | 146 |
| RESÍDUO DE CONSUMO: | | | MAI/10 | 148 |
| NÚMERO DE DIAS: | 29 | | JUN/10 | 187 |
| FATOR MULTIPLICADOR: | 001,00 | | JUL/10 | 138 |
| FATOR DE POTÊNCIA: | | | AGO/10 | 190 |
| | | | SET/10 | 193 |
| | | | OUT/10 | 151 |
| | | | NOV/10 | 168 |
| | | | DEZ/10 | 162 |
| | | | JAN/11 | 102 |
| | | | MÉDIA CONSUMO ANUAL: | 161 |

| DESCRIÇÃO DA CONTA | | | |
|------------------------------------|-----------|---------------|-------|
| TARIFA FAIXA CONSUMO | 204 kWh A | R\$ 0,3574879 | 72,92 |
| CONTRIBUIÇÃO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA | | | 4,59 |
| COMP. POR ULTRAPAS. DIC MENSAL | | | 1,65 |

| SEU CÓDIGO | TOTAL A PAGAR (R\$) |
|--------------|---------------------|
| | 75,86 |
| MÊS FATURADO | VENCIMENTO |
| FEV/2011 | 24/02/2011 |

9. **Especifique o valor da tarifa de energia elétrica mensal unitária na sua residência.**

(Conforme indicado na figura)

.....

SISTEMA FOTOVOLTAICO: INSTALAÇÃO

Sistema Fotovoltaico: Conceito

O sistema fotovoltaico tem a capacidade de transformar a energia proveniente do sol em energia elétrica a partir da utilização de módulos/painéis solares e inversores para transformar a corrente contínua em corrente alternada, esta utilizada em equipamentos domésticos.

O sistema fotovoltaico produz energia elétrica para suprir a demanda de consumo da residência e o excedente de produção/geração de energia elétrica pode ser injetado na rede elétrica da distribuidora, sob a forma de empréstimo, que corresponde a um crédito a ser compensado no prazo de 36 meses conforme dispõe a Resolução ANEEL Nº 482/2012.

07/11/2015

Questionário - Implementação de Sistema Fotovoltaico

Portanto, com a implementação do sistema fotovoltaico, o cliente irá reduzir o custo mensal de sua conta de energia elétrica.



10. **Existe interesse em implementar painéis solares em sua residência? ***

Marque todas que se aplicam.

- Sim
 Não

11. **Assinale os fatores que podem motivar a instalação futura de painéis solares em sua residência. ***

Marque todas que se aplicam.

- Os elevados custos de energia elétrica nos dias atuais;
 A redução do impacto ambiental decorrente do uso de outras fontes de energia;
 A necessidade de consumir mais energia elétrica no futuro em seu domicílio;
 Os benefícios financeiros futuros adquiridos com a instalação do sistema fotovoltaico
 Outro:

12. **A falta de interesse em instalar painéis solares em minha residência está relacionado a(o): ***

Marque todas que se aplicam.

- falta de informação técnica e financeira para instalação dos componentes;
 elevado custo dos componentes fotovoltaicos (painéis solares, inversores, etc);
 falta de incentivo governamental na instalação desses painéis;
 falta de esclarecimento por parte da distribuidora para a instalação dos componentes.
 Outro:

SISTEMA FOTOVOLTAICO: POLÍTICA PÚBLICA

07/11/2015

Questionário - Implementação de Sistema Fotovoltaico

13. **O Brasil é um país que possui alto índice de irradiação solar até mesmo superior ao da Alemanha, principal país que investe há anos no setor de energia solar. Assinale abaixo algumas iniciativas que você considera importantes para a execução de projetos solares. ***

Marque todas que se aplicam.

- Ter um programa estadual/distrital que fomente a instalação de projetos fotovoltaicos;
- Ter um suporte técnico por parte das distribuidoras e/ou empresas especializadas na instalação dos componentes fotovoltaicos;
- Ter um suporte comercial por parte da distribuidora e/ou empresas especializadas na aquisição dos componentes fotovoltaicos;
- Ter um Serviço de Atendimento ao Consumidor (SAC) ou canal de comunicação que esclareça as dúvidas dos clientes.

14. **Espaço dedicado para comentários e discussões acerca do tema em questão.**

.....

.....

.....

.....

.....

Powered by



ANEXO A – Relatório do SAM



Photovoltaic System
Residential

5.60 kW Nameplate
\$5.86/W Installed Cost

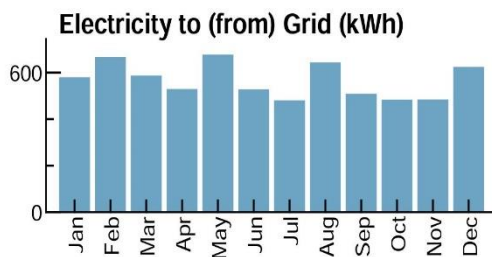
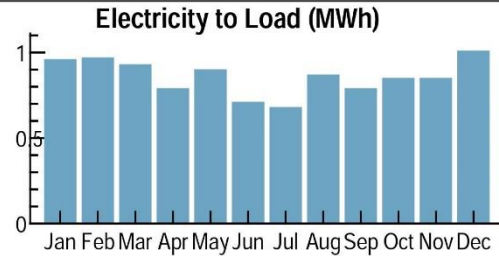
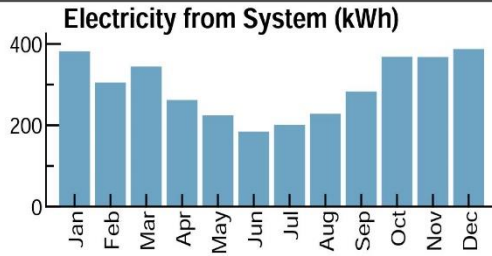
Brasilia_(Civ/Mil), BRA
-15.87 N, -47.93 E GMT -3

System Advisor Model Report

| Performance Model | Financial Model | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|--|--------------------------|--|---------------|------------|-------------|--------------------|-----------------|----------------|----------|----|----------------|-----------|------------|-------------------|-----------|--|---|--|---------------|---------|---------------|--------------------|----------|---|----------------|---------|-------------------------|------|---------------|-----|-------|--|---------|---|--------------------|----|-----------------------|-------|----------------------------|----|----------------------|---|----------|-------|--------------|---|----------------------|---|---------|-----|---------|-----|---------------|-----|-------------------------|--|--------------------------|------|-------------|---------|--------------------------|------|----------------------------|--|----------------------------|-----|----------------------------|-----|-------------------|-------|-----------------|--------------|---------------------|--------------|-------------|--------------|-----------------|------|-------------------|------|---|---------------|--|----------------------|----------|---------------|-----|---------------------|--|--------------|----------|----------------|-------|--------------------|------|---|--|---------------|----|--------|-----|------|----------|------|----|---|--|--------------------|---------|------------------|---------|-----------|----|-----------|---------|----------------------------------|---------|------------|--|------|--|-------------------------------------|--|--------------------|--------|---------------------|------------|---------------------------|--|------------|------------|------------------------|------------|-------------------------|---------|---------------------------------------|--|---------|--|--------------|-----------------|-------------------|----------|----------------|-----------|
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left;">Modules</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Canadian Solar CS6P-255P</td><td></td></tr> <tr><td>Cell material</td><td>Multi-c-Si</td></tr> <tr><td>Module area</td><td>1.5 m²</td></tr> <tr><td>Module capacity</td><td>254.6 DC Watts</td></tr> <tr><td>Quantity</td><td>22</td></tr> <tr><td>Total capacity</td><td>5.6 DC kW</td></tr> <tr><td>Total area</td><td>34 m²</td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left;">Inverters</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Fronius USA: Fronius Primo 5.0-1 @ 240 VAC 240V</td><td></td></tr> <tr><td>Unit capacity</td><td>5 AC kW</td></tr> <tr><td>Input voltage</td><td>240 - 800 VDC DC V</td></tr> <tr><td>Quantity</td><td>1</td></tr> <tr><td>Total capacity</td><td>5 AC kW</td></tr> <tr><td>DC to AC Capacity Ratio</td><td>1.12</td></tr> <tr><td>AC losses (%)</td><td>1.0</td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left;">Array</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Strings</td><td>2</td></tr> <tr><td>Modules per string</td><td>11</td></tr> <tr><td>String voltage (DC V)</td><td>332.2</td></tr> <tr><td>Tilt (deg from horizontal)</td><td>20</td></tr> <tr><td>Azimuth (deg E of N)</td><td>0</td></tr> <tr><td>Tracking</td><td>fixed</td></tr> <tr><td>Backtracking</td><td>-</td></tr> <tr><td>Rotation limit (deg)</td><td>-</td></tr> <tr><td>Shading</td><td>yes</td></tr> <tr><td>Soiling</td><td>yes</td></tr> <tr><td>DC losses (%)</td><td>4.4</td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left;">Performance Adjustments</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Availability/Curtailment</td><td>none</td></tr> <tr><td>Degradation</td><td>0.5%/yr</td></tr> <tr><td>Hourly factors or custom</td><td>none</td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left;">Annual Results (in Year 1)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>GHI kW/m²/day</td><td>5.4</td></tr> <tr><td>POA kW/m²/day</td><td>2.0</td></tr> <tr><td>DC kWh from array</td><td>4,040</td></tr> <tr><td>Net to inverter</td><td>3,860 DC kWh</td></tr> <tr><td>Gross from inverter</td><td>3,560 AC kWh</td></tr> <tr><td>Net to grid</td><td>3,520 AC kWh</td></tr> <tr><td>Capacity factor</td><td>7.19</td></tr> <tr><td>Performance ratio</td><td>0.31</td></tr> </tbody> </table> | Modules | | Canadian Solar CS6P-255P | | Cell material | Multi-c-Si | Module area | 1.5 m ² | Module capacity | 254.6 DC Watts | Quantity | 22 | Total capacity | 5.6 DC kW | Total area | 34 m ² | Inverters | | Fronius USA: Fronius Primo 5.0-1 @ 240 VAC 240V | | Unit capacity | 5 AC kW | Input voltage | 240 - 800 VDC DC V | Quantity | 1 | Total capacity | 5 AC kW | DC to AC Capacity Ratio | 1.12 | AC losses (%) | 1.0 | Array | | Strings | 2 | Modules per string | 11 | String voltage (DC V) | 332.2 | Tilt (deg from horizontal) | 20 | Azimuth (deg E of N) | 0 | Tracking | fixed | Backtracking | - | Rotation limit (deg) | - | Shading | yes | Soiling | yes | DC losses (%) | 4.4 | Performance Adjustments | | Availability/Curtailment | none | Degradation | 0.5%/yr | Hourly factors or custom | none | Annual Results (in Year 1) | | GHI kW/m ² /day | 5.4 | POA kW/m ² /day | 2.0 | DC kWh from array | 4,040 | Net to inverter | 3,860 DC kWh | Gross from inverter | 3,560 AC kWh | Net to grid | 3,520 AC kWh | Capacity factor | 7.19 | Performance ratio | 0.31 | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left;">Project Costs</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Total installed cost</td><td>\$32,831</td></tr> <tr><td>Salvage value</td><td>\$0</td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left;">Analysis Parameters</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Project life</td><td>25 years</td></tr> <tr><td>Inflation rate</td><td>9.63%</td></tr> <tr><td>Real discount rate</td><td>8.4%</td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left;">Project Debt Parameters (Standard Loan)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Debt fraction</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Amount</td><td>\$0</td></tr> <tr><td>Term</td><td>25 years</td></tr> <tr><td>Rate</td><td>5%</td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left;">Tax and Insurance Rates (% of installed cost)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Federal income tax</td><td>0%/year</td></tr> <tr><td>State income tax</td><td>0%/year</td></tr> <tr><td>Sales tax</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Insurance</td><td>0%/year</td></tr> <tr><td>Property tax (% of assess. val.)</td><td>0%/year</td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left;">Incentives</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">None</td><td></td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left;">Electricity Demand and Rate Summary</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Annual peak demand</td><td>3.1 kW</td></tr> <tr><td>Annual total demand</td><td>10,309 kWh</td></tr> <tr><td>Arizona Public Service Co</td><td></td></tr> <tr><td>Fixed fee:</td><td>\$52/month</td></tr> <tr><td>Flat rate (buy = sell)</td><td>\$0.52/kWh</td></tr> <tr><td>Annual rate escalation:</td><td>2%/year</td></tr> <tr><td>Tiered rates with three or more rates</td><td></td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left;">Results</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Nominal LCOE</td><td>187.9 cents/kWh</td></tr> <tr><td>Net present value</td><td>-\$9,200</td></tr> <tr><td>Payback period</td><td>9.2 years</td></tr> </tbody> </table> | Project Costs | | Total installed cost | \$32,831 | Salvage value | \$0 | Analysis Parameters | | Project life | 25 years | Inflation rate | 9.63% | Real discount rate | 8.4% | Project Debt Parameters (Standard Loan) | | Debt fraction | 0% | Amount | \$0 | Term | 25 years | Rate | 5% | Tax and Insurance Rates (% of installed cost) | | Federal income tax | 0%/year | State income tax | 0%/year | Sales tax | 0% | Insurance | 0%/year | Property tax (% of assess. val.) | 0%/year | Incentives | | None | | Electricity Demand and Rate Summary | | Annual peak demand | 3.1 kW | Annual total demand | 10,309 kWh | Arizona Public Service Co | | Fixed fee: | \$52/month | Flat rate (buy = sell) | \$0.52/kWh | Annual rate escalation: | 2%/year | Tiered rates with three or more rates | | Results | | Nominal LCOE | 187.9 cents/kWh | Net present value | -\$9,200 | Payback period | 9.2 years |
| Modules | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Canadian Solar CS6P-255P | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cell material | Multi-c-Si | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Module area | 1.5 m ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Module capacity | 254.6 DC Watts | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Quantity | 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total capacity | 5.6 DC kW | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total area | 34 m ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inverters | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fronius USA: Fronius Primo 5.0-1 @ 240 VAC 240V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Unit capacity | 5 AC kW | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Input voltage | 240 - 800 VDC DC V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Quantity | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total capacity | 5 AC kW | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DC to AC Capacity Ratio | 1.12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AC losses (%) | 1.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Array | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Strings | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Modules per string | 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| String voltage (DC V) | 332.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tilt (deg from horizontal) | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Azimuth (deg E of N) | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tracking | fixed | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Backtracking | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rotation limit (deg) | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Shading | yes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Soiling | yes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DC losses (%) | 4.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Performance Adjustments | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Availability/Curtailment | none | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Degradation | 0.5%/yr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hourly factors or custom | none | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Annual Results (in Year 1) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GHI kW/m ² /day | 5.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| POA kW/m ² /day | 2.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DC kWh from array | 4,040 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Net to inverter | 3,860 DC kWh | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gross from inverter | 3,560 AC kWh | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Net to grid | 3,520 AC kWh | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Capacity factor | 7.19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Performance ratio | 0.31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Project Costs | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total installed cost | \$32,831 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Salvage value | \$0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Analysis Parameters | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Project life | 25 years | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inflation rate | 9.63% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Real discount rate | 8.4% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Project Debt Parameters (Standard Loan) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Debt fraction | 0% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Amount | \$0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Term | 25 years | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rate | 5% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tax and Insurance Rates (% of installed cost) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Federal income tax | 0%/year | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| State income tax | 0%/year | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sales tax | 0% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Insurance | 0%/year | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Property tax (% of assess. val.) | 0%/year | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Incentives | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| None | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Electricity Demand and Rate Summary | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Annual peak demand | 3.1 kW | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Annual total demand | 10,309 kWh | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Arizona Public Service Co | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fixed fee: | \$52/month | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Flat rate (buy = sell) | \$0.52/kWh | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Annual rate escalation: | 2%/year | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tiered rates with three or more rates | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Results | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nominal LCOE | 187.9 cents/kWh | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Net present value | -\$9,200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Payback period | 9.2 years | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

System Advisor Model Report, Page 2

Photovoltaic System 5.60 kW Nameplate Brasilia_(Civ/Mil), BRA
 Residential \$5.86/W Installed Cost -15.87 N, -47.93 E GMT -3



No Net Metering Credits

Monthly Electricity Purchases and Savings (Year 1 \$)

| Month | Without System | With System | Savings |
|--------|----------------|-------------|---------|
| Jan | 661 | 409 | 251 |
| Feb | 665 | 465 | 199 |
| Mar | 639 | 412 | 226 |
| Apr | 556 | 384 | 172 |
| May | 644 | 493 | 151 |
| Jun | 518 | 394 | 124 |
| Jul | 497 | 362 | 134 |
| Aug | 623 | 469 | 154 |
| Sep | 567 | 378 | 188 |
| Oct | 612 | 364 | 248 |
| Nov | 591 | 351 | 239 |
| Dec | 690 | 437 | 252 |
| Annual | 7,266 | 4,923 | 2,343 |

NPV Approximation using Annuities

| Annuities, Capital Recovery Factor (CRF) = 0.1909 | | |
|---|----------|------------------|
| Investment | \$-6,200 | Sum: |
| Expenses | \$0 | \$-6,200 |
| Savings | \$0 | NPV = Sum / CRF: |
| Energy value | \$0 | \$-32,000 |

Investment = Installed Cost - Debt Principal - IBI - CBI
 Expenses = Operating Costs + Debt Payments
 Savings = Tax Deductions + PBI
 Energy value = Tax Adjusted Net Savings
 Nominal discount rate = 1,883.892%

Payback Cash Flow (Payback Period = 9.2 years)

