

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC

CENTRO DE JOINVILLE

MARIANE HARTMANN CRESPI

**ANÁLISE ENERGÉTICA E DE CUSTO DO POTENCIAL FOTOVOLTAICO
CONECTADO À REDE DE ENERGIA ELÉTRICA DO COMPLEXO
AEROPORTUÁRIO DE JOINVILLE**

Joinville

2015

MARIANE HARTMANN CRESPI

**ANÁLISE ENERGÉTICA E DE CUSTO DO POTENCIAL FOTOVOLTAICO
CONECTADO À REDE DE ENERGIA ELÉTRICA DO COMPLEXO
AEROPORTUÁRIO DE JOINVILLE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Joinville da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Campus de Joinville, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Engenheiro de Infraestrutura.

Orientadora Prof.^a Dr.^a Carolina Brandão Pereira de Souza

Joinville

2015

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Carolina Brandão Pereira de Souza, que me apresentou e me guiou pelo mundo da energia fotovoltaica, e foi incansável em sua função, não medindo esforços para alcançar o objetivo desse trabalho.

Ao engenheiro Angelo Fillipi de Paiva, por ter me ensinado muito sobre energia fotovoltaica, teórica e prática, com muita paciência e sabedoria. Um exemplo de engenheiro, que eu levarei para a minha vida profissional.

À empresa Ecoa Energias Renováveis, que me deu todo o suporte para executar esse trabalho e além disso, me deu a oportunidade de realizar um sonho que é trabalhar no que se ama. Obrigada Angelo, André, Eduardo, Fábio e Rodrigo.

À INFRAERO e, em especial, aos funcionários do Aeroporto Lauro Carneiro de Loyola, Paulo Vinicius Davanco e Andre Hollerveger, sem a colaboração de vocês esse trabalho não seria possível.

À concessionária CELESC que disponibilizou os dados para a análise mais aprofundada do impacto do projeto.

Às minhas amigas de Passo Fundo, que mesmo longe, sempre se fizeram presentes, me apoiando e incentivando. Obrigada Fabi, Gabi, Laura B e Laura M.

Aos amigos que fiz na UFSC, que fizeram a graduação mais leve e feliz. E principalmente à Helena, Kallianne, Nathália, Thamires e Alice, que me ajudaram sempre e compartilharam os melhores e mais difíceis passos dessa caminhada.

Aos meus amigos da UDESC, principalmente a Karina, que sempre se fez presente e é uma grande amiga.

À minha Vó Adelaide que sempre me apoiou, e foi uma companhia alegre e inspiradora.

À minha mãe Ruth, que sempre acreditou e me incentivou, em todos os momentos, sempre me apoiando e contribuindo para a realização desse trabalho.

À toda a minha família que mesmo longe, alguns em outros continentes, sempre me apoiaram e me ajudaram com suas palavras de carinho.

Ao professor Everaldo Radlinski, que mais uma vez me ajudou a alcançar meus objetivos, e sempre foi um grande amigo acima de tudo.

*"Si nada nos salva de la muerte,
al menos que el amor nos salve de la vida".*

Pablo Neruda

RESUMO

A matriz energética mundial passa por transformações e, gradativamente com a crescente busca de alternativas às fontes não-renováveis de energia, incentivos governamentais e evolução tecnológica a energia elétrica produzida através de painéis fotovoltaicos ganha mais espaço e popularidade. Essa energia renovável, que usa a radiação do sol como fonte energética, encontra um ambiente muito atrativo no Brasil, não só pelas condições climáticas, mas também pelo alto custo da energia elétrica. Os espaços públicos também devem se adaptar à essa nova realidade, e os aeroportos são lugares ideais para a instalação de painéis fotovoltaicos, pois, por serem frequentemente localizados em áreas não sombreadas, possuem grandes coberturas capazes de suportar um alto número de painéis. Devido ao potencial de instalação avaliado, o aeroporto da cidade de Joinville foi escolhido para ser objeto deste trabalho. A proposta de um sistema de geração de energia fotovoltaica conectado à rede de distribuição, mediante avaliação dos requisitos legais, técnicos e econômicos de projeto e o impacto do excedente de geração para a concessionária de energia, é apresentada e discutida. O projeto contemplou equipamentos disponíveis no mercado brasileiro e regularizados e teve como limitante de potência de instalação a atual legislação vigente. O projeto proposto tem uma potência instalada de 327 kWp, suprimindo 36% do consumo do aeroporto. O projeto tem um custo total estimado em R\$ 2,4 milhões e um tempo de retorno de investimento de 12,5 anos. A vida útil do sistema é de 25 anos.

Palavras-chaves: Energia Fotovoltaica. Aeroportos. Painéis Fotovoltaicos. Análise Energética.

ABSTRACT

The world's energy sources are going through constant transformation and, gradually with the growing research of alternatives for non-renewable energy sources, governmental programs and technological evolution, the photovoltaic energy production becomes more important and popular. This energy source, which harvests electrical energy directly from the sun, is suitable for Brazilian environment, not only for the climatic conditions of the country, but also for its high energy costs. Public spaces will also have to adapt to this new reality, and airports are great places for photovoltaic systems, not only because they are usually located in non-shaded areas, but also because they have enough space for the installation of big photovoltaic arrays. Due to its great generation potential, the airport of the city of Joinville is chosen as the object of study of this work. The project included equipment available in the Brazilian market and regulated and limiting the installation power current current legislation. The proposed project has an installed power of 327 kWp, supplying 36% of consumption. The project has a total cost estimated at R\$ 2.4 million and a return on investment of 12.5 years. The life of the system is 25 years.

Keywords: photovoltaic energy, airports, photovoltaic modules, energetic analysis.

SUMÁRIO

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.1 | Objetivo | 13 |
| 1.2 | Objetivos Específicos | 13 |
| 1.3 | Justificativa | 13 |
| 2. | ENERGIA FOTOVOLTAICA | 14 |
| 2.1 | Evolução | 14 |
| 2.2 | Funcionamento | 15 |
| 2.3 | Tecnologias Existentes | 16 |
| 2.3.1 | Silício Monocristalino (m-Si) | 16 |
| 2.3.2 | Silício Policristalino (p-Si) | 16 |
| 2.3.3 | Filmes Finos | 17 |
| 2.3.4 | Concentrador fotovoltaico | 18 |
| 2.3.5. | Comparação entre tecnologias | 20 |
| 2.3.6. | Tipo de Sistemas Fotovoltaicos | 20 |
| 2.4 | Cenário Mundial Do Uso De Sistemas Fotovoltaicos | 20 |
| 2.5 | Cenário Nacional Do Uso De Sistemas Fotovoltaicos | 23 |
| 3 | METODOLOGIA | 26 |
| 4 | ESTUDO DE CASO DO AEROPORTO LAURO CARNEIRO DE LOYOLA | 30 |
| 4.1 | Dados De Consumo Energético | 31 |
| 4.2 | Incidência Solar Em Joinville | 32 |
| 4.3 | Projeto Fotovoltaico | 34 |
| 4.3.1 | Geração do sistema fotovoltaico instalado | 43 |
| 4.4 | Influência Do Sistema Fotovoltaico Pico De Consumo | 45 |
| 4.5 | Análise De Custo e De Tempo De Retorno Do Investimento | 46 |
| 5 | CONCLUSÕES | 54 |
| | REFERENCIAS | 56 |
| | APÊNDICE A – Lista de materiais | 58 |
| | APÊNDICE B – Tabela de tempo de retorno do investimento | 59 |

| | |
|---|-----------|
| Apêndice C – Memorial de Cálculo | 60 |
| ANEXO A – Relatório de Configuração dos Inversores | 58 |
| ANEXO B – Folha de dados dos módulos Fotovoltaicos | 61 |
| ANEXO C – Resolução Normativa N° 482 | 64 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Funcionamento da célula fotovoltaica | 16 |
| Figura 2 - Célula Fotovoltaica de Silício Monocristalino | 17 |
| Figura 3 - Célula Fotovoltaica de Silício Policristalino. | 18 |
| Figura 4 - Célula Fotovoltaica de Filmes Finos | 19 |
| Figura 5 –Concentradores Fotovoltaicos | 19 |
| Figura 6 - Evolução da Capacidade Global fotovoltaica acumulada2000-2013 | 21 |
| Figura 7 - Evolução das Instalações de Painéis fotovoltaicos no mundo de 2000 a 2013 | 22 |
| Figura 8 - Irradiação Horizontal Global Anual | 23 |
| Figura 9 – Custo da Energia Elétrica para a indústria no Brasil e no mundo: Distribuidoras e Países Selecionados | 24 |
| Figura 10 – Matriz Energética Brasileira em novembro de 2015. | 25 |
| Figura 11 – Aeroporto de Joinville | 30 |
| Figura 12 – Evolução do Consumo do Aeroporto de Joinville | 31 |
| Figura 13 – Mapa da Radiação Solar Global Horizontal | 32 |
| Figura 14 – Irradiação Média no Aeroporto de Joinville gerada pelo programa Radiasol 2 | 33 |
| Figura 15 – Simulação do sombreamento do Aeroporto no Programa Revit | 34 |
| Figura 16 –Lateral do Terminal de Passageiros do Aeroporto | 35 |
| Figura 17 – Parte da Tabela De Eficiência Energética De Módulos Fotovoltaicos - Edição 06/2015 | 36 |
| Figura 18- Disposição dos Módulos Fotovoltaicos no Projeto | 41 |
| Figura 19 – Aeroporto de Joinville | 43 |
| Figura 20 – Simulação de Arranjo fotovoltaico | 44 |
| Figura 21 – Diagrama Unifilar | 42 |
| Figura 22 – Consumo de Energia e Geração de Energia no Aeroporto | 44 |
| Figura 23 – Consumo do Alimentador que abastece o Aeroporto | 46 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Comparação de eficiência entre diferentes tipos de painéis | 20 |
| Tabela 2 – Usinas com capacidade superior a 1MW | 25 |
| Tabela 3– Arranjos fotovoltaicos do sistema de geração fotovoltaica | 42 |
| Tabela 4 – Consumo em kWh do Aeroporto no ano 2014 | 42 |
| Tabela 5 – Estimativa da geração de energia comparando com o consumo mensal dos últimos 7 anos. | 44 |
| Tabela 6 – Previsão de custos do Projeto | 48 |
| Tabela 7 – Reajustes na tarifa de energia da concessionária CELESC | 49 |
| Tabela 8 – Analise do Investimento | 49 |
| Tabela 9 – Novo previsão de custo do projeto | 50 |
| Tabela 10 – Analise do Investimento | 51 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

a-Si - Silício amorfo hidrogenado

BIG - Banco de Informações de Geração

BIPV - Energia solar fotovoltaica integrada à edificação

CELESC - Centrais Elétricas de Santa Catarina

CPV – Concentrated Photovoltaics

CdTe - Telureto de cádmio

EFF - Eficiência da Célula Fotovoltaica

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

EPIA - Associação Europeia das Indústrias Fotovoltaicas

FV – Fotovoltaico

FIESC - Federação das indústrias de Santa Catarina

GPOA – Irradiação no plano do painel

GW - Gigawatt

HP - Horário de ponta

IEA - Agência Internacional de Energia

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

INFRAERO- Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária

kV – Quilovolt

kWh - Quilowatt-hora

kWp – Quilowatt pico

LABSOL - Laboratório De Energia Solar

MME - Ministério de Minas e Energia

m-Si - Silício monocristalino

MWp – Megawatt pico

NASA - National Aeronautics and Space Administration

p-Si - Silício poli-cristalino

SWERA - Solar and Wind Energy Resources Assessment

TIR – Taxa interna de Retorno

TWh – Terawatt-hora

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

VPL – Valor Presente Líquido

1. INTRODUÇÃO

A história da energia fotovoltaica começou no século dezenove com a descoberta do efeito voltaico pelo físico Edmond Becquerel. No início do século vinte, Albert Einstein explicou o efeito fotoelétrico e, com isso, recebeu o prêmio Nobel de física anos mais tarde. Já a primeira aplicação de uma célula fotovoltaica, que obteve grande destaque foi em 1958 no satélite da National Aeronautics and Space Administration (NASA) Vanguard I (VALLÊRA e BRITO, 2006).

No cenário energético contemporâneo, existe uma crescente preocupação com a preservação do meio ambiente que impulsiona a comunidade científica a pesquisar e desenvolver fontes alternativas de energia renováveis que sejam menos poluentes e que produzam pouco impacto ambiental. Isso se deve ao aumento da demanda energética e à possibilidade de redução da oferta de combustíveis convencionais (PEREIRA et al., 2006).

Nesse contexto, a energia fotovoltaica ganha espaço, conforme dados da Associação Europeia das Indústrias Fotovoltaicas (EPIA), as quais mostram que a potência mundial fotovoltaica instalada era de 1.288 MW em 2000, passou para 40.333 MW em 2010 e saltou para 138, 83 MW em 2013 (EPIA, 2014).

Aeroportos em geral possuem um grande potencial para a instalação desse tipo de energia, pois são, na maioria das vezes, lugares providos de grandes edificações, ensolarados e livres de sombreamento (Braun et al., 2007). E como toda a edificação voltada a receber o público, os aeroportos devem oferecer conforto térmico para seus usuários. Para isso, faz-se uso de sistemas de ar condicionado. “Edifícios aeroportuários são exemplos de aplicação ideal de sistemas fotovoltaicos, onde picos de geração solar e consumo são muitas vezes coincidentes com a utilização de sistemas de ar refrigerado.” (BRAUN et. al., 2007, p. 161).

O Aeroporto da cidade de Joinville, Lauro Carneiro de Loyola, tem uma capacidade anual de 800 mil passageiros, um terminal de passageiros com 4.000 m² (INFRAERO, 2015). Neste trabalho, será proposto um projeto de geração fotovoltaica conectada à rede de energia elétrica para o referido aeroporto. O

trabalho conta com um embasamento teórico, uma contextualização da situação energética atual e com o projeto fotovoltaico. Para a elaboração do projeto foram primeiramente analisados os dados de demanda de consumo histórico de energia elétrica, o projeto arquitetônico para a análise do sombreamento e a legislação vigente. O projeto contempla materiais homologados pelo INMETRO e disponíveis no mercado nacional. Foram analisados também os custos do projeto e o tempo de retorno do investimento.

1.1. OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho consiste em projetar um sistema de geração fotovoltaica interligado à rede de distribuição de energia elétrica para o aeroporto de Joinville e avaliar sua viabilidade técnico-econômica.

1.2. Objetivos Específicos

Os seguintes objetivos específicos deverão ser contemplados:

- Dimensionar o sistema de acordo com a legislação vigente da ANEEL;
- Verificar a viabilidade técnica selecionando materiais disponíveis no mercado nacional e certificados pelo INMETRO;
- Quantificar a energia mensal produzida pelo sistema projetado;
- Calcular o retorno financeiro do investimento.

1.3. Justificativa

O grande potencial para instalação de sistemas fotovoltaicos em aeroportos é a principal justificativa do trabalho. Suas grandes áreas de cobertura e seu perfil de consumo, se adequam muito a esse tipo de geração de energia. Outra justificativa do trabalho é o fato do complexo aeroportuário de Joinville localizar-se na ponta do seu alimentador, a geração fotovoltaica viria melhorar a qualidade da energia que é consumida no aeroporto e também beneficiaria a concessionária, postergando investimentos em distribuição de energia.

2. ENERGIA FOTOVOLTAICA

A energia fotovoltaica é obtida pela conversão direta da luz em eletricidade. Esse fenômeno é chamado de efeito fotovoltaico. A célula fotovoltaica é um dispositivo fabricado com material semicondutor: unidade fundamental desse processo (PINHO E GALDINO, 2014).

2.1 EVOLUÇÃO

Desde a primeira observação do efeito fotovoltaico, em 1839, por Edmond Becquerel, até a construção da primeira placa fotovoltaica, passou-se mais de um século. Em 1954, Calvin Fuller um químico que trabalhava no laboratório Bell, (Bell Labs), nos Estados Unidos, junto com seus colegas Gerald Pearson (físico) e Daryl Chapin (engenheiro), apresentou a primeira célula solar em uma reunião da National Academy of Sciences, em Washington (VALLÊRA e BRITO, 2006).

A primeira aplicação dessa célula foi no estado da Geórgia, nos Estados Unidos da América, em outubro de 1955. O painel que continha nove células, foi utilizado para alimentar uma rede telefônica local na cidade de Americus. No ano seguinte, o painel foi removido, porém os resultados foram promissores e concluiu-se na época que os custos associados à geração fotovoltaica eram demasiadamente elevados, de forma que sua aplicação seria viável apenas em projetos especiais e de grande vulto, como a produção de eletricidade no espaço (SIEMER, 2004).

No começo, os satélites usavam pilhas como fonte de energia. As células fotovoltaicas eram consideradas uma curiosidade e, por isso, a NASA teve grande relutância ao aceitar incorporá-las a seus projetos. O Vanguard I, lançado em março de 1958, foi o primeiro satélite a usá-las. O painel fotovoltaico do Vanguard I tinha como função servir de reserva para caso a pilha química falhasse, e a pilha química acabou falhando. Com a falha da pilha, o painel entrou em funcionamento e operou por 8 anos, surpreendendo a todos. Depois desta experiência satisfatória com o Vanguard I, a NASA adotou as células fotovoltaicas como fonte de energia de seus satélites, fazendo com que a

pesquisa científica, sobre esse tipo de energia, fosse ampliada (PERLIN et. al., 2004).

Já na década de 1970, a crise do petróleo eclodiu, de modo que houve um grande investimento em programas voltados à redução do custo de produção de células fotovoltaicas. Células de silício policristalino, que são muito populares atualmente, surgiram nesse período (GREEN, 2005).

Durante boa parte da década de 1990, os Estados Unidos lideraram a produção mundial dessa tecnologia. Porém, no final dessa década, os governos da Alemanha e do Japão criaram políticas que resultaram em um grande aumento no desenvolvido desse mercado (PINHO E GALDINO, 2014).

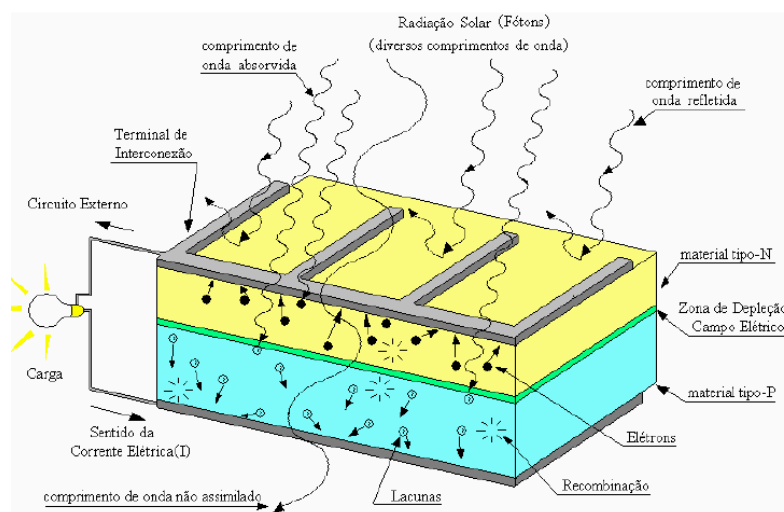
No ano de 2003, nenhuma das dez maiores empresas de painéis fotovoltaicos eram asiáticas; contudo, nos anos seguintes, a China e outros países da Ásia começaram a aumentar suas produções desse tipo de tecnologia e, em 2008, três das dez maiores empresas eram chinesas e uma era taiwanesa (PINHO E GALDINO 2014). Assim, como em outros ramos tecnológicos, a China é a atual líder em fabricação de painéis fotovoltaicos (EPIA, 2014).

2.2 FUNCIONAMENTO

A Célula Fotovoltaica consiste em um dispositivo que tem por função transformar a radiação eletromagnética emitida pelo Sol em energia elétrica por meio do efeito fotoelétrico.

O efeito fotoelétrico é o fenômeno físico que permite a conversão da luz em eletricidade. Esse fenômeno ocorre quando a luz, ou radiação eletromagnética do Sol, incide sobre uma célula composta por materiais semicondutores com propriedades específicas (VILLALVA E GAZOLI, 2012).

Figura 1 – Funcionamento da célula fotovoltaica



Fonte: GHENSEV, 2006

Dentro da célula fotovoltaica, a energia da luz, absorvida pela célula, é transferida a seus átomos e elétrons. A partir dessa energia adquirida, os elétrons desprendem-se dos átomos do material semiconductor, gerando, assim, um fluxo elétrico ordenado, ou seja, uma corrente elétrica (GHENSEV, 2006).

2.3 TECNOLOGIAS DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

O primeiro material, comercialmente usado em células fotovoltaicas, foi o silício e, até hoje, ele é mais usado na fabricação de células (Villalva e Gazoli 2012). As placas fotovoltaicas podem ser classificadas em três gerações: primeira geração (silício mono e policristalino), segunda geração (silício amorfo e filme fino), ou terceira geração (concentrador fotovoltaico) (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2012).

2.3.1 Silício Monocristalino (m-Si)

As placas de silício monocristalino são chamadas assim por possuírem uma estrutura homogênea ao longo de sua extensão. Para a fabricação de uma placa fotovoltaica deste tipo, é necessário que o silício tenha uma pureza com grau de 99,9999%. Devido a este alto grau de pureza, o seu custo de fabricação se torna bastante elevado; no entanto, possuem sua eficiência também elevada,

girando em torno de 15 a 18%. A Figura 2 mostra uma célula de silício monocristalino (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2012).

Figura 2- Célula Fotovoltaica de Silício Monocristalino.



Fonte: Ministério de Minas e Energia, 2012

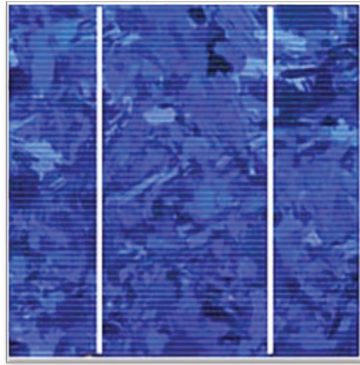
2.3.2 Silício Policristalino (p-Si)

As placas monocristalinas e policristalinas de silício possuem muitas semelhanças.

O silício policristalino (p-Si) apresenta menor eficiência de conversão, com a vantagem de um mais baixo custo de produção, já que a perfeição cristalina é menor que no caso do m-Si e o processamento mais simples. O material de partida é o mesmo que para o m-Si, que é fundido e, posteriormente, solidificado direcionalmente, o que resulta em um bloco com grande quantidade de grãos ou cristais, no contorno dos quais se concentram os defeitos que tornam este material menos eficiente do que o m-Si em termos de conversão fotovoltaica. Os processamentos posteriores até se obter um módulo fotovoltaico são semelhantes aos utilizados no caso do m-Si (RÜTHER,2004).

A Figura 3 mostra uma célula fotovoltaica de silício policristalino.

Figura 3 - Célula Fotovoltaica de Silício Policristalino.



Fonte: Ministério de Minas e Energia, 2012

2.3.3 Filmes Finos

As células constituídas por filmes finos (figura 4) são fabricadas por meio de um processo de depósito de camadas extremamente finas de material semiconductor. Elas são revestidas por uma proteção mecânica composta por vidro ou plástico.

Os materiais semicondutores, comercialmente utilizados neste tipo de placas, são silício amorfo (a-Si), telureto de cádmio (CdTe) ou disseleneto de cobre índio gálio (CIGS) (Ministério de Minas e Energia, 2012).

Por serem depositados sobre diversos tipos de substratos de baixo custo (plásticos, vidros e metais), os filmes finos constituem tecnologia de baixo custo. Quando comparado com as formas cristalinas do silício, o gasto de energia na fabricação de células de filme fino é menor, mas a eficiência na conversão da energia também é menor. Além disso, a eficiência da conversão nessa tecnologia diminui mais acentuadamente logo nos primeiros meses após a instalação, embora seja menos afetada por temperaturas mais elevadas (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2012).

Figura 4 - Célula Fotovoltaica de Filmes Finos



Fonte: Ministério de Minas e Energia, 2012

2.3.4. Concentrador fotovoltaico

A tecnologia dos concentradores fotovoltaicos consiste em usar espelhos parabólicos para concentrar os raios solares em uma área menor, de forma que aumentam a eficiência da absorção de irradiação fazendo com que seja utilizada uma menor quantidade de células fotovoltaicas, como apresentado na Figura 5. (Ministério de Minas e Energia, 2012).

Com o aumento da irradiância solar incidente na célula, é possível obter elevadas correntes elétricas com células de pequena área. Deste modo, células pequenas, de alta eficiência e elevado custo de produção podem ser utilizadas, se os sistemas ópticos e de seguimento (rastreamento) do movimento aparente do Sol forem de baixo custo relativo. Esta tecnologia é denominada muitas vezes de CPV – concentrated photovoltaics (PINHO E GALDINO,2014).

Figura 5 –Concentradores Fotovoltaicos



Fonte: Ministério de Minas e Energia, 2012

2.3.5. Comparação entre tecnologias

As diferentes tecnologias de painéis disponíveis no mercado, possuem custos e eficiências diferentes. No mercado brasileiro está apenas homologado pelo INMETRO três tipos de tecnologia: silício monocristalino, silício policristalino e filmes finos. Os custos desses painéis se diferem, para os painéis homologados, os mais caros são os de filme fino, seguidos dos painéis de silício monocristalino, já os painéis de silício policristalino possuem o menor custo. Os concentradores fotovoltaicos possuem um custo muito elevado, superior aos demais listados na Tabela 1, devido a sua alta eficiência. Esse custo faz com seu uso fique bastante restrito a usinas fotovoltaicas (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2012).

A Tabela 1 traz uma listagem das tecnologias citadas neste trabalho e suas eficiências. Os custos e eficiências são fatores bastantes relevantes na escolha do tipo de painel para um projeto, mas outros aspectos como o tipo de estrutura necessário para fixação do painel também são importantes. Painéis de filme finos não necessitam estruturas metálicas, pois já possuem baixo peso, esse tipo de painel é colado.

Tabela 1 – Comparação de eficiência entre diferentes tipos de painéis

| Tecnologia | Eficiência |
|--|-------------------|
| Silício Monocristalino | 13 a 19% |
| Silício Policristalino | 11 a 16% |
| Filmes finos - Silício amorfo (a-Si) | 4 a 8% |
| Filmes finos - Telureto de Cadmio (Cd-Te) | 10 a 11% |
| Filmes finos - Disseleneto de cobre-índio-gálio (CIGS) | 7 a 12% |
| Concentrador fotovoltaico | ~25% |

Fonte: Ministério de Minas e Energia, 2012

2.2.6. Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

Os sistemas de geração fotovoltaica podem ser divididos em dois tipos: sistemas conectados a rede de energia elétrica e sistemas isolados da rede de energia elétrica.

Os sistemas isolados da rede de energia elétrica são sistemas que necessitam de acumuladores de energia (baterias) para o seu funcionamento, devido ao fato que na ausência do sol o sistema não gerar energia. Sistemas isolados são indicados para casos onde a rede de energia elétrica não está disponível, pois esses sistemas possuem um maior custo e exigem uma manutenção e troca de equipamentos mais frequente, devido ao sistema possuir baterias (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2012).

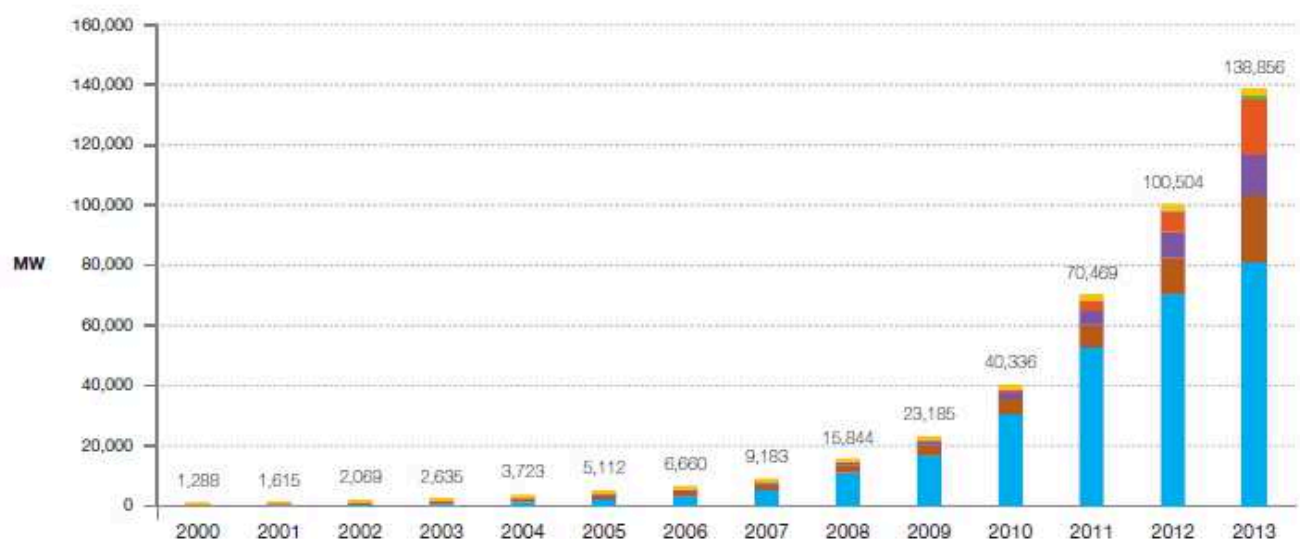
Os sistemas de geração conectados à rede de energia elétrica são sistemas que não possuem baterias, durante os momentos onde não existe geração de energia elétrica vinda dos painéis o sistema utiliza a rede da concessionária como fonte de energia. No caso a rede de energia elétrica tem a função de uma bateria, durante o dia o sistema fornece energia para rede e durante a noite a unidade consumidora consome energia da rede de energia pública (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2012).

2.4. CENÁRIO MUNDIAL DO USO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Mesmo sendo um recurso abundante na Terra, a energia solar para a produção de energia elétrica ainda é subutilizada, mas já há mudança nesse cenário. A Figura 6 apresenta a evolução da capacidade instalada, mundialmente, de energia fotovoltaica. Em dez anos, de 2003 a 2013, nota-se que a capacidade saltou de 2.635 MW para 138.856 MW, um aumento de 5.269,7%.

Pode-se igualmente observar na Figura 5, que a Europa continua com a maior capacidade instalada; entretanto, a China aumenta a cada ano sua capacidade.

Figura 6 - Evolução da Capacidade Global fotovoltaica acumulada 2000-2013



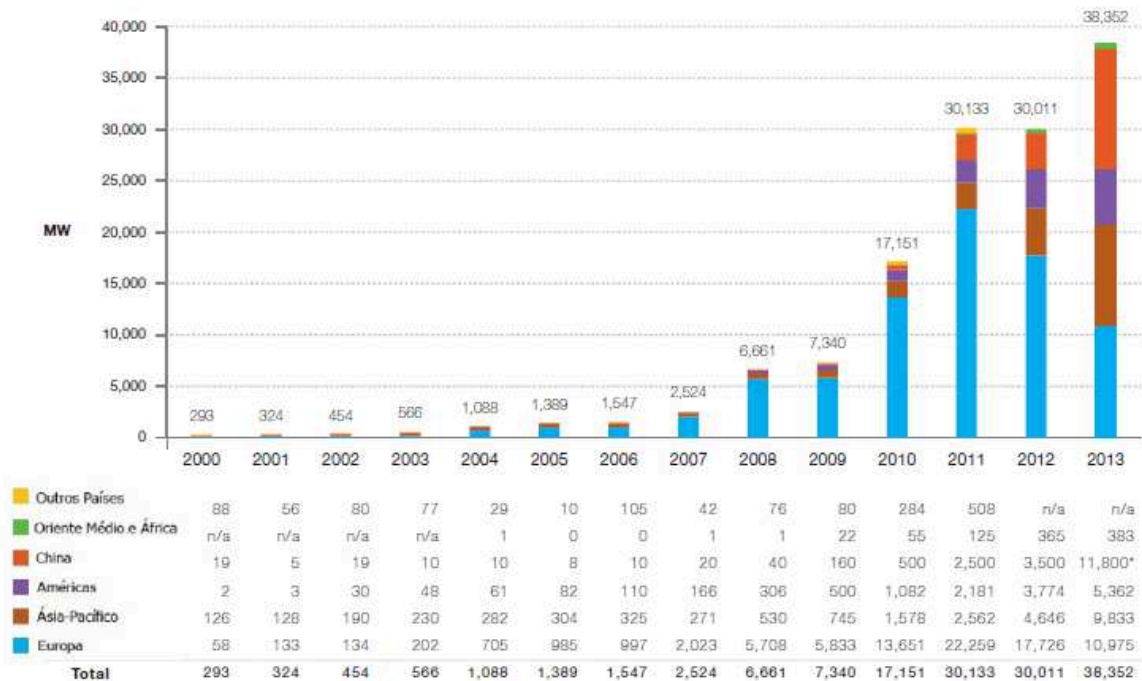
| | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| Outros Países | 751 | 807 | 887 | 964 | 993 | 1.003 | 1.108 | 1.150 | 1.226 | 1.306 | 1.590 | 2.088 | 2.098 | 2.098 |
| Oriente Médio e África | n/a | n/a | n/a | n/a | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 25 | 80 | 205 | 570 | 953 |
| China | 19 | 24 | 42 | 52 | 62 | 70 | 80 | 100 | 140 | 300 | 800 | 3.300 | 6.800 | 18.600 |
| Américas | 21 | 24 | 54 | 102 | 163 | 246 | 355 | 522 | 828 | 1.328 | 2.410 | 4.590 | 8.365 | 13.727 |
| Ásia-Pacífico | 368 | 496 | 686 | 916 | 1.198 | 1.502 | 1.827 | 2.098 | 2.628 | 3.373 | 4.951 | 7.513 | 12.159 | 21.992 |
| Europa | 129 | 265 | 399 | 601 | 1.306 | 2.291 | 3.289 | 5.312 | 11.020 | 16.854 | 30.505 | 52.764 | 70.513 | 81.488 |
| Total | 1.288 | 1.615 | 2.069 | 2.635 | 3.723 | 5.112 | 6.660 | 9.183 | 15.844 | 23.185 | 40.336 | 70.469 | 100.504 | 138.856 |

Fonte: EPIA, 2014

Se forem consideradas apenas as novas instalações de energia fotovoltaica (Figura 7), vê-se que, no ano de 2013, foram instalados mais painéis fotovoltaicos na China do que no Continente Europeu.

O gráfico também mostra a evolução deste tipo de energia nas Américas, que de 2011 para 2013 mais que dobrou o número de instalações (de 2.181 MW para 5.362 MW).

Figura 7 - Evolução das Instalações de Painéis fotovoltaicos no mundo de 2000 a 2013



Fonte: EPIA, 2014

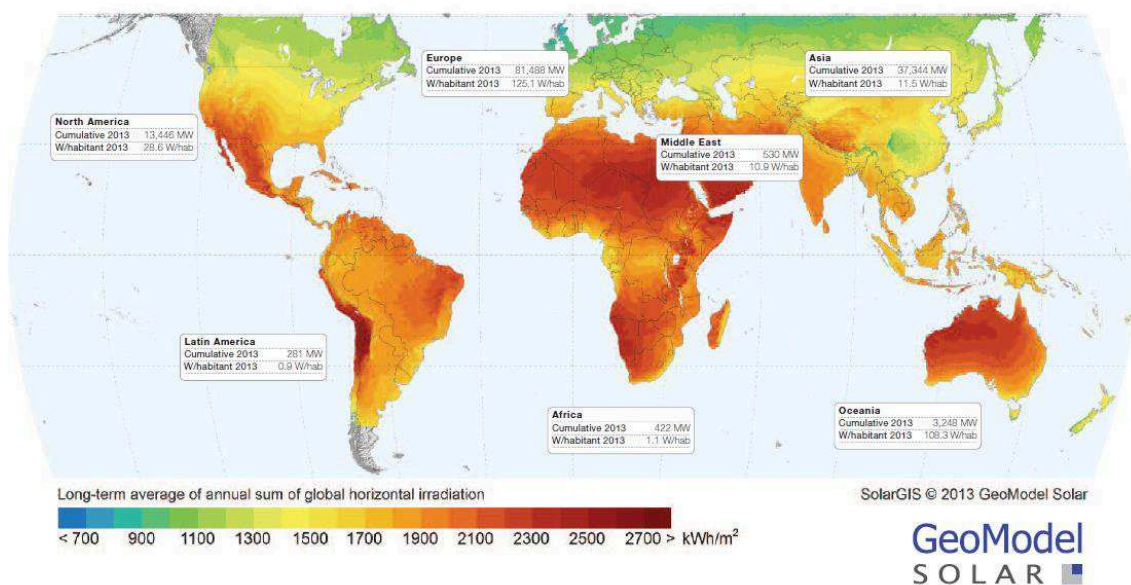
Uma questão que deve ser levada em consideração é que o mercado fotovoltaico depende muito da vontade política de cada país. As decisões políticas afetam diretamente o desenvolvimento e crescimento do segmento fotovoltaico. Em alguns países como Alemanha, Itália, Bélgica, França e Espanha, políticas de incentivos a geração fotovoltaica foram retiradas fazendo com que o mercado fotovoltaico desaquecer nos últimos anos. Já em países como China e Japão, a implementação de novas políticas tarifárias para sistemas fotovoltaicos acabou por resultar em aumento significativo desse segmento (EPIA, 2014).

2.5 CENÁRIO NACIONAL DO USO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Em se tratando de Brasil e da radiação solar incidente, nota-se que o país possui um grande potencial fotovoltaico (Figura 7). É possível concluir a partir dos dados apresentados na Figura 7, que mesmo o pior lugar do Brasil em irradiação é melhor que o melhor lugar da Alemanha.

Segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica de 2015, o Brasil possui 0,126 W por habitante de capacidade instalada de geração fotovoltaica, enquanto a Alemanha possui uma média de 436 W por habitante de capacidade instalada de geração fotovoltaica (EPIA, 2014). Isso evidencia ainda mais o grande potencial do Brasil para produzir eletricidade pela transformação da energia do Sol.

Figura 8 - Irradiação Horizontal Global Anual



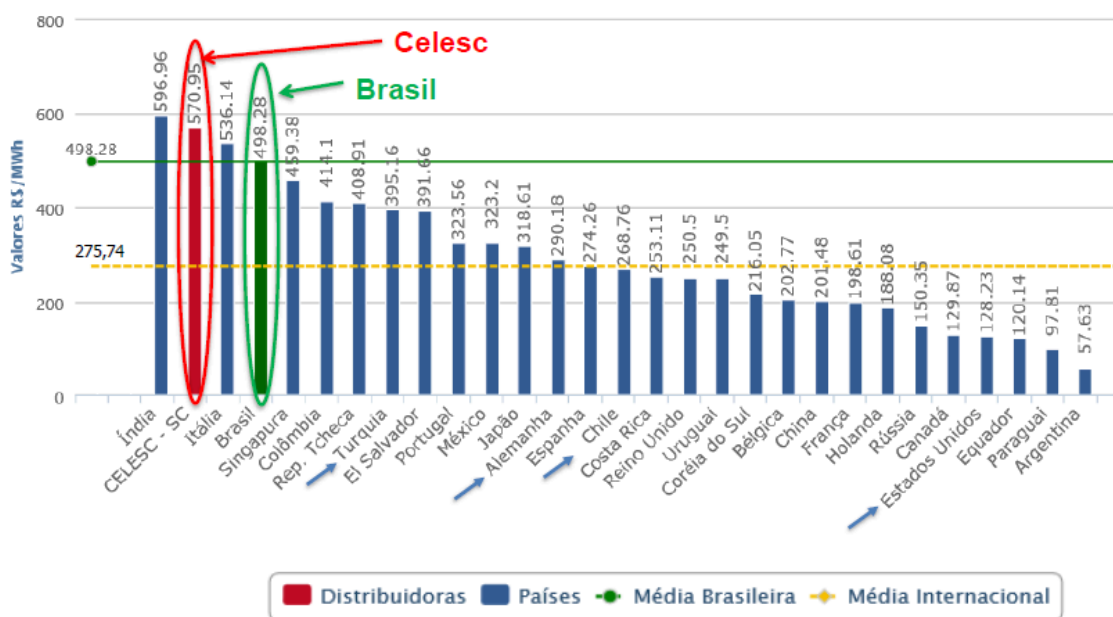
Fonte: EPIA 2014

Outro fator relevante, no cenário nacional, é a atual crise energética, que produz aumentos frequentes no custo da energia elétrica. Um dos fatores que deflagrou essa crise foi a temporada de seca na região sudeste do Brasil, nos anos de 2014 e 2015. Essa seca fez com que a capacidade de geração das usinas hidroelétricas fosse reduzida, aumentando a geração das termoeletricas para suprir a demanda no período e, como consequência do alto custo das usinas termoeletricas e de mudanças na política tarifária do governo federal, acarretando em aumentos significativos nas faturas de energia elétrica do consumidor final.

A energia elétrica no Brasil é uma das mais caras do mundo, apesar de possuir uma matriz energética composta predominantemente por usinas hidroelétricas, consideradas relativamente fontes de baixo custo. Em comparação com as principais economias do mundo, Figura 9, o Brasil está

posicionado atrás apenas da Índia e Itália, se considerarmos um valor médio do custo da energia. Adicionalmente, a energia em Santa Catarina tem valores superiores à média nacional, enquanto o Brasil tem um custo médio por MWh para a indústria de R\$ 498,28, em Santa Catarina esse custo sobe para R\$ 570,95 (FIESC, 2015).

Figura 9 – Custo da Energia Elétrica para a indústria no Brasil e no mundo: Distribuidoras e países selecionados



Fonte: FIESC, 2015

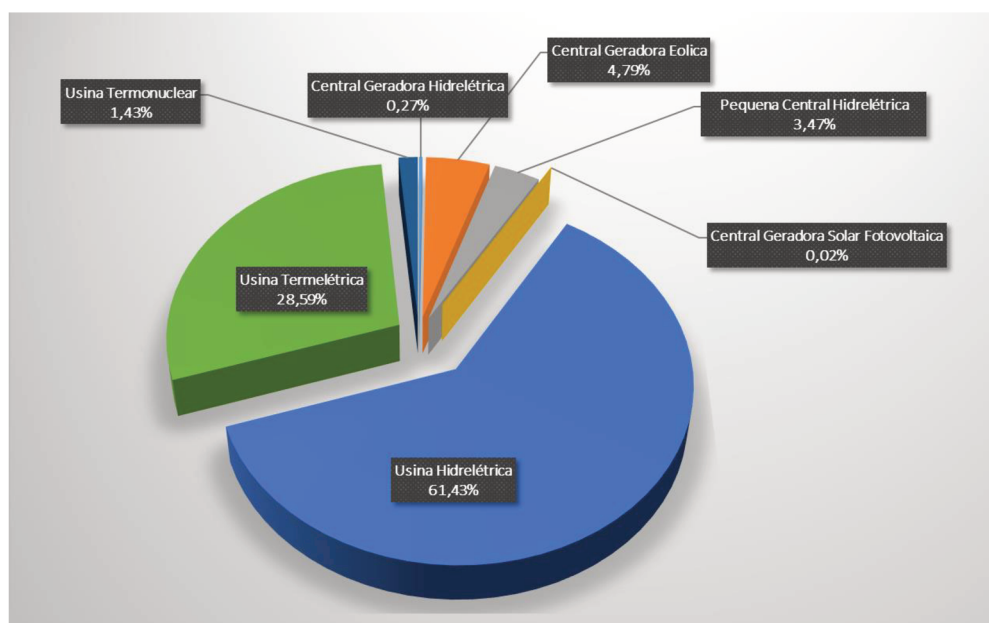
Como podem ser verificadas, as indústrias dos países da América Latina também possuem um custo de energia elétrica inferior ao do Brasil. As indústrias de Santa Catarina pagam mais que o dobro da média dos países listados no gráfico acima pelo MWh. Todos os setores industriais necessitam de energia elétrica, e esse custo desproporcional acarreta na perda de competitividade das indústrias brasileiras. Um concorrente direto da indústria catarinense, a Argentina, tem um custo de energia dez vezes menor do que o custo em Santa Catarina.

No Brasil, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) regulamenta a geração fotovoltaica conectada à rede de distribuição. A resolução atual em vigor que estabelece as normas para a micro e mini geração fotovoltaica conectada à rede de energia elétrica é a Resolução Normativa número 482, de

17 de abril de 2012. Essa regulamentação é muito recente no Brasil e revisões são previstas para adequação com a necessidade e realidade do mercado nacional. No artigo 15 está previsto que haja uma revisão no período de cinco anos, o que gera uma expectativa para que novas políticas de incentivos à geração de energia elétrica por meio de placas fotovoltaicas sejam elaboradas e aplicadas.

Esse incentivo é muito importante para mudar o cenário atual da matriz energética brasileira. A matriz energética é composta e dependente principalmente de fontes hídricas, elas representam 65% da matriz, conforme Figura 9.

Figura 10 – Matriz Energética Brasileira



Fonte: Gráfico gerado pelo autor com base nos dados da ANEEL, 2015

As energias de fontes renováveis, eólica e fotovoltaica, correspondem a menos de 5% da geração elétrica no Brasil. A energia fotovoltaica sozinha, corresponde a 0,02% do total da matriz, correspondendo a 25,233 MW. Atualmente, estão em funcionamento no Brasil oito usinas com capacidade acima de 1 MW, conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 2 – Usinas com capacidade superior a 1MW

| UF | USINA | POTÊNCIA INSTALADA (kW) |
|----|----------------------------------|-------------------------|
| CE | Tauá | 5000 |
| SP | Tanquinho | 1082 |
| BA | Sol Moradas Salitre e Rodeadouro | 2103 |
| SC | Nova Aurora | 3068 |
| RN | Solar Alto do Rodrigues | 1100 |
| MG | Central Mineirão | 1418 |
| PE | Fontes Solar I | 5000 |
| PE | Fontes Solar II | 5000 |
| | Total | 23771 |

Fonte: ANEEL, 2015

Essa fonte alternativa de energia possui um grande potencial de expansão no Brasil devido as condições climáticas e ao aumento no custo de geração de energia elétrica por fontes hídricas, atualmente fornecida pelas concessionárias. Até o mês de novembro de 2015, o Banco de Informações de Geração, BIG, da ANEEL, contava em seus registros, apenas 688 unidades consumidoras que geram energia fotovoltaica conectada à rede no território nacional (ANEEL, 2015).

3. Metodologia

O presente trabalho tem como objetivo ser um instrumento de auxílio à tomada de decisões dos gestores do complexo aeroportuário do Aeroporto de Joinville - Lauro Carneiro de Loyola localizado na cidade de Joinville no estado de Santa Catarina. Para isso, o trabalho abordará as etapas e análises relevantes para a elaboração do projeto de um sistema fotovoltaico interligado à rede de distribuição de energia elétrica no Aeroporto de Joinville. Os parâmetros usados para balizar o projeto são o fácil acesso aos equipamentos, bem como sua homologação junto aos órgãos competentes.

No Brasil, a ANEEL, órgão que regulamenta as concessionárias de distribuição de energia, normatiza a micro e mini geração de energia fotovoltaica. O Aeroporto de Joinville é atendido pela distribuidora CELESC e não participa do mercado livre de energia. Logo, a unidade de geração distribuída deve atender os requisitos e parâmetros estabelecidos.

Segundo o capítulo II da Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012 da ANEEL, fica estabelecido que para consumidores do grupo A, onde geralmente se enquadram as unidades consumidoras industriais ou comerciais de médio e grande porte, que é o caso do Aeroporto de Joinville Lauro Carneiro de Loyola, a potência instalada da microgeração ou minigeração distribuída participante do sistema de compensação de energia elétrica fica limitada à demanda contratada (ANEEL, 2012). Portanto, o limitante para esse projeto é demanda contratada atual do aeroporto junto a concessionária CELESC.

Para o desenvolvimento do estudo e definição do projeto, alguns softwares foram utilizados. O software Radasol 2 foi utilizado para manipulação de dados de radiação solar local. Ele consiste em um software gratuito desenvolvido pelo LABSOL – Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Para a análise de sombreamento, foi construída uma maquete digital no software Revit a partir de plantas do aeroporto cedidas pela Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO). Neste software, é possível simular o sombreamento em diferentes datas e horas do ano.

Através do estudo de sombreamento, chegou-se à conclusão que a cobertura do estacionamento poderia ser usada no projeto, sendo esta não afetada significativamente pela possível sombra proveniente do terminal de passageiro do Aeroporto. O estudo de sombreamento também indicou as regiões não sombreadas da cobertura do terminal de passageiros, visto que essa possui uma complexidade devido a sua arquitetura sinuosa.

Esse trabalho contou com a colaboração do aeroporto Lauro Carneiro de Loyola que representados pelos funcionários da INFRAERO auxiliaram fornecendo as informações necessárias para elaboração do projeto, tais como conta de energia elétrica, do qual foram retirados dados de consumo, projeto arquitetônico, planta de cobertura e de situação, visitas guiadas, entre outros.

4. ESTUDO DE CASO DO AEROPORTO LAURO CARNEIRO DE LOYOLA

O aeroporto de Joinville, objeto deste estudo, é situado na maior cidade de Santa Catarina e terceiro maior polo industrial do sul país. O aeroporto possui uma capacidade de atender 800 mil passageiros por ano e conta com um terminal de quatro mil metros quadrados, e uma cobertura curva de 2900 metros quadrados. O complexo aeroportuário possui um estacionamento coberto com área de 1755 metros quadrados. Ainda fazem parte do aeroporto edificações auxiliares, como a torre de controle, o edifício administrativo, o terminal de cargas, entre outras edificações (Figura 11). Porém, dada a limitação de capacidade imposta pela demanda contratada, apenas o terminal de passageiros e o estacionamento serão considerados para a acomodação do sistema fotovoltaico, devido a essas duas coberturas já possuírem espaço suficiente para o limitante do projeto.

Figura 11 – Aeroporto de Joinville

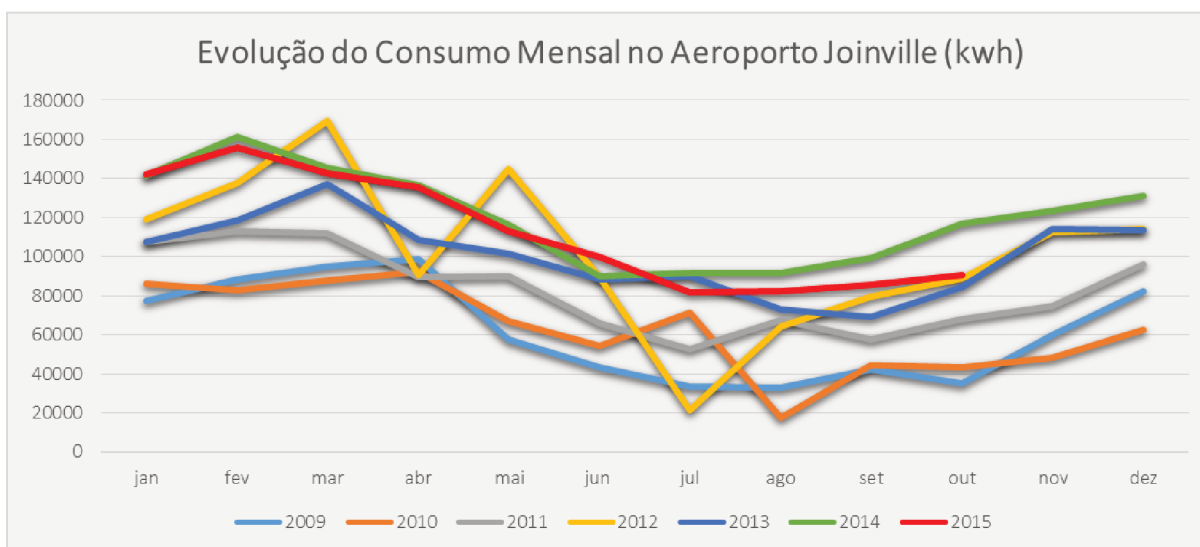


Fonte: Google Earth 2015, modificado pelo autor

4.1. DADOS DE CONSUMO ENERGÉTICO

Para começar o dimensionamento do sistema fotovoltaico, é necessário analisar o histórico de consumo de energia elétrica da unidade consumidora. Foram fornecidos pela INFRAERO os dados de consumo do aeroporto dos últimos sete anos (Figura 12). No gráfico, observa-se que nos meses onde as temperaturas são mais elevadas (janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro), existe um maior consumo de energia, muito provavelmente influenciado pelo uso intensivo dos aparelhos de ar condicionado nos períodos quentes do ano. Cabe ressaltar que nesses meses do ano os dias são mais longos, fazendo com que os sistemas fotovoltaicos possam gerar mais energia elétrica devido a esse aumento da exposição solar.

Figura 12 – Evolução do Consumo do Aeroporto de Joinville



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados fornecidos pela INFRAERO

Em 2015, ocorreu uma ruptura na tendência de aumento de consumo do aeroporto, ao contrário do que vinha ocorrendo nos demais anos, o consumo de energia elétrica até o mês de outubro foi menor do que em 2014, fato este explicado pela alteração climática que ocorreu neste ano, o fenômeno El Niño, que ocasionou chuvas e baixou as temperaturas, fazendo com que o uso de ar refrigerado fosse reduzido refletindo no consumo energético.

4.2. INCIDÊNCIA SOLAR EM JOINVILLE

A cidade de Joinville está localizada na região norte do estado de Santa Catarina. Nesta região, encontra-se um dos menores níveis de radiação solar do Brasil, como é possível constatar pelo mapa da Figura 13. A região de Joinville possui uma radiação solar global horizontal média que varia de 4,20 a 4,55 kWh/m² (PEREIRA et. al, 2006).

Figura 13 – Mapa da Radiação Solar Global Horizontal

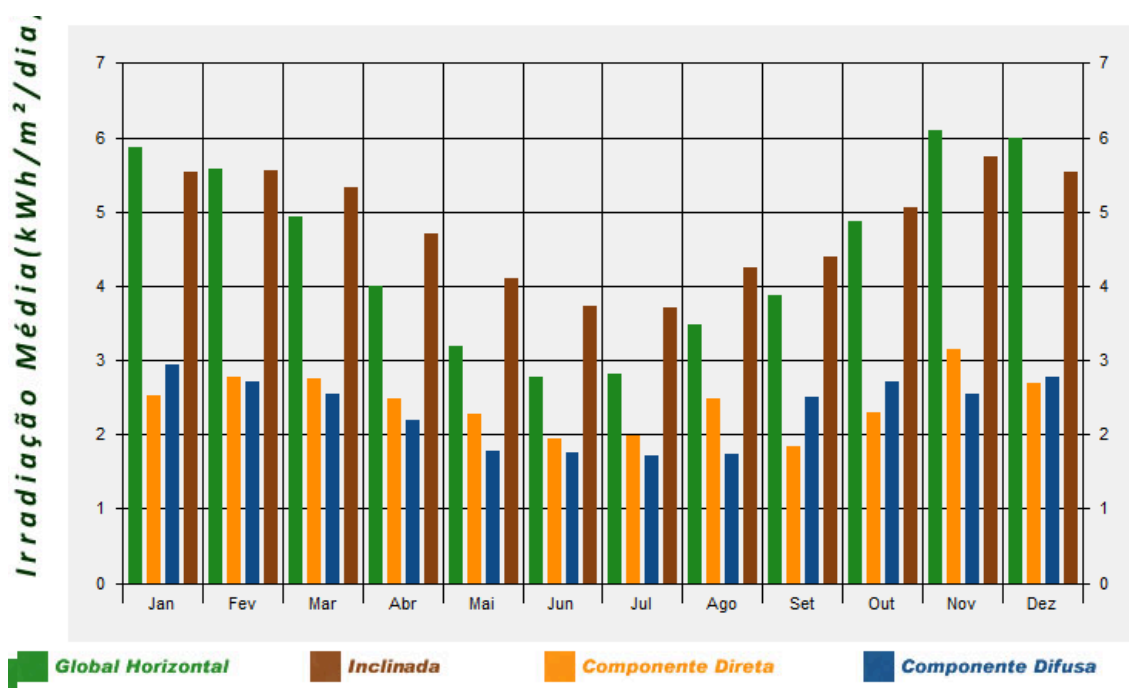


Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2006

Para o dimensionamento do sistema fotovoltaico para o aeroporto de Joinville, foi utilizado o programa Radiasol 2. Esse programa calcula a intensidade da radiação solar em superfícies inclinada utilizando a base de dados do projeto SWERA (Solar and Wind Energy Resource Assessment).

Tratando-se especificamente do Aeroporto de Joinville Lauro Carneiro de Loyola, a partir dos dados de latitude e longitude do aeroporto, o programa interpola o resultado para o local através de dados de radiação provenientes de uma estação meteorológica que fica a aproximadamente 20km do aeroporto, em linha reta na cidade de São Francisco do Sul. A Figura 14 mostra os níveis de radiação para uma inclinação de 26 graus, conforme latitude local, calculados pelo programa Radasol 2.

Figura 14 – Irradiação Média no Aeroporto de Joinville gerada pelo programa Radasol 2



Fonte: Radasol 2, 2015

Foi escolhida a simulação para a inclinação de 26 graus, pois para região do projeto é sugerida uma inclinação igual a latitude da região, que no caso é 26. Como o Aeroporto localiza-se no hemisfério sul, os painéis fotovoltaicos ficaram voltados para a face norte, pois ao longo do ano é ela que possui os maiores níveis de insolação (MINISTÉRIO DE MINAS e ENERGIA, 2014).

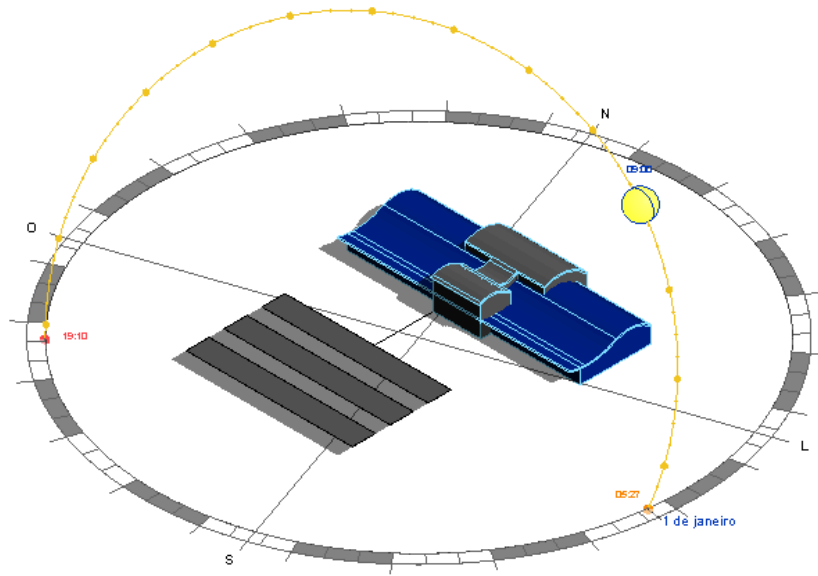
O programa Radasol 2, além de fornecer o gráfico das radiações, também gera uma Tabela com os dados da radiação do local escolhido.

4.3 ESTUDO DE SOMBREAMENTO

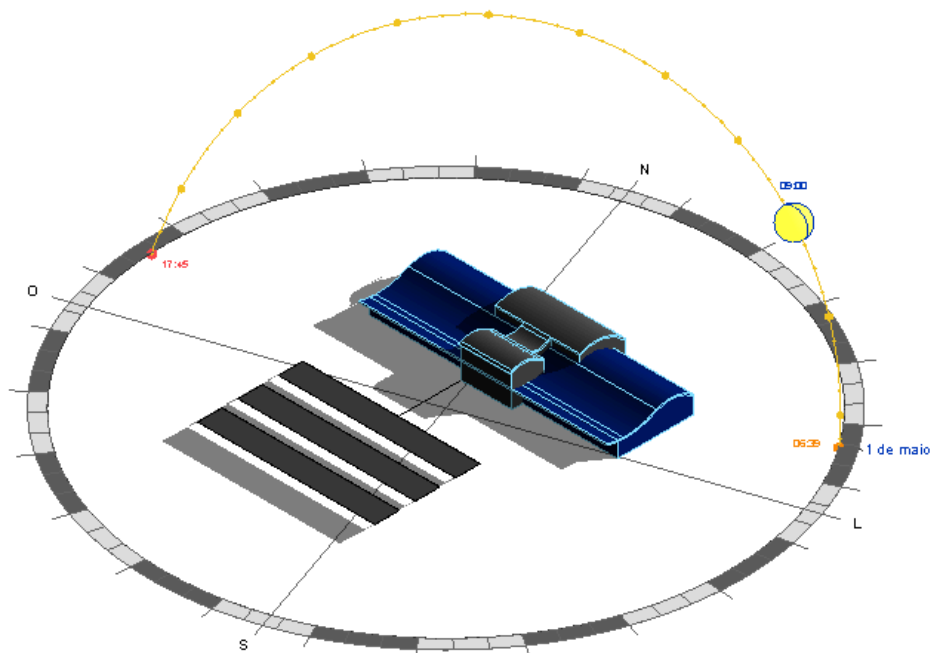
O estudo foi feito para analisar o sombreamento que as edificações fazem uma na outra e em si própria, no caso do terminal de passageiros. Foram feitas diversas simulações para diferentes períodos do ano e diferentes horários do dia. No terminal de passageiros observou-se como a sinuosidade da cobertura poderia gerar sombra nas partes mais baixa da cobertura. Também foi observado o sombreamento do terminal de passageiros no estacionamento coberto. A figura 15 mostra a simulação de sombreamento para diferentes épocas do ano as 9 horas da manhã.

Figura 15 – Simulação do sombreamento do Aeroporto em estudo pelo Programa Revit nas quatro estações do ano

Verão

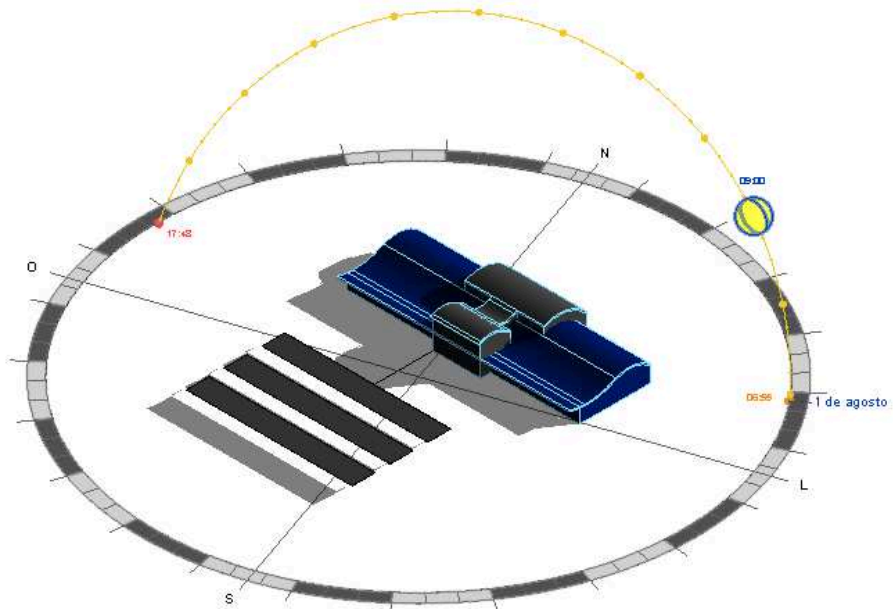


Outono

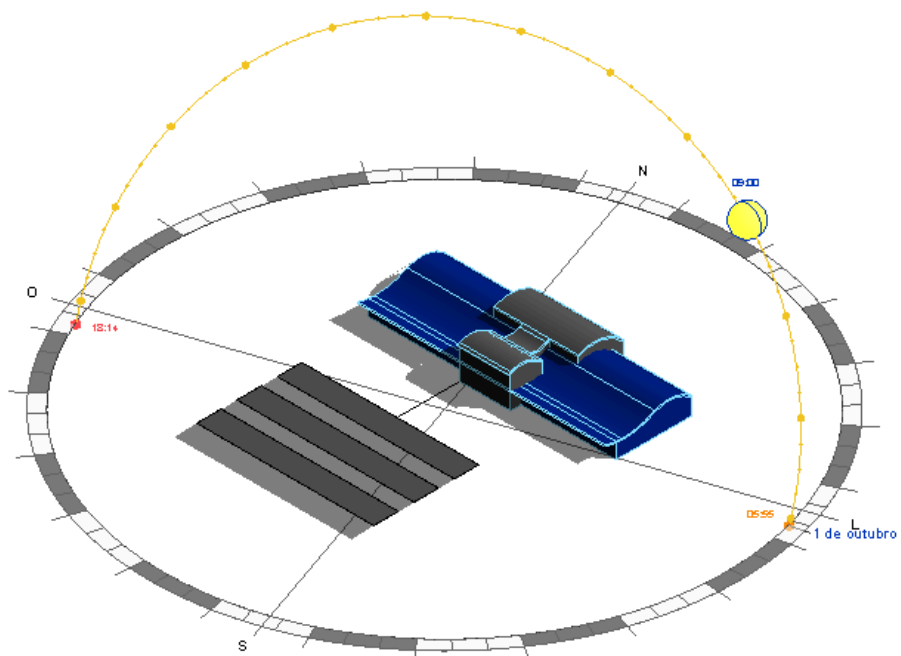


Continuação Figura 15 – Simulação do sombreamento do Aeroporto em estudo pelo Programa Revit nas quatro estações do ano

Inverno



Primavera



Fonte: Próprio Autor

O período da manhã é o mais crítico para a análise de sombreamento, mesmo nesse período o sombreamento do terminal não afeta o estacionamento, o viabiliza o posicionamento de painéis fotovoltaicos nesse local. Já se tratando do terminal de passageiros, para não ocorrer sombreamento nos painéis, deve-se localiza-los na parte mais alta da cobertura.

4.3 PROJETO FOTOVOLTAICO

Como explicado na seção 3, o projeto para o aeroporto Lauro Carneiro de Loyola tem um limitante legal que é a demanda contratada de energia. O contrato vigente do aeroporto Lauro Carneiro de Loyola junto a concessionária de energia elétrica, CELESC, no ano de elaboração deste trabalho (2015), estabelece que a demanda contratada seja de 330 kW. Então, para ser viável legalmente, a potência instalada do projeto de geração fotovoltaica não deve exceder este limite.

Dada a restrição de capacidade, a próxima etapa é a escolha da área onde os módulos devem ser alocados. Conforme apresentado na Figura 11, o aeroporto Lauro Carneiro de Loyola conta com múltiplas edificações. Frente ao exposto sobre restrição de potência instalada, são definidos como áreas de abrangência do estudo o estacionamento coberto e o terminal de passageiros.

Os critérios para a escolha dessas edificações foram: a facilidade de instalação e manutenção, a geração perto do ponto de consumo, que melhora a qualidade da energia e reduz perdas. A área da cobertura da garagem será integralmente utilizada, devido à facilidade de instalação naquele local e permitir o uso de uma estrutura metálica para posicionamento de painéis rígidos, que possuem um menor custo que as demais tecnologias. Dentro da tecnologia de painéis rígidos a solução escolhida é o silício policristalino por possuir uma boa eficiência energética e um menor custo em relação ao silício monocristalino. Vale ressaltar que, atualmente no Brasil, apenas as tecnologias de silício policristalino, silício monocristalino e filme finos são autorizadas pelo INMETRO.

A cobertura do terminal de passageiros será apenas parcialmente coberta por módulos, devido curvatura do telhado (Figura 16), que gera pontos de sombreamento, e requer módulos com tecnologia flexível. Mesmo sendo uma

tecnologia mais cara, a escolha de usar painéis flexíveis foi feita devido ao seu baixo peso, que chega a ser até 80% mais leve que o painel rígido para painéis de mesma potência. Esses painéis também dispensam o uso de estruturas metálicas, pois já possuem adesivos que aderem ao telhado, facilitando a integração arquitetônica dos painéis nas edificações. Também foi feita essa escolha para fomentar essa tecnologia e incentivar o uso novas tecnologias de painéis fotovoltaicos integrados a arquitetura.

Figura 16 – Estacionamento coberto e terminal de passageiros do aeroporto de Joinville



Fonte: Google Earth, 2011

A escolha dos equipamentos empregados no projeto, painéis e inversores, tem como critério o atendimento da Resolução Normativa 482 da ANEEL, isto é, estejam homologados, para o caso de painéis, e possuam as certificações da ABNT para o caso de inversores. Outro critério em consideração é a escolha de marcas líderes de mercado, com o intuito de facilitar a viabilização do projeto.

Foram escolhidos dois tipos de painéis para o aeroporto: o primeiro é o painel de silício policristalino rígido de potência de 260 Wp¹; e o segundo é um painel de filme fino flexível de 216 Wp. Para as especificações técnicas desses painéis, foi escolhida a marca Yingli Solar para o painel rígido, modelo YL260P-29b, que possui a maior eficiência energética entre os painéis de silício policristalino, sendo de 16%. Esse painel tem uma produção média de energia

¹ Wp (Watt pico) é uma unidade de potência utilizada na tecnologia solar fotovoltaica. Como a potência entregue por um módulo fotovoltaico depende da intensidade de radiação solar incidente, estipula-se que cada Wp instalado deverá entregar a potência de 1 W quando submetido às condições padrão de medida: radiação de 1.000 W/m², temperatura de célula de 25 °C.

de 32,53 kWh/mês. A Yingli Solar é a maior fabricante mundial de painéis fotovoltaicos.

Para os painéis flexíveis, foi escolhida a marca Miasolé, modelo FLEX-01 210W, por possui o painel de filme fino com a maior eficiência energética entre os painéis de filmes finos aprovados pelo INMETRO. Esse painel possui uma eficiência de 12,6%, uma potência de 216 Wp e tem uma produção média de energia de 27,00 kWh/mês (INMETRO, 2015). A Figura 17 mostra parte da Tabela de eficiência energética dos módulos fotovoltaicos do INMETRO, publicada em junho de 2015 e atualizada em 01 de setembro de 2015.

Figura 17 – Parte da Tabela De Eficiência Energética De Módulos Fotovoltaicos -

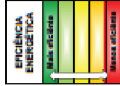
| EMPRESA | MARCA | MODELO / CÓDIGO | MATERIAL | Características Físicas | | | Circuito Aberto | Corrente (A) | Tensão (V) | Potência (W) | Temperatura (Condições de Operação) | Produção Média de Energia (kWh/m ² / Anomada) | Eficiência Energética (%) | Classificação Energética | Nº do Registro do Objeto | Data Inicial do Registro | Data Final do Registro | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------|------------------------|-----------------|--------------|------------|--------------|-------------------------------------|--|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|--------------|------------|-------------------------|---------------------|-----|------|------|----|------|-------|------|-------|------|---|------------|------------|--|--------------|------------|-------------------------|-----|-----|------|------|-------|------|-------|------|-------|------|---|------------|------------|--|--------------|-------------|-------------------------|-----|-----|------|------|-------|------|-------|------|-------|------|---|------------|------------|--|
| | | | | Comprimento (mm) | Largura (mm) | Área (m ²) | | | | | | | | | | | | Peso (kg) | Tensão (V) | Corrente (A) | Ponto Máz. Potência | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| YINGLI GREEN ENERGY DO BRASIL S.A. | YINGLI SOLAR | YL300C-308 | Silício Mono Cristalino | 990 | 990 | 1,63 | 19,5 | 38,5 | 8,91 | 30,80 | 8,40 | 32,57 | 16,0 | A | 0041742012 | 12/12/2012 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | YINGLI SOLAR | YL300C-308 | Silício Mono Cristalino | 990 | 990 | 1,63 | 19,5 | 39 | 8,93 | 31,00 | 8,55 | 33,13 | 16,2 | A | 0041752012 | 12/12/2012 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | YINGLI SOLAR | YL300C-308 | Silício Mono Cristalino | 990 | 990 | 1,63 | 19,1 | 39,00 | 9,06 | 31,10 | 8,68 | 33,74 | 16,5 | A | 0041712012 | 30/11/2012 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | YINGLI SOLAR | YL310PA-308 | Silício Mono Cristalino | 990 | 990 | 1,63 | 19,1 | 39,00 | 9,06 | 31,10 | 8,68 | 33,74 | 16,5 | A | 0039632012 | 23/11/2012 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| YINGLI SOLAR | YL320PA-308 | Silício Mono Cristalino | 1970 | 1970 | 1,95 | 26,8 | 45,00 | 8,35 | 35,50 | 7,89 | 280 | 35,01 | 14,4 | A | 0039562012 | 22/11/2012 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| YINGLI SOLAR | YL320PA-308 | Silício Mono Cristalino | 1970 | 1970 | 1,95 | 26,8 | 45,00 | 8,30 | 35,50 | 8,02 | 285 | 35,59 | 14,6 | A | 0039632012 | 23/11/2012 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| YINGLI SOLAR | YL320PA-308 | Silício Mono Cristalino | 1970 | 1970 | 1,95 | 26,8 | 37,80 | 8,53 | 30,20 | 8,11 | 245 | 30,62 | 12,8 | C | 0034472012 | 30/10/2012 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| YINGLI SOLAR | YL300A-308 | Silício Mono Cristalino | 1970 | 1970 | 1,95 | 26,8 | 45,30 | 8,62 | 35,80 | 8,10 | 290 | 36,25 | 14,9 | A | 0041722012 | 30/11/2012 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| YINGLI SOLAR | YL310PA-308 | Silício Mono Cristalino | 1960 | 1960 | 1,94 | 25,5 | 45,60 | 9,00 | 36,30 | 8,53 | 310 | 38,70 | 16,0 | A | 0006792015 | 29/1/2015 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| YINGLI SOLAR | YL320PA-308 | Silício Mono Cristalino | 1840 | 1840 | 1,62 | 18,5 | 37,70 | 9,09 | 30,30 | 8,59 | 260 | 32,53 | 16,0 | A | 0006792015 | 29/1/2015 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA
PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM

TABELA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA - SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA - MÓDULOS - Edição 06/2015

| CLASSES | ÍNDICE DE MÓDULO | | SILÍCIO CRISTALINO | | FILMES FINOS | |
|---------|------------------|-----------|--------------------|------|--------------|-----|
| | Máximo | Mínimo | Total | % | Total | % |
| A | 16,5-18,8 | 16,5-18,8 | 231 | 74,0 | 41.134.078/9 | 7 |
| B | 16,2-16,8 | 16,2-16,8 | 24 | 7,9 | 17,5 | 3 |
| C | 15,8-16,1 | 15,8-16,1 | 23 | 7,6 | 0 | 0 |
| D | 15,4-16,1 | 15,4-16,1 | 7 | 2,3 | 17.647.058/2 | 3 |
| E | 14,7-15,9 | 14,7-15,5 | 19 | 6,3 | 21,5 | 4 |
| | | | 304 | 100 | 17 | 100 |



Data de Atualização: 19/08/15

Informações:
47 Nº Empresa:
51 Nº de Matrícula:
323 Nº de Modelo:

Material: Silício Mono e Poli Cristalino

* Atenção: Esta tabela tem a função de facilitar a consulta dos interessados e a comparação dos modelos etiquetados no Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), mas a informação nela contida eventualmente fica desatualizada por alguns períodos e deve ser confirmada no banco de produtos registrados, disponível em (<http://www.inmetro.gov.br/qualidade/regObjetos.asp>). O banco de produtos e registros infirma quais modelos estão devidamente registrados, os seus, autorizados para fabricação, importação e comercialização no País.

Continuação da Figura 17– Parte da Tabela De Eficiência Energética De Módulos Fotovoltaicos - Edição 06/2015



INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA
PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM



TABELA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA - SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA - MÓDULOS - Edição 06/2015

| CLASSES | ÍNDICE DE MÓDULO | | SILÍCIO CRISTALINO | | FILMES FINOS | |
|---------|------------------|------|--------------------|-----|--------------|------|
| | Wp/Wp | % | TOTAL | % | TOTAL | % |
| A | 80 >= 114 | 76,0 | 231 | 7 | 41,176/0259 | 17,5 |
| B | 74 >= 110 | 7,9 | 24 | 3 | 17,5 | 0 |
| C | 68 >= 106 | 7,5 | 23 | 0 | 0 | 0 |
| D | 62 >= 102 | 7 | 7 | 3 | 17,67/0582 | 4 |
| E | 56 >= 98 | 6,3 | 39 | 4 | 23,5 | 4 |
| | | | 304 | 100 | 130 | 100 |



Data de Atualização: 06/2015

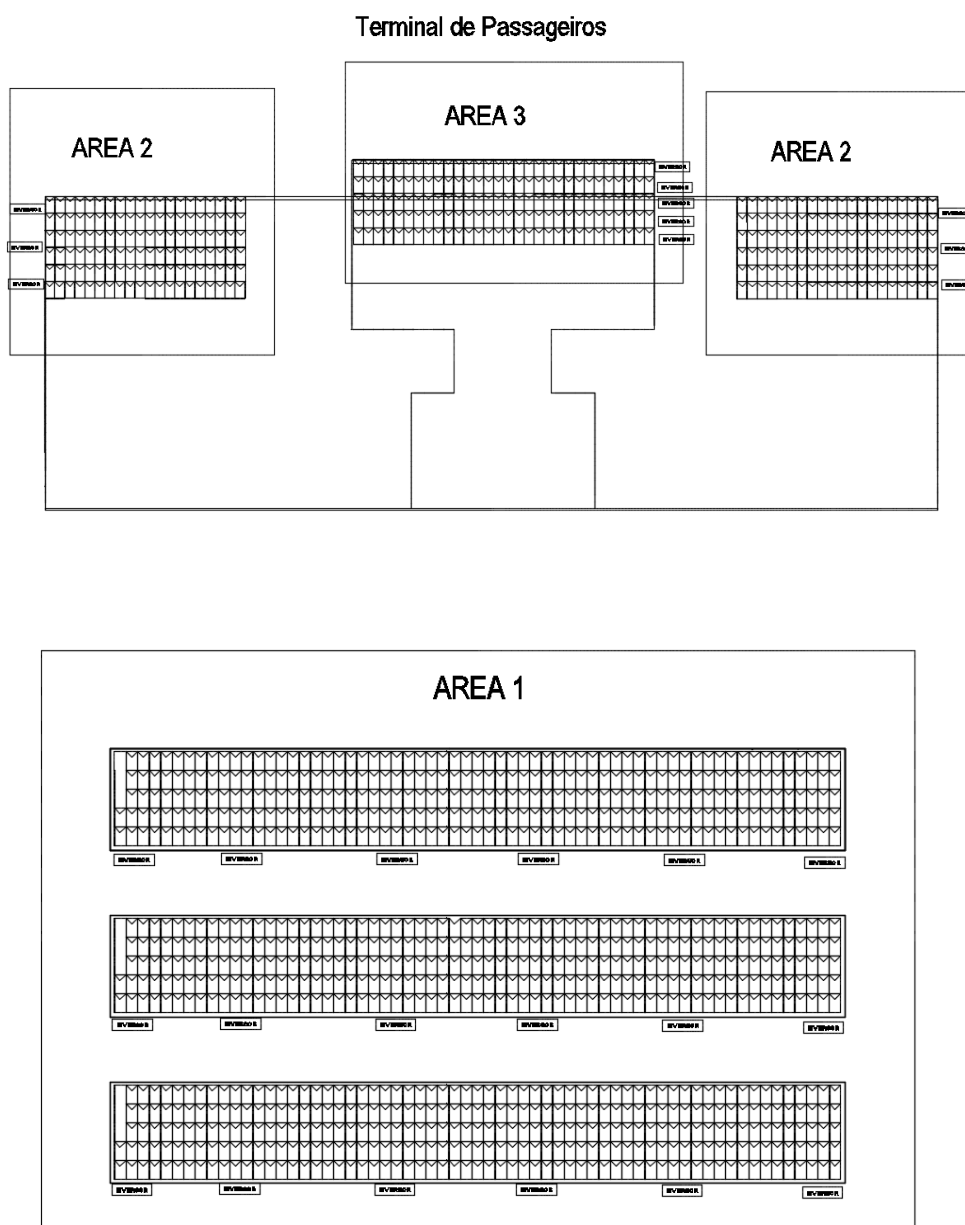
Material: Silício Mono e Poli Cristalino

* Atenção: Esta tabela tem a função de facilitar e conectar os interessados a comparação dos módulos etiquetados no Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), mas a informação não contém eventualmente fica desatualizada por alguns períodos e deve ser confirmada no banco de produtos registrados, disponível em (<http://www.inmetro.gov.br/qualidade/registro>). O banco de produtos registrados informa quais módulos estão devidamente registrados, ou seja, autorizados para fabricação, importação e comercialização no País.

| EMPRESA | MARCÁ | MODELO / CÓDIGO | MATERIAL | Características Físicas | | | Cabo Aberto | Cabo Fechado | Ponto Máx. Potência | Potência (W) | Temperatura (Condição Normal de Operação) | Produção Média de Energia (Wh/m²) | Eficiência Energética (%) | Classificação Energética | Nº DO REGISTRO DO OBJETO | DATA INICIAL DO REGISTRO | DATA FINAL DO REGISTRO |
|---|---------------------|-----------------|-------------|-------------------------|--------------|-----------|-------------|--------------|---------------------|--------------|---|-----------------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|
| | | | | Comprimento (mm) | Largura (mm) | Área (m²) | | | | | | | | | | | |
| DU PONT DO BRASIL LTDA | DU PONT APOLLO | DA 100 - A6 | FILMES FINO | 1410 | 1110 | 1,57 | 100,00 | 1,85 | 75,00 | 1,34 | 42,4 | 12,56 | 6,4 | D | 0007292013 | 7/12/2013 | 22/10/2015 |
| DU PONT DO BRASIL LTDA | DU PONT APOLLO | DA 100 - B1 | FILMES FINO | 1400 | 1110 | 1,55 | 98,88 | 1,87 | 73,77 | 1,36 | 43,15 | 12,54 | 6,5 | D | 0007192013 | 7/12/2013 | 27/23/2014 |
| DU PONT DO BRASIL LTDA | DU PONT APOLLO | DA 142 - C1 | FILMES FINO | 1408 | 1110 | 1,56 | 158,00 | 1,43 | 121,00 | 1,17 | 43,4 | 17,70 | 9,1 | B | 0007222013 | 7/12/2013 | |
| DU PONT DO BRASIL LTDA | DU PONT APOLLO | DA 121 - C1 | FILMES FINO | 1410 | 1110 | 1,57 | 146,80 | 1,22 | 120,60 | 0,99 | 43,4 | 14,92 | 7,6 | B | 0007122013 | 7/12/2013 | |
| DE ENERGY DO BRASIL LTDA | DE | GR-C005110 | FILMES FINO | 1257 | 977 | 1,23 | 110,00 | 2,10 | 70,00 | 1,00 | 150 | 18,78 | 12,2 | A | 0041462012 | 8/11/2012 | 20/12/2013 |
| GENIUSHER SOLUÇÕES SOLAR LTDA | FIRST SOLAR | FD-200 | FILMES FINO | 1200 | 600 | 0,72 | 91,50 | 1,22 | 71,20 | 1,12 | 45 | 9,97 | 11,1 | A | 0030202013 | 1/5/2013 | |
| SANT-COMAR DO BRASIL PRODUTOS INDUSTRIAIS E PARA CONSTRUÇÃO LTDA | AVANÇOS | POWERMAX 120 | FILMES FINO | 1556 | 654 | 1,09 | 57,40 | 3,13 | 44,30 | 2,68 | 48,3 | 16,04 | 11,0 | A | 0030042013 | 28/2/2013 | |
| SOLNER BRASIL COMERCIO E IMPORTAÇÃO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS - ME | SOLNER | PV105 | FILMES FINO | 1245 | 635 | 0,79 | 59,50 | 0,89 | 45,00 | 0,77 | 46 | 4,33 | 4,4 | E | 0028352013 | 21/2/2013 | Suspensão |
| SOLNER BRASIL COMERCIO E IMPORTAÇÃO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS - ME | SOLNER | PV035 | FILMES FINO | 1245 | 635 | 0,79 | 59,50 | 0,79 | 45,00 | 0,88 | 46 | 3,83 | 3,9 | E | 0028352013 | 21/2/2013 | Suspensão |
| SOLNER BRASIL COMERCIO E IMPORTAÇÃO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS - ME | SOLNER | PV035 | FILMES FINO | 1245 | 635 | 0,79 | 59,50 | 0,84 | 45,00 | 0,98 | 46 | 3,15 | 3,2 | E | 0028352013 | 21/2/2013 | Suspensão |
| SOLNER BRASIL COMERCIO E IMPORTAÇÃO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS - ME | SOLNER | PV405 | FILMES FINO | 1245 | 635 | 0,79 | 59,50 | 0,82 | 45,00 | 0,44 | 46 | 2,46 | 2,5 | E | 0028352013 | 21/2/2013 | Suspensão |
| SOLNER BRASIL COMERCIO E IMPORTAÇÃO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS - ME | SOLNER | PV405 | FILMES FINO | 1245 | 635 | 0,79 | 59,50 | 1,05 | 50,70 | 0,95 | 46 | 6,14 | 6,2 | D | 0028352013 | 21/2/2013 | Suspensão |
| SUNLUTION - SOLUÇÕES EM GERAÇÃO SOLAR LTDA | GLOBAL SOLAR ENERGY | FG-3BTM-100 | FILMES FINO | 2017 | 424 | 1,00 | 23,30 | 6,40 | 17,80 | 5,60 | 52 | 12,46 | 10,0 | A | 0034152015 | 29/5/2015 | |
| SUNLUTION - SOLUÇÕES EM GERAÇÃO SOLAR LTDA | GLOBAL SOLAR ENERGY | FG-3BTM-300 | FILMES FINO | 5745 | 424 | 2,84 | 69,70 | 6,40 | 54,30 | 5,52 | 52 | 37,47 | 10,6 | A | 0034152015 | 29/5/2015 | |
| SUNLUTION - SOLUÇÕES EM GERAÇÃO SOLAR LTDA | GLOBAL SOLAR ENERGY | FG-4BTM-200 | FILMES FINO | 3881 | 424 | 1,02 | 46,40 | 6,40 | 36,20 | 5,52 | 52 | 24,98 | 10,4 | A | 0034172015 | 29/5/2015 | |
| SUNLUTION - SOLUÇÕES EM GERAÇÃO SOLAR LTDA | GLOBAL SOLAR ENERGY | FG-100 | FILMES FINO | 2070 | 546 | 1,13 | 23,30 | 6,40 | 17,80 | 5,60 | 52 | 12,46 | 8,8 | B | 0034142015 | 29/5/2015 | |
| SUNLUTION - SOLUÇÕES EM GERAÇÃO SOLAR LTDA | MASSOLE | FLEX-01 210W | FILMES FINO | 1710 | 959 | 1,71 | 27,80 | 11,10 | 22,20 | 9,73 | 54,5 | 27,00 | 12,6 | A | 0034132015 | 29/5/2015 | |

A partir da delimitação do tamanho do sistema em Wp e da escolha dos módulos fotovoltaicos, a etapa seguinte é a quantificação e arranjo desses módulos. Visando o menor custo e a facilidade de instalação, optou-se por ocupar totalmente o estacionamento coberto. Considerando que cada módulo da marca Yingli Solar modelo YL260P-29b possui uma área de 1,62 m², e respeitando os espaçamentos mínimos entre painéis recomendados pelo fabricante, 3 mm, o total de painéis nessa área (área 1) será de 936 (Figura 17), com uma potência instalada de 243360 Wp.

Figura 18- Disposição dos Módulos Fotovoltaicos no Projeto



Fonte: Próprio Autor

No terminal de passageiros, Figura 17, optou-se por painéis flexíveis da marca Miasolé, modelo FLEX-01 210W, que possui uma área de 1,71 m² e uma potência de 216 Wp. Dados técnicos dos painéis fornecidos pelos fabricantes são encontrados no Anexo. Para o terminal de passageiros, foi projetado um número de 390 módulos fotovoltaicos que acrescentam uma potência de 84240 Wp ao sistema. O arranjo dos painéis fotovoltaicos do terminal foi dividido em duas áreas, área 2 e área 3, pelo fato da configuração das strings e dos inversores ser distinta nessas áreas. A Tabela 3, a seguir, mostra os arranjos de cada área.

Tabela 3 – Arranjos fotovoltaicos do sistema de geração fotovoltaica

| Área | Número de Inversores | Potência Inversor (kVA) | String por Inversor | Módulos por String | Total de Módulos | Potência por Módulos (Wp) | Potência Instalada (Wp) | Potência Instalada (kWh/mês) |
|------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|--------------------|------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------------|
| Área 1 | 18 | 12,5 | 4 | 13 | 936 | 260 | 243.360 | 30.420 |
| Área 2 | 6 | 8 | 2 | 20 | 240 | 216 | 51.840 | 6.480 |
| Área 3 | 5 | 6 | 2 | 15 | 150 | 216 | 32.400 | 4.050 |
| Total do Projeto | | | | | | | 327.600 | 40.950 |

Fonte: Elaborado pelo autor

Devido a delimitação da legislação, a potência instalada do projeto ficou abaixo um pouco dos 330kW de demanda contratada, com um total de 327,6 kW. Com o arranjo proposto, essa potência instalada equivale a 40950 kWh/mês. Considerando o consumo médio do aeroporto no ano de 2014 (tabela 4), a potência instalada de projeto equivale a 34% do consumo médio do aeroporto nesse ano.

Tabela 4 – Consumo em kWh do Aeroporto no ano 2014

| Mês | Janeiro | Fevereiro | Março | Abril | Mai | Junho | Julho | Agosto | Setembro | Outubro | Novembro | Dezembro |
|---------------|---------|-----------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|----------|---------|----------|----------|
| Consumo (kWh) | 141.757 | 161.342 | 145.438 | 136.527 | 116.393 | 89.750 | 91.372 | 91.697 | 99.407 | 116.949 | 123.263 | 130.909 |
| | | | | | | | | | | | Média | 120.400 |

Fonte: Elaborado pelo autor através de dados fornecidos pela INFRAERO

O sistema fotovoltaico necessita de inversores de corrente, uma vez que a corrente elétrica gerada nos painéis é contínua (CC) e a corrente fornecida pela concessionária de energia elétrica é em corrente alternada (CA). Como

apresentado na Tabela 3, no projeto serão usados três modelos distintos de inversores. No total, serão usados 29 inversores e 94 *strings*. Optou-se por esse número de inversores com o objetivo de evitar *strings* com um número muito alto de painéis conectados, evitando que, quando houver sombreamento parcial do sistema, a eficiência das partes não ensolaradas não reduza significativamente. Um exemplo de sombreamento parcial pode ser observado na Figura 19, onde as árvores próximas ao estacionamento geram sombreamento parcial.

Figura 19 – Aeroporto de Joinville



Fonte: Google Earth, 2015

A marca escolhida para os três tipos de inversores foi a ABB. Essa marca foi escolhida por ser líder de mercado, sendo, portanto, facilmente encontrada para aquisição e para suporte técnico. Os modelos de inversores escolhidos foram: PVI-12.5-TL-OUTD BASE, PVI-6.0-TL-OUTD BASE, PVI-8.0-TL-OUTD BASE. Essa empresa possui um simulador virtual de arranjo fotovoltaico, Figura 20. Através deste simulador, pode se verificar a compatibilidade dos módulos com o inversor, bem como verificar o número de módulos por string. A Figura 19 mostra a tela de simulação para o inversor ABB VI-12.5-TL-OUTD BASE. A partir dessa

simulação é gerado pelo programa o relatório de configuração. No anexo, encontram-se os relatórios para os 3 tipos de inversores escolhidos.

Figura 20 – Simulação de Arranjo fotovoltaico

| Do you want to optimize the configuration? Click Here | | | | | | | | | | | | | Help ? | | | |
|---|---------------------|------------------|------------|------------|------------|------------|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|
| 5 - RESULTS - All results shown are allowed configurations, please select the box with desired string configuration | | | | | | | | | | | | | Help ? | | | |
| PARALLEL MPPT | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Number of Independent MPPT: 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Single MPPT | Strings in parallel | PV Panels/string | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| | | 1 | | | | 5720 (21) | 6240 (24) | 6760 (26) | 7280 (28) | 7800 (30) | 8320 (32) | 8840 (34) | 9360 (36) | 9880 (38) | 10400 (40) | 10920 (42) |
| 2 | 5240 (24) | 7020 (27) | 7800 (30) | 8580 (33) | 9360 (36) | 10140 (39) | 10920 (42) | 11700 (45) | 12480 (48) | 13260 (51) | 14040 (54) | 14820 (57) | 15600 (60) | | | |
| 3 | 8320 (32) | 9360 (36) | 10400 (40) | 11440 (44) | 12480 (48) | 13520 (52) | 14560 (56) | 15600 (60) | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Notes | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Number of panels: | | | | | | | DC Installed Power: | | | | | | | | | |
| Inverter utilization ratio: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| INDEPENDENT MPPT | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Number of Independent MPPT: 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MPPT1 | Strings in parallel | PV Panels/string | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| | | 1 | 2080 (8) | 2340 (9) | 2600 (10) | 2860 (11) | 3120 (12) | 3380 (13) | 3640 (14) | 3900 (15) | 4160 (16) | 4420 (17) | 4680 (18) | 4940 (19) | 5200 (20) | 5460 (21) |
| 2 | 4160 (16) | 4680 (18) | 5200 (20) | 5720 (22) | 6240 (24) | 6760 (26) | 7280 (28) | 7800 (30) | 8320 (32) | 8840 (34) | 9360 (36) | | | | | |
| Notes | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - Number of parallel strings compatible with inverter connections. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MPPT2 | Strings in parallel | PV Panels/string | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| | | 1 | 2080 (8) | 2340 (9) | 2600 (10) | 2860 (11) | 3120 (12) | 3380 (13) | 3640 (14) | 3900 (15) | 4160 (16) | 4420 (17) | 4680 (18) | 4940 (19) | 5200 (20) | 5460 (21) |
| 2 | 4160 (16) | 4680 (18) | 5200 (20) | 5720 (22) | 6240 (24) | 6760 (26) | 7280 (28) | 7800 (30) | 8320 (32) | 8840 (34) | 9360 (36) | | | | | |
| Notes | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - Number of parallel strings compatible with inverter connections. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Number of panels:52 | | | | | | | DC Installed Power:13520 | | | | | | | | | |
| Inverter utilization ratio: | | | | | | | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> >> Click here to generate the configuration report (pdf) << </div> | | | | | | | | | |
| $PF_{V_{in}/V_{MPPT}} = 84,5\%$ $PF_{V_{in}/V_{MPP2}} = 84,5\%$ $PF_{V_{in}/P_{AC}} = 108,2\%$ $PF_{V_{in}/P_{AC}} = 98\%$ | | | | | | | | | | | | | | | | |

© Copyright 2014 ABB | [Provider information/Impressum](#) | [Cookie and Privacy Policy](#)

Fonte: ABB, 2015

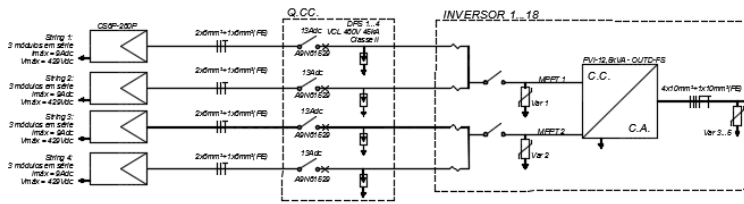
O diagrama unifilar da Figura 21 mostra a configuração e dimensionamento do sistema. Foram selecionados para o projeto disjuntores da marca Schneider Electric, tanto para corrente contínua, como para corrente alternada. No Apêndice A encontra-se a lista de materiais básica para o projeto, essa lista conta com os equipamentos e materiais de maior relevância que precisam estar claramente descritos em projetos, não podendo ser alterados na etapa de execução do projeto.

Figura 21 – Diagrama Unifilar

DIAGRAMA UNIFILAR
 SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE ELÉTRICA

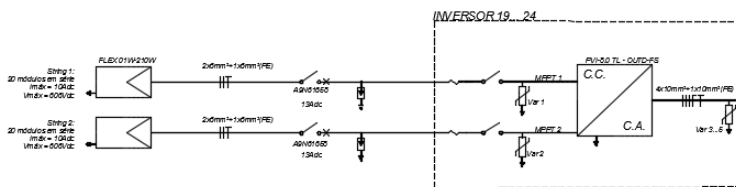
Area 1 - Garagem - Inversor 1 ao 18

18 inversores com 12,5kVA
 Cada inversor possui 4 strings com 13 m módulos em série com potência de 260 Wp cada
 Total de 936 m módulos instalados na Area 1
 potência instalada de 243 kWp



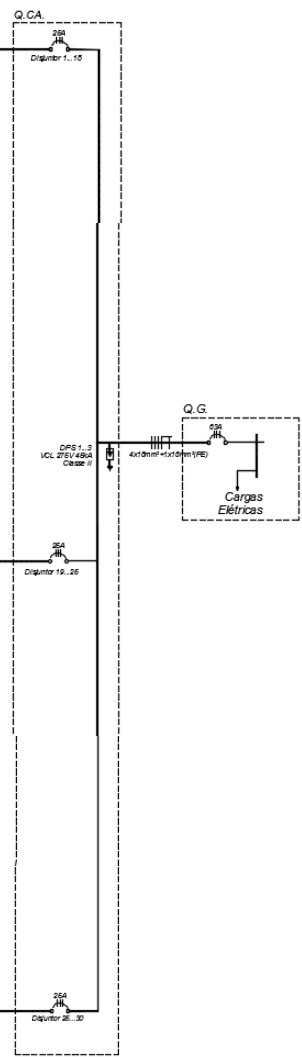
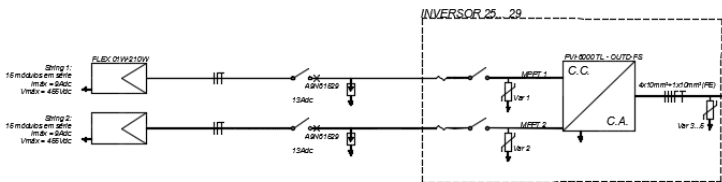
Area 2 - Terminal de Passageiros - Inversor 19 ao 24

6 inversores com 8kVA
 Cada inversor possui 2 strings com 20 módulos em série de potência 216 Wp cada
 Total de 240 módulos instalados na Area 2
 com potência instalada de 51,8 kWp



Area 3 - Terminal de Passageiros - Inversor 25 ao 29

5 inversores com 6kVA
 Cada inversor possui 2 strings com 15 módulos em série de potência 216 Wp cada
 Total de 150 módulos instalados na Area 2
 com potência instalada de 32,4kWp



Fonte: Elaborado pelo Autor

4.3.1 Geração da planta fotovoltaica proposta

O sistema fotovoltaico tem como sua fonte de energia a luz do sol e, devido à movimentação da terra em sua órbita solar, o tempo de exposição solar e a intensidade de radiação variam ao longo do ano, com as diferentes estações. Essa variação de intensidade e de tempo de exposição solar faz com o sistema fotovoltaico tenha um desempenho variável ao longo do ano. O gráfico da Figura 21 mostra essa variação para o sistema proposto para o aeroporto Lauro Carneiro de Loyola.

Para cálculo da energia fotovoltaica gerada deve-se considerar a área efetiva ocupada pelos módulos (em m²), a eficiência do módulo da tecnologia escolhida (E_{FF} em fração), a média do total diário de irradiação solar incidente no plano do painel (G_{POA} dado em kWh/m²/dia) e a eficiência do sistema inversor, perdas na transformação de corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA) mais perdas nos cabos de energia, com valor de 80% ($P_R = 0,8$) (RÜTHER et al.,2006). “A média mensal do total diário da irradiação solar incidente no plano do arranjo fotovoltaico (G_{POA}), em kWh/m²/dia, corresponde à área sob o gráfico irradiação (W/m²) x tempo (horas) ” (VIEIRA, 2010).

Portanto, para estimar a geração fotovoltaica do sistema utilizamos as seguintes equações:

$$E_{FF} = \text{Potência instalada} / \text{área ocupada pelos módulos} \quad (1)$$

$$E_{FF} = 327600/2201 = 0,14$$

$$\text{Energia gerada mensal} = \text{Área} \times E_{FF} \times G_{poa} \times 0,8 \times \text{número dias do mês} \quad (2)$$

A Tabela 5 traz o resultado da equação (2) para os meses do ano. Os dados de irradiação foram obtidos para a região de Joinville através do programa Radiasol 2. Também é apresentado o consumo médio de cada mês nos últimos 7 anos, a partir deste dado, podemos comparar a energia consumida com a energia gerada pelo projeto, o que é feito na última coluna da referida Tabela e expresso em porcentagem.

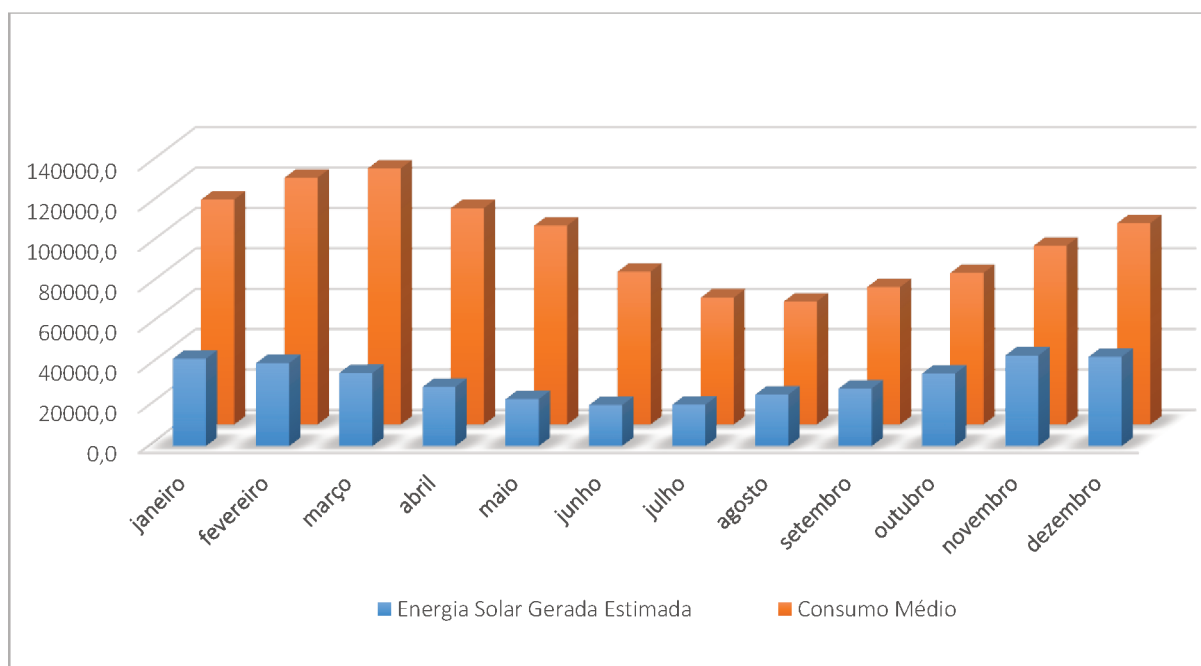
Tabela 5 – Estimativa da geração de energia comparando com o consumo mensal dos últimos 7 anos.

| Mês | Irradiação Média (kWh/m ² /dia) | Energia Solar Gerada Estimada | Consumo Médio | % de geração por FV |
|-----------|--|-------------------------------|---------------|---------------------|
| Janeiro | 5,87 | 43410,8 | 111.638,7 | 38,9 |
| Fevereiro | 5,58 | 41266,1 | 122.479,1 | 33,7 |
| Março | 4,92 | 36385,2 | 127.056,9 | 28,6 |
| Abril | 3,99 | 29507,5 | 107.398,4 | 27,5 |
| Maió | 3,18 | 23517,2 | 98.646,7 | 23,8 |
| Junho | 2,78 | 20559,1 | 75.909,7 | 27,1 |
| Julho | 2,81 | 20781,0 | 631.23,1 | 32,9 |
| Agosto | 3,48 | 25735,9 | 612.13,9 | 42,0 |
| Setembro | 3,88 | 28694,0 | 68.287,9 | 42,0 |
| Outubro | 4,88 | 36089,4 | 75.347,4 | 47,9 |
| Novembro | 6,09 | 45037,7 | 88.769,2 | 50,7 |
| Dezembro | 6 | 44372,2 | 99.844,0 | 44,4 |

Fonte: Elaborado pelo autor

Considerando uma média anual para a porcentagem de geração fotovoltaica em relação ao consumo, chegamos ao valor de 36%. A Figura 22 traz um gráfico comparando o consumo médio mensal versus a geração mensal do sistema fotovoltaico.

Figura 22 – Consumo de Energia e Geração de Energia no Aeroporto



Fonte: Elaborado pelo Autor através de dados da Infraero e do Programa Radiasol 2

Pode-se verificar no gráfico que nos meses de verão o sistema tem sua maior produção devido a maior disponibilidade solar. Mas nesses meses o aeroporto de Joinville também aumenta seu consumo devido a maior carga térmica e necessidade de climatização do terminal. A coincidência entre a geração solar fotovoltaica e a utilização de aparelhos de ar condicionado é um fator relevante e diferencial para este tipo de tecnologia de geração e perfil de demanda.

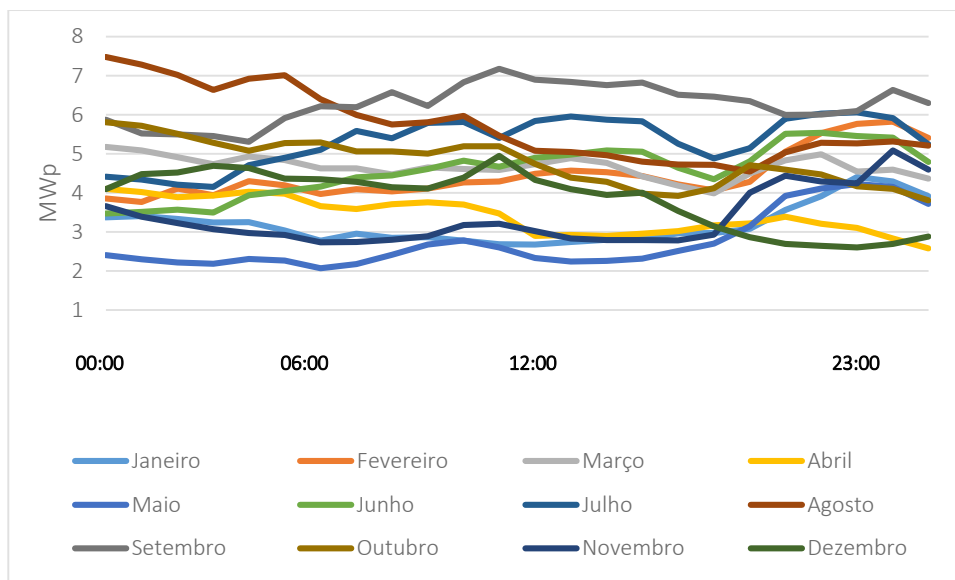
Observa-se que a relação entre geração e consumo do aeroporto varia ao longo do ano, ou seja, em meses como o de novembro a geração fotovoltaica pode chegar a 50% do consumo.

4.4. INFLUÊNCIA DO SISTEMA FOTOVOLTAICO PICO DE DEMANDA DO ALIMENTADOR

Em vias de regra, aeroportos são localizados nas zonas periféricas das cidades, afastados do centro urbano, como é o caso do aeroporto Lauro Carneiro de Loyola. Devido a este afastamento, o aeroporto EST posicionado na ponta do seu alimentador, o AL-JVQ_02, situado a uma distância de 8 km do aeroporto, na subestação Joinville IV.

Essa distância do alimentador pode causar uma má qualidade na energia que chega ao aeroporto, além das perdas de transmissão. Os picos de consumo do alimentador AL-JVQ_02 ocorrem por voltas das 11 horas e das 19:30 horas, como pode-se constatar no gráfico da Figura 23.

Figura 23 – Média da demanda do alimentador que abastece o Aeroporto, AL-JVQ_02



Fonte: Elaborado pelo autor através de dados fornecidos pela Celesc dos anos de 2013 e 2014

O pico de demanda diurno pode ser reduzido pela geração fotovoltaica no aeroporto, esse número não seria tão expressivo devido ao alto consumo no alimentador, porém ainda assim poderia evitar falta de fornecimento por sobrecarga do sistema de distribuição e postergar investimentos na ampliação da rede da concessionária.

4.5. ANÁLISE DE CUSTO E DE TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO

Uma etapa de grande relevância e necessária para a tomada de decisão de um investimento em energia fotovoltaica é a análise técnico-econômica do projeto. A partir dos custos do projeto, operação e manutenção do sistema, pode-se avaliar o tempo de retorno do investimento, uma vez que implantado o sistema, ele gera uma economia mensal para o aeroporto.

Para a análise dos custos do projeto e ter acesso aos custos reais de mercado, esse trabalho contou com a colaboração da empresa Ecoa Energias Renováveis. Essa empresa, localizada na cidade de Joinville, tem como foco a atuação na área de energia renováveis, eólica e fotovoltaica, e também presta consultorias na área de eficiência energética. Dentro da área de energia fotovoltaica, a Ecoa Energias Renováveis faz o projeto, a execução e o

fornecimento de materiais tanto para sistemas conectados à rede como para sistemas isolados.

Os custos mais relevantes para os sistemas fotovoltaicos são os equipamentos. Para o projeto do sistema fotovoltaico do aeroporto de Joinville, este custo é avaliado em 86% do total do projeto. A Tabela 5 mostra esses custos com base nos preços fornecidos pela Empresa Ecoa Energias Renováveis.

Os primeiros cinco itens da Tabela 6 são os módulos e inversores, conforme descrito em 4.3. O sexto item, descrito como estrutura, refere-se à estrutura necessária para fixação dos módulos e inversores. No caso do projeto do aeroporto, apenas os módulos rígidos necessitam de estruturas para fixação já que os módulos flexíveis já vêm com uma cola industrial para a fixação do módulo. Essa estrutura é de alumínio, compostas por trilhos, cliques de fixação dos módulos nos trilhos, parafusos estruturais que fixam os trilhos na cobertura e parafusos em geral. O item frete da Tabela, diz respeito custo do transporte dos materiais até o local de instalação do projeto. Já o item de materiais elétricos refere-se a cabos, conetores, canaletas, quadros elétricos e disjuntores. O item instalação estrutura e instalação elétrica engloba os custos da mão-de-obra para instalação do projeto. O item de gastos adicionais de instalação está considerando gastos que podem surgir durante a instalação, mas que não foram previstos anteriormente. O último item refere-se aos custos do projeto.

Tabela 6 – Previsão de custos do Projeto

| | Descrição | Quantidade | Preço Unitário | Total |
|----|--------------------------------|------------|------------------|------------------|
| 1 | Módulo YL260P-29b | 936 | R\$ 750,00 | R\$ 702.000,00 |
| 2 | Módulo FLEX-01 210W | 390 | R\$ 2.100,00 | R\$ 819.000,00 |
| 3 | Inversor PVI-12.5-TL-OUTD BASE | 18 | R\$ 14.000,00 | R\$ 252.000,00 |
| 4 | Inversor PVI-8.0-TL-OUTD BASE | 6 | R\$ 10.000,00 | R\$ 60.000,00 |
| 5 | Inversor PVI-6.0-TL-OUTD BASE | 5 | R\$ 8.000,00 | R\$ 40.000,00 |
| 6 | Estrutura | - | - | R\$ 150.000,00 |
| 7 | Frete | - | - | R\$ 20.000,00 |
| 8 | Materiais Elétricos | - | - | R\$ 80.000,00 |
| 9 | Instalação estrutura | - | - | R\$ 80.000,00 |
| 10 | Instalação elétrica | - | - | R\$ 40.000,00 |
| 11 | Gastos adicionais instalação | - | - | R\$ 40.000,00 |
| 12 | Projeto | - | - | R\$ 150.000,00 |
| | | | Total do Projeto | R\$ 2.433.000,00 |

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados fornecidos pela Ecoa Energias Renováveis, 2015

O custo do investimento é estimado em R\$ 2.443.000,00. Esse custo envolve todas as etapas da implantação do sistema, desde o projeto, aquisição de materiais, instalação e ligação do sistema a rede da concessionária de energia elétrica.

No cálculo de tempo de retorno do investimento, foi calculado o valor presente líquido (VPL), que é uma função utilizada na análise da viabilidade de um projeto de investimento. Esse valor é definido como sendo o somatório dos valores presentes dos fluxos estimados da aplicação, calculados a partir de uma taxa dada e de seu período de duração. Essa taxa no caso é a taxa de custo do capital, que para este caso foi usado o valor da inflação (FREIRE, 2009).

A Taxa Interna de Retorno (TIR), e é uma fórmula da matemática-financeira utilizada para calcular a taxa de desconto que teria um determinado fluxo de caixa para igualar a zero seu Valor Presente Líquido, ou seja, ela seria a taxa de retorno do investimento em questão (PUCCINI, 2007).

Para o cálculo do tempo de retorno do investimento, foram consideradas as seguintes variáveis: perda de rendimento linear de 20% ao longo de 20 anos; aumento médio da tarifa de energia para os consumidores do tipo A4, que é o

caso do aeroporto, nos últimos anos, conforme site da ANEEL (Tabela 7); inflação de 7% a.a para cálculo do fluxo de caixa descontado.

Tabela 7 – Reajustes na tarifa de energia da concessionária CELESC

| Ano | 2014 | 2013 | 2012 | 2011 | 2010 | 2009 | 2008 | 2007 | 2006 | 2005 | 2004 |
|----------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|
| Reajuste | 22,42% | 14,07% | -5,03% | 0,79% | 11,16% | 6,91% | 1,04% | -2,97% | 5,79% | 21,10% | 14,24% |
| Média | 8,51% | | | | | | | | | | |

Fonte: ANEEL, 2015

Para o investimento em questão, uma Tabela que encontra-se no apêndice B foi elaborada aplicando esses conceitos matemáticos-financeiros, com o objeto de encontrar o tempo do retorno do investimento. A Tabela 8 é resumo desses resultados.

Tabela 8 – Análise do Investimento

| | |
|---|-------------------|
| Investimento | R\$ 2.443.000,00 |
| Total das economias em 25 anos | R\$ 13.500.075,10 |
| Taxa de desconto mensal (TMA) | 0,57% |
| Valor presente das economias | R\$ 5.062.630,98 |
| TIR (Taxa interna de retorno) | 1,12% |
| Payback estimado | 150 meses |
| Custo de 2.405.074 kWh COM o sistema | R\$ 2.443.000,00 |
| Custo de 2.405.074 kWh SEM o sistema (VP) | R\$ 5.062.630,98 |
| Total economia (VP) | R\$ 2.619.630,98 |
| % de economia (VP) | 51,74% |
| Energia gerada em 25 anos | 9.830.627 |
| Estimativa R\$/kWh Sistema Fotovoltaico | R\$ 0,25 |
| Estimativa R\$/kWh para 2016 | R\$ 0,48 |

Fonte: Elaborada pelo autor

A taxa de interna de retorno de 1,12% mostra que o projeto é viável economicamente. O tempo de retorno do investimento ficou em 150 meses (12,5 anos), esse cálculo foi bastante conservador, visto que não se considerou a aplicação financeira das economias acumuladas. Se considerado uma aplicação financeira das economias acumuladas com rentabilidade de 10% ao ano, esse tempo de retorno de investimento cairia para 100 meses (8,33 anos).

Ainda na visão conservadora o investimento se mostra viável, uma vez que seu tempo de vida útil é de 25 anos, ou seja, 300 meses. Isso significa que uma vez o investimento pagando-se em 12,5 anos, o aeroporto ainda passaria a lucrar nos demais anos.

4.5.1 Segunda opção de projeto

Um alto custo do projeto é a escolha de módulos flexíveis. Pensando na redução de custo do projeto, uma segunda opção seria executar todo o projeto com painéis rígidos. A tabela 9 traz o novo orçamento para o projeto apenas com módulos rígidos.

Tabela 9 – Novo previsão de custo do projeto

| Descrição | Quantidade | Preço unitário | Total |
|--------------------------------|------------|----------------|------------------|
| Módulo YL260P-29b | 1256 | R\$ 750,00 | R\$ 942.000,00 |
| Módulo FLEX-01 210W | 0 | R\$ 2.100,00 | R\$ 0,00 |
| Inversor PVI-12.5-TL-OUTD BASE | 18 | R\$ 14.000,00 | R\$ 252.000,00 |
| Inversor PVI-8.0-TL-OUTD BASE | 5 | R\$ 10.000,00 | R\$ 50.000,00 |
| Inversor PVI-6.0-TL-OUTD BASE | 4 | R\$ 8.000,00 | R\$ 32.000,00 |
| Estrutura | 1 | R\$ 200.000,00 | R\$ 200.000,00 |
| Frete | 1 | R\$ 20.000,00 | R\$ 20.000,00 |
| Materiais Elétricos | 1 | R\$ 80.000,00 | R\$ 80.000,00 |
| Instalação estrutura | 1 | R\$ 80.000,00 | R\$ 80.000,00 |
| Instalação elétrica | 1 | 40.000,00 | R\$ 40.000,00 |
| Gastos adicionais instalação | 1 | 40.000,00 | R\$ 40.000,00 |
| Projeto | 1 | 150.000,00 | R\$ 150.000,00 |
| Total do Projeto | | | R\$ 1.886.000,00 |

Fonte: Elaborado pelo Autor

. Nota-se na tabela 9 que o número de inversores e de módulos foi reduzido, devido aos módulos rígidos possuírem uma potência maior. Com o novo valor total de projeto recalcula-se o tempo de retorno do investimento. A tabela 10 é um resumo da análise do tempo de retorno de investimento para essa nova configuração de projeto.

Tabela 10 – Análise do Investimento

| | |
|---|-------------------|
| Investimento | R\$ 1.886.000,00 |
| Total das economias em 25 anos | R\$ 13.500.075,10 |
| Taxa de desconto mensal (TMA) | 0,57% |
| Valor presente das economias | R\$ 5.062.630,98 |
| TIR (Taxa interna de retorno) | 1,12% |
| Payback estimado | 115 meses |
| Custo de 2.405.074 kWh COM o sistema | R\$ 1.886.000,00 |
| Custo de 2.405.074 kWh SEM o sistema (VP) | R\$ 5.062.630,98 |
| Total economia (VP) | R\$ 3.176.630,98 |
| % de economia (VP) | 62,75% |
| Energia gerada em 25 anos | 9.830.627 |
| Estimativa R\$/kWh Sistema Fotovoltaico | R\$ 0,25 |
| Estimativa R\$/kWh para 2016 | R\$ 0,48 |

Fonte: Elaborada pelo autor

Com a simplificação do projeto, o tempo de retorno do investimento cai para 115 meses, o que torna o investimento muito mais atrativo. O aspecto financeiro é importante porque na maioria das vezes é ele que mais pesa nas decisões de investimento em novos projetos por partes das empresas.

5. CONCLUSÕES

O Brasil possui uma das energias elétricas mais caras do mundo, o que faz com que a indústria nacional perca competitividade. Além disso, sua matriz energética é pouco diversificada, fazendo com que mudanças climáticas gerem crises energéticas. Aliado a isso, existe uma tendência mundial para a sustentabilidade dos recursos e o uso de energia elétrica de fontes renováveis.

O presente trabalho teve como objetivo verificar a viabilidade legal, técnica e econômica da instalação de geração de energia fotovoltaica no aeroporto de Joinville Lauro Carneiro de Loyola.

Do ponto de vista legal, algumas restrições se aplicam ao tamanho do sistema, sendo possível com o atual contrato em vigor, suprir em torno de 34% do consumo de energia elétrica o aeroporto com o sistema fotovoltaicos. A viabilidade técnica também foi comprovada, é possível executar o projeto com equipamentos e mão-de-obra disponíveis no mercado brasileiro.

A análise econômica também provou que o projeto é viável e tem um tempo de retorno de investimento de 150 meses. Com a simplificação do projeto, esse tempo cai para 115 meses, o que o torna ainda mais atrativo.

Portanto, conclui-se que o sistema fotovoltaico projetado além de ser viável, beneficia o sistema elétrico como um todo. Tanto no benefício econômico para aeroporto, como no benefício para a concessionária de energia elétrica que postergar investimentos em distribuição de energia e melhorar a qualidade da energia elétrica entregue a seus consumidores.

Um ponto importante é a questão da eficiência energia. Em projetos fotovoltaicos do porte do aeroporto de Joinville, deve-se primeiramente estabelecer uma estratégia de eficiência energética. Ações de eficiência energética precedendo projetos fotovoltaicos são de suma importância, pois assim projeta-se um sistema mais enxuto, com um custo menor e atendendo todas as necessidades da edificação de forma eficiente.

Pode-se concluir também que se esse sistema é viável mesmo estando localizado na região de menor radiação solar do Brasil, então esse tipo de

geração fotovoltaica pode ser ainda mais vantajoso em outras regiões do país, fazendo com que o retorno do investimento seja em tempo ainda menor.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL), **Matriz de Energia Elétrica**. Disponível em:<www.aneel.gov.br/15.htm.> Acesso em 25 out. 2015.

BRAUN, P.; JARDIM, C. S.; RÜTHER, R.; “**Análise Da Contribuição Energética De Sistemas Fotovoltaicos Integrados Em Edificações: Aeroporto Internacional De Florianópolis, Um Estudo De Caso.**” *Enac*. 2007.

EPIA. **Global Market Outlook For Photovoltaics 2014-2018**. Brussels, 2014.

FREIRE, W. P.; **Matemática Financeira**. UFJF Rio de Janeiro, 2009.

FIRJAN - **Quanto custa a energia elétrica para a indústria no Brasil?**

Disponível em:

<<http://www.firjan.com.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=2C908A8F4EBC426A014EC144C72E2A51&inline=1>> Acesso em 23 set. 2015.

FIESC – Federação das indústrias de Santa Catarina. Disponível em:

<http://www.acij.com.br/evento/show/slug/efici-ncia-energ-tica-tema-de-palestra-na-acij-1>. Acesso em: 25 set.2015.

GHENSEV, A. “**Materiais E Processos De Fabricação De Células Fotovoltaicas.**” *Monografia*. UFLA, 2006.

GREEN, M. A.; **Silicon Photovoltaic Modules: A Brief History of the First 50 Years** Wiley InterScience Sydney, Austrália p. 447, 2005.

GOOGLE EARTH, Disponível em: <http://earth.google.com/intl/pt-BR/>.

INFRAERO. EMPRESA BRASILEIRA DE INFRA-ESTRUTURA AEROPORTUÁRIA. Disponível em <<http://www.infraero.gov.br/>> .

INFRAERO. **Aeroporto de Joinville**. Disponível em: <<http://www.infraero.gov.br/>.> Acessado em: 17 mai. 2015.

JARDIM, C. S., **A inserção da geração solar fotovoltaica em alimentadores urbanos enfocando a redução do pico de demanda diurno**. Tese de doutorado UFSC, 2007.

JARDIM, C. S.; RÜTHER, R.; SALAMONI, I.; VIANA, T.; REBECHI, S.; KNOB, P. **The strategic siting and the roofing area requirements of building-integrated photovoltaic solar energy generators in urban areas in Brazil**. *Energy and Buildings*, v. 40, issue 3, pp 365-370, 2008.

KNOB, P., RÜTHER, R., JARDIM, C., BEYER, H. **Investigating the peak demand reduction capability of PV: a case study in Florianópolis, South**

Brazil.19th European Photovoltaic. Solar Energy Conference and Exhibition, p. 7-11 June, Paris, 2004.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisas Energéticas, 2012.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; ABREU, S. L.; RÜTHER, R. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. São José dos Campos: INPE, 2006.

PERLIN, J.; KAZMERSKI, L.; MOON, S. **Silicon solar cell turns 50**. National Renewable Energy Laboratory, EUA, 2004.

PINHO, J. T.; Galdino M. A.; **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL – CRESESB, 2014.

PUCCINI, E. C.; **Matemática Financeira**. Sistema Universidade Aberta do Brasil. Rio de Janeiro, 2007.

RÜTHER, R.; **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil**. Florianópolis: LABSOLAR, 2004.

RÜTHER, R.; BRAUN, P. Solar Airports: **A future multi-billion euro PV Market?** Refocus, v. 6, issue 4, pp 30-34 July-August 2005.

RÜTHER, R.; BRAUN, P. **Potencial da contribuição da energia fotovoltaica integrada à edificação de aeroportos em climas quentes**. Solar Energy, 83, pp. 1923-1931, 2009.

UFRGS. **Radiasol 2**. Porto Alegre, 2002. Disponível em <<http://www.solar.ufrgs.br/>>. Acesso em abril de 2015.

SIEMER J. **First steps into the solar age Photon International** p.65, 2004.

VALLÊRA, A.; BRITO M.; **“Meio Século De História Fotovoltaica.”** *Gazeta de Física*, 2006: 10-15.

VILLALVA, M.; GRADELLA, M.; GAZOLI, J.; **Energia Solar Fotovoltaica Conceitos e Aplicações**. São Paulo : Érica, 2012.

APÊNDICE A – Lista de materiais para o projeto fotovoltaico

| Quantidade | Item | Modelo | Marca |
|-------------------|---------------------|---|--------------------|
| 936 | Painel Fotovoltaico | YL260P-29b | Yingler Solar |
| 390 | Painel Fotovoltaico | FLEX-01 210W | Miasolé |
| 72 | Disjuntor CC | A9N61658 | Schneider Electric |
| 22 | Disjuntor CC | A9N61529 | Schneider Electric |
| 29 | Disjuntor CA | 25 A trifasico | GE |
| 1 | Disjuntor CA | 63 A trifasico | GE |
| 2000 | Cabo de energia | Cabo flexível 750V - #10mm ² - Azul | CORFIO |
| 2000 | Cabo de energia | Cabo flexível 750V - #10mm ² - Preto | CORFIO |
| 2000 | Cabo de energia | Cabo flexível 750V - #10mm ² - Verde | CORFIO |
| 2000 | Cabo de energia | Cabo flexível 750V - #10mm ² - Branco | CORFIO |
| 2000 | Cabo de energia | Cabo flexível 750V - #10mm ² - Vermelho | CORFIO |
| 5000 | Cabo de energia | Cabo Nax HEPR 90º Dupla isolação - 1kV - #6mm ² - Vermelho | CORFIO |
| 5000 | Cabo de energia | Cabo Nax HEPR 90º Dupla isolação - 1kV - #6mm ² - Preto | CORFIO |
| 190 | Estrutura Metálica | Perfil alumínio ultralight 5 metros | K2 Systems |
| 1900 | Estrutura Metálica | Parafuso Estrutural | K2 Systems |
| 1900 | Estrutura Metálica | Porca Martelo M10 - 28/15 | K2 Systems |
| 1900 | Estrutura Metálica | Parafuso Martelo M10 - 28/15 | K2 Systems |
| 94 | Conector | MC4 Positivo | Multi Contact |
| 94 | Conector | MC4 Negativo | Multi Contact |
| 5 | Inversor | ABB PVI 10 TL- OUTD -S | ABB |
| 18 | Inversor | ABB PVI 12.5 TL- OUTD -S | ABB |
| 6 | Inversor | ABB PVI 8 TL- OUTD -S | ABB |

APÊNDICE B – Tabela de tempo de Retorno de Investimento

| Mês | Geração kWh | Eficiência geração* | Geração kWh | Valor kWh | Aumento tarifário* | Economia | Economias acumuladas | Valor Presente (Fluxo de caixa descontado) | Fluxo de caixa descontado acumulado |
|-----|-------------|---------------------|-------------|-----------|--------------------|-----------|----------------------|--|-------------------------------------|
| 1 | dez/15 | 36550 | 100,00% | 36.550,00 | 0,44 | 16.082,00 | 16.082,00 | 15.991,58 | 15.991,58 |
| 2 | jan/16 | 36550 | 99,93% | 36.524,71 | 0,44 | 16.070,87 | 32.152,87 | 15.890,67 | 31.882,25 |
| 3 | fev/16 | 36550 | 99,86% | 36.499,41 | 0,44 | 16.059,74 | 48.212,61 | 15.790,38 | 47.672,63 |
| 4 | mar/16 | 36550 | 99,79% | 36.474,12 | 0,44 | 16.048,61 | 64.261,23 | 15.690,72 | 63.363,35 |
| 5 | abr/16 | 36550 | 99,72% | 36.448,83 | 0,44 | 16.037,49 | 80.298,71 | 15.591,68 | 78.955,04 |
| 6 | mai/16 | 36550 | 99,65% | 36.423,54 | 0,44 | 16.026,36 | 96.325,07 | 15.493,26 | 94.448,30 |
| 7 | jun/16 | 36550 | 99,58% | 36.398,24 | 0,44 | 16.015,23 | 112.340,30 | 15.395,46 | 109.843,76 |
| 8 | jul/16 | 36550 | 99,52% | 36.372,95 | 0,44 | 16.004,10 | 128.344,39 | 15.298,26 | 125.142,02 |
| 9 | ago/16 | 36550 | 99,45% | 36.347,66 | 0,48 | 17.353,97 | 145.698,37 | 16.495,33 | 141.637,35 |
| 10 | set/16 | 36550 | 99,38% | 36.322,37 | 0,48 | 17.341,90 | 163.040,26 | 16.391,18 | 158.028,52 |
| 11 | out/16 | 36550 | 99,31% | 36.297,07 | 0,48 | 17.329,82 | 180.370,08 | 16.287,67 | 174.316,19 |
| 12 | nov/16 | 36550 | 99,24% | 36.271,78 | 0,48 | 17.317,74 | 197.687,83 | 16.184,81 | 190.501,00 |
| 13 | dez/16 | 36550 | 99,17% | 36.246,49 | 0,48 | 17.305,67 | 214.993,50 | 16.082,59 | 206.583,59 |
| 14 | jan/17 | 36550 | 99,10% | 36.221,20 | 0,48 | 17.293,59 | 232.287,09 | 15.981,01 | 222.564,60 |
| 15 | fev/17 | 36550 | 99,03% | 36.195,90 | 0,48 | 17.281,52 | 249.568,61 | 15.880,06 | 238.444,66 |
| 16 | mar/17 | 36550 | 98,96% | 36.170,61 | 0,48 | 17.269,44 | 266.838,05 | 15.779,74 | 254.224,40 |
| 17 | abr/17 | 36550 | 98,89% | 36.145,32 | 0,48 | 17.257,37 | 284.095,41 | 15.680,05 | 269.904,45 |
| 18 | mai/17 | 36550 | 98,82% | 36.120,03 | 0,48 | 17.245,29 | 301.340,70 | 15.580,98 | 285.485,43 |
| 19 | jun/17 | 36550 | 98,75% | 36.094,73 | 0,48 | 17.233,21 | 318.573,92 | 15.482,53 | 300.967,96 |
| 20 | jul/17 | 36550 | 98,69% | 36.069,44 | 0,48 | 17.221,14 | 335.795,05 | 15.384,69 | 316.352,66 |
| 21 | ago/17 | 36550 | 98,62% | 36.044,15 | 0,52 | 18.673,55 | 354.468,61 | 16.588,43 | 332.941,09 |
| 22 | set/17 | 36550 | 98,55% | 36.018,86 | 0,52 | 18.660,45 | 373.129,06 | 16.483,59 | 349.424,68 |
| 23 | out/17 | 36550 | 98,48% | 35.993,56 | 0,52 | 18.647,35 | 391.776,40 | 16.379,41 | 365.804,09 |
| 24 | nov/17 | 36550 | 98,41% | 35.968,27 | 0,52 | 18.634,24 | 410.410,65 | 16.275,87 | 382.079,96 |
| 25 | dez/17 | 36550 | 98,34% | 35.942,98 | 0,52 | 18.621,14 | 429.031,79 | 16.172,98 | 398.252,94 |
| 26 | jan/18 | 36550 | 98,27% | 35.917,69 | 0,52 | 18.608,04 | 447.639,82 | 16.070,73 | 414.323,67 |
| 27 | fev/18 | 36550 | 98,20% | 35.892,39 | 0,52 | 18.594,93 | 466.234,75 | 15.969,12 | 430.292,80 |
| 28 | mar/18 | 36550 | 98,13% | 35.867,10 | 0,52 | 18.581,83 | 484.816,58 | 15.868,15 | 446.160,95 |
| 29 | abr/18 | 36550 | 98,06% | 35.841,81 | 0,52 | 18.568,73 | 503.385,31 | 15.767,81 | 461.928,75 |
| 30 | mai/18 | 36550 | 97,99% | 35.816,51 | 0,52 | 18.555,62 | 521.940,93 | 15.668,09 | 477.596,84 |
| 31 | jun/18 | 36550 | 97,92% | 35.791,22 | 0,52 | 18.542,52 | 540.483,45 | 15.569,00 | 493.165,84 |
| 32 | jul/18 | 36550 | 97,85% | 35.765,93 | 0,52 | 18.529,42 | 559.012,87 | 15.470,52 | 508.636,36 |
| 33 | ago/18 | 36550 | 97,79% | 35.740,64 | 0,56 | 20.092,05 | 579.104,92 | 16.680,88 | 525.317,24 |
| 34 | set/18 | 36550 | 97,72% | 35.715,34 | 0,56 | 20.077,83 | 599.182,75 | 16.575,35 | 541.892,59 |
| 35 | out/18 | 36550 | 97,65% | 35.690,05 | 0,56 | 20.063,61 | 619.246,36 | 16.470,49 | 558.363,08 |
| 36 | nov/18 | 36550 | 97,58% | 35.664,76 | 0,56 | 20.049,39 | 639.295,76 | 16.366,28 | 574.729,36 |
| 37 | dez/18 | 36550 | 97,51% | 35.639,47 | 0,56 | 20.035,18 | 659.330,93 | 16.262,72 | 590.992,08 |
| 38 | jan/19 | 36550 | 97,44% | 35.614,17 | 0,56 | 20.020,96 | 679.351,89 | 16.159,81 | 607.151,89 |
| 39 | fev/19 | 36550 | 97,37% | 35.588,88 | 0,56 | 20.006,74 | 699.358,63 | 16.057,54 | 623.209,43 |
| 40 | mar/19 | 36550 | 97,30% | 35.563,59 | 0,56 | 19.992,52 | 719.351,15 | 15.955,91 | 639.165,34 |
| 41 | abr/19 | 36550 | 97,23% | 35.538,30 | 0,56 | 19.978,30 | 739.329,45 | 15.854,92 | 655.020,26 |
| 42 | mai/19 | 36550 | 97,16% | 35.513,00 | 0,56 | 19.964,08 | 759.293,53 | 15.754,56 | 670.774,81 |
| 43 | jun/19 | 36550 | 97,09% | 35.487,71 | 0,56 | 19.949,86 | 779.243,40 | 15.654,82 | 686.429,63 |
| 44 | jul/19 | 36550 | 97,02% | 35.462,42 | 0,56 | 19.935,65 | 799.179,04 | 15.555,71 | 701.985,34 |
| 45 | ago/19 | 36550 | 96,96% | 35.437,13 | 0,61 | 21.616,74 | 820.795,78 | 16.772,63 | 718.757,97 |
| 46 | set/19 | 36550 | 96,89% | 35.411,83 | 0,61 | 21.601,31 | 842.397,10 | 16.666,42 | 735.424,39 |
| 47 | out/19 | 36550 | 96,82% | 35.386,54 | 0,61 | 21.585,88 | 863.982,98 | 16.560,88 | 751.985,26 |
| 48 | nov/19 | 36550 | 96,75% | 35.361,25 | 0,61 | 21.570,46 | 885.553,44 | 16.456,00 | 768.441,26 |
| 49 | dez/19 | 36550 | 96,68% | 35.335,96 | 0,61 | 21.555,03 | 907.108,46 | 16.351,77 | 784.793,03 |
| 50 | jan/20 | 36550 | 96,61% | 35.310,66 | 0,61 | 21.539,60 | 928.648,06 | 16.248,20 | 801.041,23 |
| 51 | fev/20 | 36550 | 96,54% | 35.285,37 | 0,61 | 21.524,17 | 950.172,23 | 16.145,27 | 817.186,50 |
| 52 | mar/20 | 36550 | 96,47% | 35.260,08 | 0,61 | 21.508,74 | 971.680,97 | 16.042,99 | 833.229,49 |
| 53 | abr/20 | 36550 | 96,40% | 35.234,78 | 0,61 | 21.493,31 | 993.174,28 | 15.941,35 | 849.170,84 |
| 54 | mai/20 | 36550 | 96,33% | 35.209,49 | 0,61 | 21.477,88 | 1.014.652,17 | 15.840,34 | 865.011,18 |
| 55 | jun/20 | 36550 | 96,26% | 35.184,20 | 0,61 | 21.462,46 | 1.036.114,62 | 15.739,96 | 880.751,14 |
| 56 | jul/20 | 36550 | 96,19% | 35.158,91 | 0,61 | 21.447,03 | 1.057.561,65 | 15.640,22 | 896.391,36 |
| 57 | ago/20 | 36550 | 96,12% | 35.133,61 | 0,66 | 23.255,43 | 1.080.817,08 | 16.863,64 | 913.255,00 |
| 58 | set/20 | 36550 | 96,06% | 35.108,32 | 0,66 | 23.238,69 | 1.104.055,76 | 16.756,76 | 930.011,76 |
| 59 | out/20 | 36550 | 95,99% | 35.083,03 | 0,66 | 23.221,94 | 1.127.277,71 | 16.650,54 | 946.662,30 |
| 60 | nov/20 | 36550 | 95,92% | 35.057,74 | 0,66 | 23.205,20 | 1.150.482,91 | 16.544,99 | 963.207,29 |
| 61 | dez/20 | 36550 | 95,85% | 35.032,44 | 0,66 | 23.188,46 | 1.173.671,37 | 16.440,10 | 979.647,39 |
| 62 | jan/21 | 36550 | 95,78% | 35.007,15 | 0,66 | 23.171,72 | 1.196.843,09 | 16.335,86 | 995.983,25 |
| 63 | fev/21 | 36550 | 95,71% | 34.981,86 | 0,66 | 23.155,00 | 1.219.998,07 | 16.232,28 | 1.012.215,53 |
| 64 | mar/21 | 36550 | 95,64% | 34.956,57 | 0,66 | 23.138,24 | 1.243.136,31 | 16.129,35 | 1.028.344,88 |
| 65 | abr/21 | 36550 | 95,57% | 34.931,27 | 0,66 | 23.121,50 | 1.266.257,80 | 16.027,06 | 1.044.371,93 |
| 66 | mai/21 | 36550 | 95,50% | 34.905,98 | 0,66 | 23.104,75 | 1.289.362,55 | 15.925,41 | 1.060.297,34 |
| 67 | jun/21 | 36550 | 95,43% | 34.880,69 | 0,66 | 23.088,01 | 1.312.450,57 | 15.824,40 | 1.076.121,74 |
| 68 | jul/21 | 36550 | 95,36% | 34.855,40 | 0,66 | 23.071,27 | 1.335.521,84 | 15.724,01 | 1.091.845,75 |
| 69 | ago/21 | 36550 | 95,29% | 34.830,10 | 0,72 | 25.016,47 | 1.360.538,31 | 16.953,89 | 1.108.799,64 |
| 70 | set/21 | 36550 | 95,23% | 34.804,81 | 0,72 | 24.998,30 | 1.385.536,61 | 16.846,32 | 1.125.645,96 |
| 71 | out/21 | 36550 | 95,16% | 34.779,52 | 0,72 | 24.980,14 | 1.410.516,75 | 16.739,44 | 1.142.385,40 |
| 72 | nov/21 | 36550 | 95,09% | 34.754,23 | 0,72 | 24.961,97 | 1.435.478,72 | 16.633,22 | 1.159.018,61 |
| 73 | dez/21 | 36550 | 95,02% | 34.728,93 | 0,72 | 24.943,80 | 1.460.422,52 | 16.527,66 | 1.175.546,27 |
| 74 | jan/22 | 36550 | 94,95% | 34.703,64 | 0,72 | 24.925,64 | 1.485.348,16 | 16.422,77 | 1.191.969,04 |
| 75 | fev/22 | 36550 | 94,88% | 34.678,35 | 0,72 | 24.907,47 | 1.510.255,63 | 16.318,53 | 1.208.287,57 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|--------|-------|--------|-----------|------|-------|-----------|--------------|-----------|--------------|
| 76 | mar/22 | 36550 | 94,81% | 34.653,05 | 0,72 | | 24.889,31 | 1.535.144,94 | 16.214,95 | 1.224.502,52 |
| 77 | abr/22 | 36550 | 94,74% | 34.627,76 | 0,72 | | 24.871,14 | 1.560.016,08 | 16.112,01 | 1.240.614,53 |
| 78 | mai/22 | 36550 | 94,67% | 34.602,47 | 0,72 | | 24.852,97 | 1.584.869,05 | 16.009,72 | 1.256.624,25 |
| 79 | jun/22 | 36550 | 94,60% | 34.577,18 | 0,72 | | 24.834,81 | 1.609.703,86 | 15.908,07 | 1.272.532,33 |
| 80 | jul/22 | 36550 | 94,53% | 34.551,88 | 0,72 | | 24.816,64 | 1.634.520,50 | 15.807,06 | 1.288.339,39 |
| 81 | ago/22 | 36550 | 94,46% | 34.526,59 | 0,78 | 8,51% | 26.908,82 | 1.661.429,33 | 17.043,32 | 1.305.382,71 |
| 82 | set/22 | 36550 | 94,39% | 34.501,30 | 0,78 | | 26.889,11 | 1.688.318,44 | 16.935,08 | 1.322.317,79 |
| 83 | out/22 | 36550 | 94,33% | 34.476,01 | 0,78 | | 26.869,40 | 1.715.187,84 | 16.827,52 | 1.339.145,31 |
| 84 | nov/22 | 36550 | 94,26% | 34.450,71 | 0,78 | | 26.849,69 | 1.742.037,53 | 16.720,64 | 1.355.865,95 |
| 85 | dez/22 | 36550 | 94,19% | 34.425,42 | 0,78 | | 26.829,98 | 1.768.867,50 | 16.614,42 | 1.372.480,37 |
| 86 | jan/23 | 36550 | 94,12% | 34.400,13 | 0,78 | | 26.810,26 | 1.795.677,77 | 16.508,87 | 1.388.989,24 |
| 87 | fev/23 | 36550 | 94,05% | 34.374,84 | 0,78 | | 26.790,55 | 1.822.468,32 | 16.403,98 | 1.405.393,22 |
| 88 | mar/23 | 36550 | 93,98% | 34.349,54 | 0,78 | | 26.770,84 | 1.849.239,16 | 16.299,75 | 1.421.692,97 |
| 89 | abr/23 | 36550 | 93,91% | 34.324,25 | 0,78 | | 26.751,13 | 1.875.990,29 | 16.196,17 | 1.437.889,15 |
| 90 | mai/23 | 36550 | 93,84% | 34.298,96 | 0,78 | | 26.731,42 | 1.902.721,70 | 16.093,24 | 1.453.982,39 |
| 91 | jun/23 | 36550 | 93,77% | 34.273,67 | 0,78 | | 26.711,70 | 1.929.433,41 | 15.990,96 | 1.469.973,35 |
| 92 | jul/23 | 36550 | 93,70% | 34.248,37 | 0,78 | | 26.691,99 | 1.956.125,40 | 15.889,32 | 1.485.862,68 |
| 93 | ago/23 | 36550 | 93,63% | 34.223,08 | 0,85 | 8,51% | 28.942,09 | 1.985.067,49 | 17.131,90 | 1.502.994,58 |
| 94 | set/23 | 36550 | 93,56% | 34.197,79 | 0,85 | | 28.920,70 | 2.013.988,19 | 17.022,99 | 1.520.017,57 |
| 95 | out/23 | 36550 | 93,50% | 34.172,50 | 0,85 | | 28.899,31 | 2.042.887,50 | 16.914,76 | 1.536.932,33 |
| 96 | nov/23 | 36550 | 93,43% | 34.147,20 | 0,85 | | 28.877,92 | 2.071.765,42 | 16.807,21 | 1.553.739,55 |
| 97 | dez/23 | 36550 | 93,36% | 34.121,91 | 0,85 | | 28.856,53 | 2.100.621,95 | 16.700,34 | 1.570.439,88 |
| 98 | jan/24 | 36550 | 93,29% | 34.096,62 | 0,85 | | 28.835,14 | 2.129.457,09 | 16.594,13 | 1.587.034,02 |
| 99 | fev/24 | 36550 | 93,22% | 34.071,33 | 0,85 | | 28.813,75 | 2.158.270,84 | 16.488,59 | 1.603.522,61 |
| 100 | mar/24 | 36550 | 93,15% | 34.046,03 | 0,85 | | 28.792,36 | 2.187.063,20 | 16.383,72 | 1.619.906,33 |
| 101 | abr/24 | 36550 | 93,08% | 34.020,74 | 0,85 | | 28.770,97 | 2.215.834,18 | 16.279,50 | 1.636.185,83 |
| 102 | mai/24 | 36550 | 93,01% | 33.995,45 | 0,85 | | 28.749,58 | 2.244.583,76 | 16.175,94 | 1.652.361,77 |
| 103 | jun/24 | 36550 | 92,94% | 33.970,15 | 0,85 | | 28.728,19 | 2.273.311,95 | 16.073,02 | 1.668.434,79 |
| 104 | jul/24 | 36550 | 92,87% | 33.944,86 | 0,85 | | 28.706,80 | 2.302.018,76 | 15.970,75 | 1.684.405,54 |
| 105 | ago/24 | 36550 | 92,80% | 33.919,57 | 0,92 | 8,51% | 31.126,54 | 2.333.145,30 | 17.219,59 | 1.701.625,13 |
| 106 | set/24 | 36550 | 92,73% | 33.894,28 | 0,92 | | 31.103,33 | 2.364.248,63 | 17.110,01 | 1.718.735,14 |
| 107 | out/24 | 36550 | 92,66% | 33.868,98 | 0,92 | | 31.080,12 | 2.395.328,75 | 17.001,11 | 1.735.736,26 |
| 108 | nov/24 | 36550 | 92,60% | 33.843,69 | 0,92 | | 31.056,91 | 2.426.385,67 | 16.892,90 | 1.752.629,16 |
| 109 | dez/24 | 36550 | 92,53% | 33.818,40 | 0,92 | | 31.033,70 | 2.457.419,37 | 16.785,37 | 1.769.414,53 |
| 110 | jan/25 | 36550 | 92,46% | 33.793,11 | 0,92 | | 31.010,49 | 2.488.429,86 | 16.678,51 | 1.786.093,04 |
| 111 | fev/25 | 36550 | 92,39% | 33.767,81 | 0,92 | | 30.987,28 | 2.519.417,14 | 16.572,33 | 1.802.665,37 |
| 112 | mar/25 | 36550 | 92,32% | 33.742,52 | 0,92 | | 30.964,07 | 2.550.381,22 | 16.466,81 | 1.819.132,18 |
| 113 | abr/25 | 36550 | 92,25% | 33.717,23 | 0,92 | | 30.940,86 | 2.581.322,08 | 16.361,95 | 1.835.494,14 |
| 114 | mai/25 | 36550 | 92,18% | 33.691,94 | 0,92 | | 30.917,65 | 2.612.239,73 | 16.257,76 | 1.851.751,90 |
| 115 | jun/25 | 36550 | 92,11% | 33.666,64 | 0,92 | | 30.894,44 | 2.643.134,18 | 16.154,21 | 1.867.906,11 |
| 116 | jul/25 | 36550 | 92,04% | 33.641,35 | 0,92 | | 30.871,23 | 2.674.005,41 | 16.051,32 | 1.883.957,43 |
| 117 | ago/25 | 36550 | 91,97% | 33.616,06 | 1,00 | 8,51% | 33.473,19 | 2.707.478,60 | 17.306,34 | 1.901.263,77 |
| 118 | set/25 | 36550 | 91,90% | 33.590,77 | 1,00 | | 33.448,00 | 2.740.926,60 | 17.196,09 | 1.918.459,86 |
| 119 | out/25 | 36550 | 91,83% | 33.565,47 | 1,00 | | 33.422,82 | 2.774.349,42 | 17.086,53 | 1.935.546,40 |
| 120 | nov/25 | 36550 | 91,77% | 33.540,18 | 1,00 | | 33.397,63 | 2.807.747,06 | 16.977,66 | 1.952.524,06 |
| 121 | dez/25 | 36550 | 91,70% | 33.514,89 | 1,00 | | 33.372,45 | 2.841.119,51 | 16.869,48 | 1.969.393,54 |
| 122 | jan/26 | 36550 | 91,63% | 33.489,60 | 1,00 | | 33.347,26 | 2.874.466,77 | 16.761,97 | 1.986.155,51 |
| 123 | fev/26 | 36550 | 91,56% | 33.464,30 | 1,00 | | 33.322,08 | 2.907.788,85 | 16.655,14 | 2.002.810,66 |
| 124 | mar/26 | 36550 | 91,49% | 33.439,01 | 1,00 | | 33.296,89 | 2.941.085,74 | 16.548,98 | 2.019.359,64 |
| 125 | abr/26 | 36550 | 91,42% | 33.413,72 | 1,00 | | 33.271,71 | 2.974.357,45 | 16.443,49 | 2.035.803,13 |
| 126 | mai/26 | 36550 | 91,35% | 33.388,42 | 1,00 | | 33.246,52 | 3.007.603,98 | 16.338,67 | 2.052.141,80 |
| 127 | jun/26 | 36550 | 91,28% | 33.363,13 | 1,00 | | 33.221,34 | 3.040.825,32 | 16.234,50 | 2.068.376,30 |
| 128 | jul/26 | 36550 | 91,21% | 33.337,84 | 1,00 | | 33.196,15 | 3.074.021,47 | 16.130,98 | 2.084.507,28 |
| 129 | ago/26 | 36550 | 91,14% | 33.312,55 | 1,08 | 8,51% | 35.993,82 | 3.110.015,29 | 17.392,11 | 2.101.899,39 |
| 130 | set/26 | 36550 | 91,07% | 33.287,25 | 1,08 | | 35.966,49 | 3.145.981,78 | 17.281,20 | 2.119.180,58 |
| 131 | out/26 | 36550 | 91,00% | 33.261,96 | 1,08 | | 35.939,16 | 3.181.920,94 | 17.170,98 | 2.136.351,56 |
| 132 | nov/26 | 36550 | 90,93% | 33.236,67 | 1,08 | | 35.911,83 | 3.217.832,77 | 17.061,45 | 2.153.413,02 |
| 133 | dez/26 | 36550 | 90,87% | 33.211,38 | 1,08 | | 35.884,50 | 3.253.717,28 | 16.952,62 | 2.170.365,63 |
| 134 | jan/27 | 36550 | 90,80% | 33.186,08 | 1,08 | | 35.857,18 | 3.289.574,45 | 16.844,47 | 2.187.210,10 |
| 135 | fev/27 | 36550 | 90,73% | 33.160,79 | 1,08 | | 35.829,85 | 3.325.404,30 | 16.736,99 | 2.203.947,09 |
| 136 | mar/27 | 36550 | 90,66% | 33.135,50 | 1,08 | | 35.802,52 | 3.361.206,82 | 16.630,20 | 2.220.577,29 |
| 137 | abr/27 | 36550 | 90,59% | 33.110,21 | 1,08 | | 35.775,19 | 3.396.982,01 | 16.524,08 | 2.237.101,37 |
| 138 | mai/27 | 36550 | 90,52% | 33.084,91 | 1,08 | | 35.747,86 | 3.432.729,87 | 16.418,62 | 2.253.519,99 |
| 139 | jun/27 | 36550 | 90,45% | 33.059,62 | 1,08 | | 35.720,53 | 3.468.450,41 | 16.313,83 | 2.269.833,81 |
| 140 | jul/27 | 36550 | 90,38% | 33.034,33 | 1,08 | | 35.693,21 | 3.504.143,61 | 16.209,69 | 2.286.043,51 |
| 141 | ago/27 | 36550 | 90,31% | 33.009,04 | 1,17 | 8,51% | 38.701,04 | 3.542.844,66 | 17.476,86 | 2.303.520,36 |
| 142 | set/27 | 36550 | 90,24% | 32.983,74 | 1,17 | | 38.671,39 | 3.581.516,05 | 17.365,28 | 2.320.885,64 |
| 143 | out/27 | 36550 | 90,17% | 32.958,45 | 1,17 | | 38.641,74 | 3.620.157,78 | 17.254,40 | 2.338.140,04 |
| 144 | nov/27 | 36550 | 90,10% | 32.933,16 | 1,17 | | 38.612,08 | 3.658.769,87 | 17.144,23 | 2.355.284,27 |
| 145 | dez/27 | 36550 | 90,04% | 32.907,87 | 1,17 | | 38.582,43 | 3.697.352,29 | 17.034,74 | 2.372.319,01 |
| 146 | jan/28 | 36550 | 89,97% | 32.882,57 | 1,17 | | 38.552,77 | 3.735.905,07 | 16.925,95 | 2.389.244,96 |
| 147 | fev/28 | 36550 | 89,90% | 32.857,28 | 1,17 | | 38.523,12 | 3.774.428,19 | 16.817,84 | 2.406.062,80 |
| 148 | mar/28 | 36550 | 89,83% | 32.831,99 | 1,17 | | 38.493,47 | 3.812.921,65 | 16.710,41 | 2.422.773,21 |
| 149 | abr/28 | 36550 | 89,76% | 32.806,70 | 1,17 | | 38.463,81 | 3.851.385,46 | 16.603,66 | 2.439.376,87 |
| 150 | mai/28 | 36550 | 89,69% | 32.781,40 | 1,17 | | 38.434,16 | 3.889.819,62 | 16.497,58 | 2.455.874,44 |
| 151 | jun/28 | 36550 | 89,62% | 32.756,11 | 1,17 | | 38.404,50 | 3.928.224,13 | 16.392,16 | 2.472.266,61 |
| 152 | jul/28 | 36550 | 89,55% | 32.730,82 | 1,17 | | 38.374,85 | 3.966.598,98 | 16.287,42 | 2.488.554,02 |
| 153 | ago/28 | 36550 | 89,48% | 32.705,52 | 1,27 | 8,51% | 41.608,37 | 4.008.207,35 | 17.560,53 | 2.506.114,55 |

Apêndice C – Memorial de Cálculo

Cabo CA

| | |
|-----------------------|-----------------------------|
| Corrente de projeto | 22 |
| K agrupamento | 0,8 |
| Corrente corrigida I | 27,5 |
| K temperatura | 0,79 |
| Corrente corrigida II | 34,81013 |
| Queda de tensão | 1,20% |
| Cabo escolhido: | #10mm ² Flex 70º |

| | |
|--------------------------------|--------|
| Capacidade de corrente do cabo | 41 |
| K agrupamento | 0,8 |
| K temperatura | 0,79 |
| Nova capacidade corrente | 25,912 |

| | |
|---------------------|----|
| Disjuntor escolhido | 25 |
|---------------------|----|

Cabo CC

| | |
|-----------------------|----------------------------|
| Corrente de projeto | 9 |
| K agrupamento | 0,7 |
| Corrente corrigida I | 12,85714 |
| K temperatura | 0,71 |
| Corrente corrigida II | 18,10865 |
| Queda de tensão | 1,20% |
| Cabo escolhido: | #6mm ² SinteNax |

| | |
|--------------------------------|--------|
| Capacidade de corrente do cabo | 54 |
| K agrupamento | 0,7 |
| K temperatura | 0,71 |
| Nova capacidade corrente | 26,838 |

| | |
|---------------------|----|
| Disjuntor escolhido | 13 |
|---------------------|----|

ANEXOS

YGE 60 Cell 40mm SERIES

ELECTRICAL PERFORMANCE

Electrical parameters at Standard Test Conditions (STC)

| Module type | | | YLG60P-29b (60cell-P _{max}) | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------|---|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | | | 280 | 295 | 250 | 245 | 240 | 235 | 230 |
| Power output | P _{max} | W | 280 | 295 | 250 | 245 | 240 | 235 | 230 |
| Power output tolerances | ΔP _{max} | W | 0 / 5 | | | | | | |
| Module efficiency | η _m | % | 15.9 | 15.6 | 15.3 | 15.0 | 14.7 | 14.4 | 14.1 |
| Voltage at P _{max} | V _{mp} | V | 30.9 | 30.6 | 30.4 | 30.2 | 29.5 | 29.5 | 29.5 |
| Current at P _{max} | I _{mp} | A | 8.41 | 8.32 | 8.24 | 8.11 | 8.14 | 7.97 | 7.80 |
| Open-circuit voltage | V _{oc} | V | 38.9 | 38.7 | 38.4 | 37.8 | 37.5 | 37.0 | 37.0 |
| Short-circuit current | I _{sc} | A | 8.98 | 8.88 | 8.79 | 8.63 | 8.65 | 8.54 | 8.40 |

STC: 1000W/m² irradiance, 25°C cell temperature, AM1.5g spectrum according to EN 60904-3.
Average relative efficiency reduction of 3% at 200W/m² according to EN 60904-1.

Electrical parameters at Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)

| Module type | | | YLG60P-29b (60cell-P _{max}) | | | | | | |
|-----------------------------|------------------|---|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 188.3 | 184.7 | 181.1 | 177.9 | 174.3 | 170.7 | 167.0 |
| Power output | P _{max} | W | 188.3 | 184.7 | 181.1 | 177.9 | 174.3 | 170.7 | 167.0 |
| Voltage at P _{max} | V _{mp} | V | 28.1 | 27.9 | 27.6 | 27.2 | 26.6 | 26.6 | 26.6 |
| Current at P _{max} | I _{mp} | A | 6.70 | 6.63 | 6.56 | 6.54 | 6.56 | 6.42 | 6.29 |
| Open-circuit voltage | V _{oc} | V | 35.9 | 35.7 | 35.4 | 34.5 | 34.2 | 33.8 | 33.8 |
| Short-circuit current | I _{sc} | A | 7.27 | 7.19 | 7.12 | 6.99 | 7.01 | 6.92 | 6.81 |

NOCT: open-circuit module operation temperature at 800W/m² irradiance, 20°C ambient temperature, 1m/s wind speed.

THERMAL CHARACTERISTICS

| Nominal operating cell temperature | NOCT | °C | 46 ± 2 |
|---|------------------|------|--------|
| Temperature coefficient of P _{max} | γ | %/°C | -0.45 |
| Temperature coefficient of V _{oc} | β _{Voc} | %/°C | -0.33 |
| Temperature coefficient of I _{sc} | α _{Isc} | %/°C | 0.06 |
| Temperature coefficient of V _{mp} | β _{Vmp} | %/°C | -0.45 |

OPERATING CONDITIONS

| | |
|---|---------------------|
| Max. system voltage | 1000V _{DC} |
| Max. series fuse rating | 15A |
| Limiting reverse current | 15A |
| Operating temperature range | -40°C to 85°C |
| Max. static load, front (e.g., snow and wind) | 5400Pa |
| Max. static load, back (e.g., wind) | 3400Pa |
| Max. hailstone impact (diameter / velocity) | 25mm / 23m/s |

CONSTRUCTION MATERIALS

| | |
|---|---|
| Front cover (material / thickness) | low-iron tempered glass / 3.2mm |
| Cell (quantity / material / dimensions / number of busbars) | 60 / monocrystalline silicon / 156mm x 156mm / 2 or 3 |
| Encapsulant (material) | ethylene vinyl acetate (EVA) |
| Frame (material / color / anodization color / edge sealing) | anodized aluminum alloy / silver / clear / silicone or tape |
| Junction box (protection degree) | ≥ IP65 |
| Cable (length / cross-sectional area) | 1100mm / 4mm ² |
| Plug connector (type / protection degree) | MCA / IP67 or YTO8-1 / IP67 or Amphenzl H4 / IP68 |

- Due to continuous innovation, research and product improvement, the specifications in this product information sheet are subject to change without prior notice. The specifications may deviate slightly and are not guaranteed.
- The data do not refer to a single module and they are not part of the offer; they only serve for comparison to different module types.

Yingli Green Energy Holding Co. Ltd.

service@yinglisolar.com
Tel: 0086-312-8929802

YINGLISOLAR.COM

© Yingli Green Energy Holding Co. Ltd. | DS_YGE60Cell-29b_40mm_EU_EN_201211_v02.20

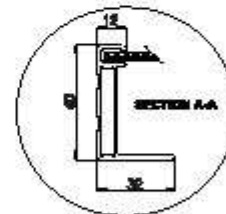
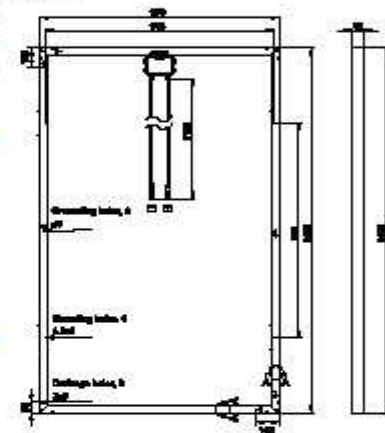
GENERAL CHARACTERISTICS

| | |
|------------------------|-----------------------|
| Dimensions (L / W / H) | 1550mm / 990mm / 40mm |
| Weight | 19.1kg |

PACKAGING SPECIFICATIONS

| | |
|--------------------------------------|--------------------------|
| Number of modules per pallet | 26 |
| Number of pallets per 40' container | 28 |
| Packaging box dimensions (L / W / H) | 1700mm / 1150mm / 1100mm |
| Box weight | 534kg |

Unit: mm



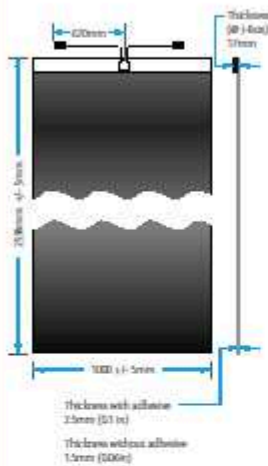
Warning: Read the Installation and User manual in its entirety before handling, installing, and operating Yingli Solar modules.

Our Partners:



MiaSolé FLEX SERIES

FLEX-02W SERIES CIGS MODULE



ELECTRICAL PERFORMANCE AT STC¹

| | | | FLEX-02 340W | FLEX-02 350W | FLEX-02 360W | FLEX-02 370W |
|----------------------------------|-----------|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Nominal Power | P_{nom} | [W] | 340 | 350 | 360 | 370 |
| Aperature Efficiency | η | [%] | 14.8% | 15.3% | 15.7% | 16.1% |
| Power Output Tolerance | | [W] | +10/-0 | +10/-0 | +10/-0 | +10/-0 |
| Maximum Power Voltage | V_{mp} | [V] | 30.5 | 31.0 | 31.6 | 32.2 |
| Maximum Power Current | I_{mp} | [A] | 11.23 | 11.33 | 11.43 | 11.52 |
| Open Circuit Voltage | V_{oc} | [V] | 38.3 | 38.8 | 39.3 | 39.8 |
| Short-Circuit Current | I_{sc} | [A] | 12.97 | 12.99 | 13.02 | 13.04 |
| Maximum Series Fuse Rating | | [A] | 25 | | | |
| Maximum System Voltage (IEC/AUL) | | [V] | 1000/600 | | | |

¹Standard Test Conditions (STC) 1000 W/m², 25°C cell temperature, AM 1.5 spectrum

THERMAL CHARACTERISTICS

| | | |
|-------------------------------------|--------|-------|
| NOCT | [°C] | 48 |
| Temperature Coefficient of P_{mp} | [%/°C] | -0.40 |
| Temperature Coefficient of V_{oc} | [%/°C] | -0.36 |
| Temperature Coefficient of I_{sc} | [%/°C] | 0.033 |

PHYSICAL AND MECHANICAL SPECIFICATIONS

| | |
|---------------------------------------|---|
| Length | 2598 mm (102.3 in) |
| Width | 1000 mm (39.4 in) |
| Thickness, Maximum at j-Box*, Module | 17 mm (0.7 in), 2.5mm (0.1 in) |
| Weight (Module without adhesive) | 5.1 kg (11.1 lb) |
| Weight (Module with adhesive) | 6.2 kg (13.7 lb) |
| Weight/Area (Module without adhesive) | 2.0 kg/m ² (0.46lb/ft ²) |
| Weight/Area (Module with adhesive) | 2.4 kg/m ² (0.53lb/ft ²) |
| Junction Box Type | IP68 |
| Cable Connections | Amphenol H ₄ |
| Cell Type | Copper Indium Gallium Diselenide (CIGS) |
| Warranty** | 5 year workmanship, 10/25 year power output |
| Certifications | UL 1703, IEC 61646, IEC 61730 |

*25 mm (0.9 in) for the rest of the module with adhesive
 **1.5 mm (0.06 in) for the rest of module without adhesive
 Please see full warranty for details



2500 Walsh Avenue, Santa Clara, California 95051, USA
 1.408.9725.900 sales@miasole.com www.miasole.com

MiaSolé and the MiaSolé logo are registered trademarks.
 © Jan 2015 MiaSolé. All rights reserved. Specifications
 included in this document are subject to change without notice.
 MiaSolé Approved for Public Release
 Part Number 990-187-773-00_1

ABB Stringsizer™ - Relatório de Configuração

| Localização | Temperatura (°C) Amb Célula | Método de Montagem |
|--------------------------|-----------------------------|---------------------|
| CONTINENTE South America | Mínimo 0°C 0°C | Montagem no telhado |
| PAIS Brazil | Média 23°C 58°C | |
| LOCALIZAÇÃO Curitiba | Máximo 35°C 70°C | |

| Modelo do Inversor | PVI-6.0-TL-OUTD-BASE |
|---|--|
| Potência AC Nominal [kW]/ Tensão AC Nominal [V] | 6000 / 400 |
| Configuração do MPPT | MPPT INDEPENDENTE (Número de MPPT independentes.: 2) |
| Número total de módulos PV | 30 |
| Potência DC Instalada (STC) [kW] | 6300 |
| Notas | O inversor selecionado não tem fusíveis de proteção. Propõe-se em fornecer um gerador fotovoltaico com um grupo de três strings ou mais grupos de três strings em paralelo. Favor avaliar a inclusão de fusíveis de proteção de tamanho adequado |



| Panel PV (Fabricante / Modelo) | Missole / Flex 01W - 210W |
|---|---------------------------|
| Tecnologia | |
| Potência Nominal[W] | 210 |
| Tensão de Circuito Aberto - Voc [V] | 27.8 |
| Corrente de Curto Circuito - Isc [A] | 11.1 |
| Tensão de Máxima Potência - Vmp [V] | 22.2 |
| Corrente de Máxima Potência - Imp [A] | 9.73 |
| Coefficiente de Temperatura - Voc [V/°C] | -0.100 |
| Coefficiente de Temperatura - Isc [mA/°C] | 0.33 |



| | MPPT1 | MPPT2 |
|---|---|-----------|
| Panel PV/String | 15 | 15 |
| Número de Strings em Paralelo | 1 | 1 |
| Número total de módulos PV | 15 | 15 |
| Notas | 1, 2 | 1, 2 |
| Potência DC Instalada (STC) [kW] | 3.15 | 3.15 |
| Potência Máxima/MPPT [kW] | 4.20 | 4.20 |
| P _{V(MST),MPPT1} /P _{MPPTMAX} | 75.0% | 75.0% |
| P _{V(MST)} /P _{AC} | | 105.0% |
| P _{V(MST)} /P _{ACHAN} | | 95.5% |
| Máxima Tensão do Sistema de Painéis FV [Vdc] | 1000 | 1000 |
| Máxima Tensão de Entrada do Inversor [Vdc] | 900 | 900 |
| Voc max @0°C [Vdc] | 454.5 | 454.5 |
| Voc min @70°C [Vdc] | 349.5 | 349.5 |
| Tensão de Ativação do Inversor (default) [Vdc] | 360 | 360 |
| Tensão de Ativação Recomendada do Inversor [Vdc] | 332 | 332 |
| Vmp max @0°C [Vdc] | 363.0 | 363.0 |
| Vmp typ @58°C [Vdc] | 293.4 | 293.4 |
| Vmp min @70°C [Vdc] | 279.0 | 279.0 |
| Faixa de Operação do MPPT* [Vdc] | 232 - 850 | 232 - 850 |
| Corrente Máxima de Curto Circuito do Gerador FV @70°C [Adc] | 11.1 | 11.1 |
| Corrente Máxima de Curto Circuito do Inversor/MPPT [Adc] | 22 | 22 |
| Corrente do MPP do gerador FV @70°C [Adc] | 9.7 | 9.7 |
| Corrente máxima na entrada do MPPT do Inversor[Adc] | 17 | 17 |
| Notas Explicativas | *) Faixa para o MPPT operar considerando a tensão de ativação padrão; 1)- Nota: Reduzir a tensão de ativação para 332 V; 2)Número de strings em paralelo compatíveis com número de entradas no inversor | |

Termos e Condições de Uso: Ao usar esse ferramenta de projetos você concorda que as configurações estimadas dos strings serão usadas apenas com inversores ABB. A ABB não garante exatidão na previsão e desempenho de seu sistema FV ou do inversor ou confirmados com cálculos e normas em vigor na localização do seu projeto.

Todas as configurações devem ser verificadas por um engenheiro qualificado para o cumprimento dos parâmetros operacionais e normas em vigor no local de instalação. Ao usar essa ferramenta o usuário é responsável por sua utilização e a ABB LTDA, não se responsabiliza por quaisquer danos advindos de sua utilização.

ABB StringSizer™ - Relatório de Configuração

| Localização | Temperatura (°C) Amb. Célula | Método de Montagem |
|---------------------------|------------------------------|---------------------|
| CONTINENTE: South America | Mínima: 8°C / 9°C | Montagem no telhado |
| PAÍS: Brazil | Média: 23°C / 26°C | |
| LOCALIZAÇÃO: Curitiba | Máxima: 35°C / 30°C | |

| ABB StringSizer™ - Configuração do Sistema | |
|--|--|
| Potência AC Nominal (kW) / Tensão AC Nominal (V) | 800 / 500 |
| Configuração do MPPT | MPPT INDEPENDENTE (Número de MPPT independentes / 1) |
| Número total de módulos PV 40 | |
| Potência DC Instalada (STC) (kW) | 9400 |
| Notas: O Inversor selecionado não tem risco de proteção. Pode-se ter proteção de corrente diferencial com um grupo de três strings ou mais grupos de três strings em paralelo. Não se aplica o cálculo de risco de proteção de corrente selecionado. | |

| ABB PV (Fabricação) (Modelo) (Potência) (Voc) (Vmp) | |
|---|--|
| Tecnologia | |
| Potência Nominal (W) ±10 | |
| Tensão de Circuito Aberto - Voc (V) ±1,8 | |
| Corrente de Curto Circuito - Icc (A) ±1,1 | |
| Tensão de Máxima Potência - Vmp (V) ±2,8 | |
| Corrente de Máxima Potência - Imp (A) ±0,23 | |
| Coeficiente de Temperatura - Voc (V/°C) -0,108 | |
| Coeficiente de Temperatura - Icc (mA/°C) 0,23 | |

| | MPPT1 | MPPT2 |
|--|--|---------------|
| Formato PVString | 20 | 20 |
| Número de Strings em Paralelo | 1 | 1 |
| Número total de módulos PV | 20 | 20 |
| Nota | 1 | 1 |
| Potência DC Instalada (STC) (kW) | 4,20 | 4,20 |
| Potência Máxima MPPT (kW) | 5,58 | 5,58 |
| Perda por inversão (Potência) | 16,4% | 16,4% |
| Pré-perda | | 105,0% |
| Perda por Fator | | 84,4% |
| Máxima Tensão do Sistema de Painéis PV (Vdc) | 2000 | 1000 |
| Máxima Tensão de Entrada do Inversor (Vdc) | 900 | 900 |
| Voc max @ 0°C (Vdc) | 806,0 | 806,0 |
| Voc min @ 20°C (Vdc) | 866,0 | 433,0 |
| Tensão de Ativação do Inversor (Default) (Vdc) | 360 | 360 |
| Tensão de Ativação Recomendada do Inversor (Vdc) | Default (360) | Default (360) |
| Vmp max @ 0°C (Vdc) | 484,8 | 484,8 |
| Vmp typ @ 25°C (Vdc) | 391,2 | 391,2 |
| Vmp min @ 20°C (Vdc) | 372,8 | 372,8 |
| Faixa de Operação do MPPT (Vdc) | 252 - 950 | 252 - 858 |
| Corrente Máxima de Curto Circuito do Gerador PV @ 70°C (Aac) | 11,1 | 11,1 |
| Corrente Máxima de Curto Circuito do Inversor/MPPT (Aac) | 12 | 12 |
| Corrente do MPPT do gerador PV @ 70°C (Aac) | 9,7 | 9,7 |
| Corrente máxima na entrada do MPPT do Inversor (Aac) | 17 | 17 |
| Notas Explicativas | *Nota: Não é MPPT com distribuição a nível de string, portanto, 1 módulo de string em paralelo, independentemente do número de strings no telhado. | |

ABB StringSizer™ - Relatório de Configuração

| Localização | Temperatura (°C) Amb. Célula | Método de Montagem |
|---------------------------|------------------------------|---------------------|
| CONTINENTE: South America | Mínima: 8°C / 9°C | Montagem no telhado |
| PAÍS: Brazil | Média: 23°C / 26°C | |
| LOCALIZAÇÃO: Curitiba | Máxima: 35°C / 30°C | |

| ABB StringSizer™ - Configuração de Módulos PV | |
|--|--|
| Potência AC Nominal (kW) / Tensão AC Nominal (V) | 13800 / 400 |
| Configuração do MPPT | MPPT INDEPENDENTE (Número de MPPT independentes / 1) |
| Número total de módulos PV 57 | |
| Potência DC Instalada (STC) (kW) | 13528 |
| Notas: O Inversor selecionado não tem risco de proteção. Pode-se ter proteção por sensor fotovoltaico com um grupo de três strings ou mais grupos de strings em um painel, além de outras opções de risco de proteção de diâmetro selecionado. | |

| ABB PV (Fabricação) (Número) / ABB PV (Tipo) | |
|--|--------|
| Tecnologia | |
| Potência Nominal (W) | 260 |
| Tensão de Circuito Aberto - Voc (V) | 31,5 |
| Corrente de Curto Circuito - Icc (A) | 4,12 |
| Tensão de Máxima Potência - Vmp (V) | 30,4 |
| Corrente de Máxima Potência - Imp (A) | 8,95 |
| Eficiência de Temperatura - Voc (V/°C) | -0,128 |
| Coefficiente de Temperatura - Icc (mA/°C) | 0,83 |

| | MPPT1 | MPPT2 |
|--|--|---------------|
| Faixa PV String | 13 | 13 |
| Número de Strings em Paralelo | 2 | 2 |
| Número total de módulos PV | 26 | 26 |
| Nota | 1 | 1 |
| Potência DC Instalada (STC) (kW) | 6,78 | 6,76 |
| Potência Máxima MPPT (kW) | 6,98 | 6,96 |
| Perda por Temperatura | 84,5% | 84,5% |
| Perda por Fator | | 108,2% |
| Perda por Fator | | 88,8% |
| Máxima Tensão do Sistema de Painéis PV (Vdc) | 2008 | 1996 |
| Máxima Tensão de Entrada do Inversor (Vdc) | 908 | 908 |
| Voc max @ 0°C (Vdc) | 329,1 | 329,1 |
| Voc min @ 20°C (Vdc) | 312,6 | 312,6 |
| Tensão de Ativação do Inversor (Vdc) | 360 | 360 |
| Tensão de Ativação Recomendada do Inversor (Vdc) | Default (360) | Default (360) |
| Vmp max @ 0°C (Vdc) | 320,7 | 320,7 |
| Vmp typ @ 25°C (Vdc) | 301,9 | 301,9 |
| Vmp min @ 20°C (Vdc) | 284,8 | 284,8 |
| Faixa de Operação do MPPT (Vdc) | 252 - 950 | 252 - 950 |
| Corrente Máxima de Curto Circuito do Gerador PV @ 70°C (Aac) | 19,8 | 19,8 |
| Corrente Máxima de Curto Circuito do Inversor MPPT (Aac) | 12 | 12 |
| Corrente do MPPT do gerador PV @ 70°C (Aac) | 17,7 | 17,7 |
| Corrente máxima na entrada do MPPT do Inversor (Aac) | 18 | 18 |
| Notas Explicativas | *Nota: Não é MPPT para dimensionar o número de strings, configurações. 1) Número de strings em paralelo, considerando a relação de eficiência do Inversor. | |