

**ANDRE OCIMOTO SANEMATSU
ROMEU AMADEUS SCARPONI PICCOLOTTO
THIAGO ARAPIAN**

**DESEMPENHO ENERGÉTICO DE VIDROS FOTOVOLTAICOS
DE ACORDO COM A ORIENTAÇÃO NORTE, SUL, LESTE E
OESTE DE FACHADAS DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS**

Projeto de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo, no âmbito do Curso de
Engenharia Ambiental

São Paulo
2014

**ANDRE OCIMOTO SANEMATSU
ROMEU AMADEUS SCARPONI PICCOLOTTO
THIAGO ARAPIAN**

**DESEMPENHO ENERGÉTICO DE VIDROS FOTOVOLTAICOS
DE ACORDO COM A ORIENTAÇÃO NORTE, SUL, LESTE E
OESTE DE FACHADAS DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS**

Projeto de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo, no âmbito do Curso de
Engenharia Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Racine T. A. Prado.

São Paulo
2014

Dedica-se esse estudo para todos aqueles que tenham vontade de inovar e empreender na área de engenharia, que sempre sonharam em desenvolver algo que possa ser novo, útil e melhorar a qualidade de vida com a qual vivemos hoje.

AGRADECIMENTOS

Queremos agradecer a todos aqueles que nos ajudaram até o momento, pais e amigos, mas principalmente ao Prof. Dr. Racine Tadeu Araujo Prado que nos orienta para conseguir efetivamente concluir esse estudo, assim como a Profa. Dra. Brenda Chaves Coelho Leite, que nos ofereceu seu tempo e assistencia a fim de atingir nossos objetivos propostos, a Profa. Dra. Dione Mari Morita que nos motivou a escolher o tema, a todos aqueles que participaram diretamente ou indiretamente do trabalho e a todos com quem pudemos conversar e nos ofereceram ajuda.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO E OBJETIVO	1
2	LEVANTAMENTO DOS DADOS	3
2.1	Sistemas solares fotovoltaicos na fachada de edifícios comerciais	3
2.2	Legislação em vigor	4
2.3	Radiação Solar e Terrestre	5
2.4	Propriedades Básicas do Vidro	9
2.4.1	Transmitância	9
2.4.2	U-Value.....	11
2.4.3	Fator Solar.....	11
2.4.4	Absortância..... Erro! Indicador não definido.	
2.4.5	Refletância.....	13
2.4.6	Comportamento.....	14
2.5	Tecnologias fotovoltaicas disponíveis	16
2.5.1	Silício cristalino (c-Si)	16
2.5.2	Silício amorfo hidrogenado (a-Si)	17
2.5.3	Telureto de cádmio (CdTe).....	18
2.6	Funcionamento de uma Célula Fotovoltaica	19
2.6.1	Bandas de energia:.....	19
2.6.2	Condução Elétrica	20
2.6.3	Semicondutores Intrínsecos	21
2.6.4	Semicondutores Extrínsecos	22
2.6.5	Diodos e Junção Retificadora	24
2.6.6	Mecanismos de Funcionamento das Células Fotovoltaicas	25
2.7	Parâmetros Elétricos de Células Solares	26
2.8	Conexão elétrica dos módulos solares fotovoltaicos.....	28
2.8.1	Ligação em série dos módulos	28
2.8.2	Ligação em paralelo dos módulos	29
2.9	Componentes de um sistema fotovoltaico.....	31
2.9.1	Sistema fotovoltaico conectado à rede	31
2.9.2	Sistema fotovoltaico isolado	32
2.10	RENDIMENTO DO FOTOVOLTAICO	33
2.11	Integração e aplicação com o edifício.....	34
2.11.1	Integração de tecnologias fotovoltaicas em fachadas de edifícios	34
2.11.2	Integração com a arquitetura do edifício	35
3	ANÁLISE DOS DADOS.....	36
3.1	Metodologia.....	37
3.1.1	Software de análise	38
4	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	41
5	ESTUDO DE CASO	41
5.1	Edifício de estudo.....	41
5.2	Vidros simulados.....	43
5.3	Modelagem e simulação	44
5.3.1	Modelagem do edifício.....	44
5.3.2	Modelagem do vidro fotovoltaico	46
6	ANÁLISE DOS RESULTADOS	47
6.1	Resultados do edifício de estudo	47
6.2	Estimativa de geração de energia pelos vidros fotovoltaicos.....	48
6.2.1	Orientação Norte	48

6.2.2	Orientação Oeste.....	51
6.2.3	Orientação Leste	52
6.2.4	Orientação Sul	53
6.2.5	Resumo das Informações	54
7	ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA	54
7.1	Tarifa do custo de energia elétrica	54
7.2	Metodologia do cálculo de retorno financeiro	55
7.2.1	Cálculo da Tabela de Sensibilidade.....	56
7.3	Análise dos resultados	58
8	ALTERNATIVAS PARA A SOLUÇÃO DO PROBLEMA	59
9	CONCLUSÃO	60
10	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

RESUMO EXECUTIVO

O ramo da construção civil é um dos mais tradicionais na engenharia e com o passar dos anos a tecnologia ajudou as construções a serem maiores, mais seguras e mais viáveis. No entanto, nos dias de hoje, uma das questões mais importantes a serem consideradas é de fato o uso mais inteligente, mais racional dos recursos tecnológicos para a questão de sustentabilidade do edifício evitando ao máximo desperdícios e conseguindo ao longo da vida útil de um edifício um retorno financeiro de seu material utilizado.

O trabalho proposto tem como objetivo a simulação das fachadas (norte, sul, leste e oeste) de um edifício vertical usando três diferentes materiais como opções ao material de uso convencional de prédios. Serão testados vidros transparente comuns, vidros refletivos (ou espelhados) e vidros fotovoltaicos, este último, então, será o diferencial do estudo, pois ele trará ao longo do tempo uma economia energética para todos os usuários do edifício e consequentemente apresentará um retorno financeiro do seu custo de instalação mais rápido que os demais.

Com auxílio do software de simulação DesignBuilder e PVSYST, tentar-se-á desenvolver os três tipos de fachada, verificando os custos associados à implantação deles; tanto o custo de instalação de cada um dos modelos, como ao longo da vida útil de cada um, assim verificar-se-á para cada uma das opções, seus potenciais benefícios.

Para efeitos de teste será utilizado como modelo um edifício já construído na cidade de São Paulo, e far-se-á uma simulação para verificar se, com a tecnologia de hoje, a instalação de fachadas que geram energia já se tornaram economicamente viáveis ou não. Acredita-se que ao longo da vida útil de um edifício com as melhorias das tecnologias no ramo de vidros fotovoltaicos, essa tecnologia será amplamente implementada ao longo dos anos evitando assim uma crescente demanda de energia dentro de cidades, pois construções auto-sustentáveis irão diminuir a velocidade de necessidade de construções de novas usinas e consequentemente diminuirão os impactos gerados por elas.

ABSTRACT

The civil construction business is one of the most traditional within the engineering. During time, technology helped the constructions to become larger, reliable, and feasible. However, one question utmost important to be questioned nowadays is in fact the intelligent use, or more rational usage from the technology resources for the sustainability of a building, avoiding waste and getting, during its life-time, a financial pay-back from the material used.

This report's objective is to simulate the façades (North, South, East, West) from a vertical building, using three different materials as alternatives from the conventional materials. Will be tested the common glazing (full transparency), reflective glazing and photovoltaic glazing. The last one, will be the differential from this study, once it will bring an economic advantage for the condominium members, hence it will bring the financial return from its costs quicker than the rest of materials.

Using DesignBuilder® and PVSYST® to assist the simulation, these three façades scenarios will be tested, taking into consideration the costs (implementation cost and it's life-time cost), verifying the potential benefits or losses. As model, will be used a real building, already finished, in São Paulo, and will be tested the differences to see if it is possible, with our current technology and prices, the economic benefits of it.

It's believed that, during the life-time of a building and the advance of technology, the photovoltaic glazing will be spread implemented within the next years and it will avoid an increase in demand from electrical energy in cities, since auto-sustainable constructions will decrease the demand of new power plants and as consequence their impacts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Painéis solares semitransparentes.....	4
Figura 2 Espectro da radiação eletromagnética. A banda colorida representa a faixa visível	6
Figura 3 Balanço da radiação solar.....	7
Figura 4 Mapa de incidência solar no Brasil.....	8
Figura 5 Fator Solar	12
Figura 6 Medidas da refletância total, difusa e especular em uma esfera integrante	14
Figura 7 Exemplos de módulos solares fotovoltaicos de c-Si.....	17
Figura 8 Exemplo de módulo solar de a-Si semi-transparentes	17
Figura 9 Energia eletrônica em função da separação interatômica.....	20
Figura 10 Explicação esquemática de como ocorre a transferência de elétrons.....	21
Figura 11 Explicação esquemática de como ocorre o dopamento do tipo N.....	22
Figura 12 Explicação esquemática de como ocorre o dopamento do tipo P	23
Figura 13 Explicação esquemática de como ocorre a movimentação de elétrons no semicondutores tipo N.....	23
Figura 14 Explicação esquemática de como ocorre a movimentação de elétrons no semicondutores tipo P	24
Figura 15 Esquema geral do funcionamento de uma célula fotovoltaica.	25
Figura 16 Curva característica da célula fotovoltaica de corrente em função da tensão.	27
Figura 17 Curva característica da célula fotovoltaica de potência em função da tensão.	27
Figura 18 Módulos solares em série	28
Figura 19 Módulos solares em paralelo	29
Figura 20 Associação de módulos solares em paralelo e série.....	30
Figura 21 Modelo de um sistema On-Grid	32
Figura 22 Vidro fotovoltaico.....	35
Figura 23 Diagrama demonstrando a interação entre programas terciários e o EnergyPlus™	38
Figura 24 Integração entre os aspectos de simulação	39
Figura 25 Software utilizado, DesginBuilder.....	40
Figura 26 Software utilizado, PVSYST	40
Figura 27 – Prédio de estudo modelado no DesignBuilder	42
Figura 28 – Modelagem do Pavimento Térreo	44
Figura 29 – Modelagem do Pavimento Tipo inicial.....	45
Figura 30 – Modelagem do Pavimento Tipo simplificado	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Resistencia térmica superficial interna e externa	10
Tabela 2 Exemplos de taxa de absorção e emissividade de alguns materiais	13
Tabela 3 - Área de fachada	41
Tabela 4 – Principais propriedades dos vidros simulados.....	43
Tabela 5 – Resultados de consumo de energia	47
Tabela 6 – Médias de Incidência Solar e Temperatura Ambiente	48
Tabela 7 – Energia bruta e útil por modelo para fachada Norte	49
Tabela 8 - Energia bruta e útil por modelo para fachada Oeste	51
Tabela 9 – Energia bruta e útil por modelo para fachada Leste	52
Tabela 10 - Energia bruta e útil por modelo para fachada Sul	53
Tabela 11 – Produção de Energia por modelo e fachada	54

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Transmitividade em função do ângulo de incidência em um vidro comum de 3mm de espessura	15
Gráfico 2 – Diagrama de perdas para o modelo Soliker PV10S fachada Norte	50
Gráfico 3 – Geração por mês do modelo Soliker PV10S para fachada Norte	51
Gráfico 4 - Geração por mês do modelo Soliker PV10S para fachada Oeste	52
Gráfico 5 - Geração por mês do modelo Soliker PV10S para fachada Leste	53
Gráfico 6 - Geração por mês do modelo Soliker PV10S para fachada Sul	54
Gráfico 7 - Retorno do Investimento em anos de acordo com a variancia de preço da fachada Norte em comparação com o vidro claro	61

ANEXOS

Anexo I – Matriz Energética do Brasil de 2002 a 2012.....	64
Anexo II - Matriz Energética da Alemanha de 2002 a 2012	65
Anexo III – Resumo dos Resultados da Simulação do Edifício no Software DesignBuilder.....	66
Anexo IV – Catálogo Características do Vidro Fotovoltaico Soliker Brasil@.....	67
Anexo V - Resumo dos Resultados da Simulação dos Vidros Fotovoltaicos no Software PVSYST	68
Anexo VI – Resultados da Análise de Sensibilidade	73

ABREVIATURAS E SIGLAS

CC – corrente contínua

CA – corrente alternada

EF – energia de Efermi

ROIC – Retorno sobre o capital investido

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

PIE – Produtores Independentes de Energia

AP – Auto Produtor

MAE – Mercado Atacadista de Energia Elétrica

ONS – Operador Nacional do Sistema

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

COBEI – Comitê Brasileiro de Eletricidade

IEC – International Standard

FS – Fator Solar

SHGC -Solar Heat Gain Coefficient

UV – Ultravioleta

VF – Vidro fotovoltaico

ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers

IAM - Incidence Angle Modifier

LCOE – Lederalized Cost of Energy

E_f = Energia de Fermi

R_T = Resistencia total

R_{tn} = Resistencia total de um material com camada homogênea

R_{am} = Resistencia total de uma camada de ar não ventilada

R_n = Resistencia térmica da superfície à superfície para cada seção n

R_{si} = Resistencia da superfície interna

R_{se} = Resistencia da superfície externa

A_n = Área de cada seção

U (ou U-Value) = Transmitância térmica

LISTA DE SÍMBOLOS

α – taxa de absorptância

ϕ_a – fluxo de radiação absorvido

ϕ_i – fluxo de radiação incidente

ρ - refletância

ϕ_r – fluxo de radiação refletido

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVO

“A energia solar é o recurso energético mais abundante da Terra. Se houvesse tecnologia disponível para captar apenas uma fração dessa energia, ela seria suficiente para atender a todas as necessidades da humanidade.” (Estado de São Paulo, Secretaria de Energia, 2014)

Uma fonte de energia tão abundante como o Sol, que permite a vida na Terra e que diretamente e indiretamente permitiu todo o desenvolvimento feito até hoje, não deve ser subestimado. Na superfície total da Terra aproximadamente $1,5 \times 10^{18}$ kWh (Anotações de Aula, Arapian, T. Serfozo, A., 2013) de radiação solar atinge a atmosfera terrestre, sendo algo próximo de $1,367 \text{ kW/m}^2$ (Anotações de Aula, Arapian, T. Serfozo, A., 2013) em média.

Nas últimas décadas a questão energética tem sido uma preocupação mundial, devido ao aumento do consumo ocasionado, dentre outros motivos, pelo aumento populacional e do padrão de consumo, e o desenvolvimento econômico. Dados da Agência Internacional de Energia (IEA, 2010) informam que em 1973 foram gerados 6.116 TWh em todo o mundo. Passados 35 anos, em 2008, esse número subiu para 20.181 TWh, correspondendo a um aumento de 230%. (Sanematsu A., Miyashiro D, Piccolotto R., Arapian T., Silva T., 2011)

É de conhecimento geral que a matriz energética mundial utiliza em sua maior parte combustíveis fósseis para a geração de energia elétrica e que a introdução de fontes renováveis é um marco importante para que a sustentabilidade seja introduzida. Um equilíbrio saudável entre fontes de energia renováveis e não-renováveis é a solução mais aceita para o futuro da matriz energética. Aproximadamente 16,7% de toda a energia consumida no planeta vêm de fontes renováveis e do setor elétrico esse número chega a 19%. (Anotações de Aula, Arapian, T. Serfozo, A., 2013)

Na União Européia, leis obrigam os países a inserir em suas matrizes fontes renováveis de produção, o que cria motivações para o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes. Empresas europeias já estão mais avançadas no ramo de pesquisa e desenvolvimento, o que viabiliza a instalação de fontes de energia renováveis.

No Brasil, a maior parte da nossa matriz energética vem de fontes renováveis (82,7% em 2012, Anexo I) de acordo com a Energies-Renouvelables.Org, sendo a grande maioria de usinas hidrelétricas (74,6% do total, em 2012, Anexo I). Sabe-se também que uma matriz que se sustenta apenas de fontes renováveis, e, mais especificadamente, em uma só, arrisca sua existência já que no caso de uma grande seca, tal matriz não irá produzir em sua total capacidade o que ameaça sua própria configuração induzindo a uma nova configuração de como será organizada.

Focando a atenção para a energia solar, que será o caso de estudo desse projeto, será modelado e simulado um edifício modelo para que com a ajuda de softwares computacionais seja possível verificar, para os dias hoje, que uma nova tecnologia envolvendo fachadas com vidros fotovoltaicos é uma alternativa viável e talvez mais econômica para os residentes. As vantagens são o retorno sobre o capital investido (ROIC, em inglês), a reciclagem do material (umas vez que não é necessário depositá-lo direto na natureza após o uso), não sendo necessário somente reutilizá-lo como “enchimento” na construção civil. A partir desse ponto de vista, o vidro fotovoltaico já apresenta características mais “ambientalmente corretas” do que os outros materiais.

Outra vantagem é o fato da geração de energia já ser feita no consumidor final, ou seja, o desperdício de energia durante a transmissão é muito menor, uma vez que a matriz brasileira energética é interligada e bastante complexa, chegando a 15% de perdas, enquanto o padrão internacional sugere 6% apenas (Sanematsu A., Miyashiro D, Piccolotto R., Arapian T., Silva T., 2011).

O estudo apresentado nesse projeto irá ajudar a entender até que ponto a tecnologia avançou ou quanto precisa avançar para que as novas técnicas de geração de energia se tornem viáveis para uso.

Como estudantes de engenharia ambiental, queremos oferecer uma alternativa que seja financeiramente viável, ambientalmente correta e que agregará valor aos usuários do edifício.

2 LEVANTAMENTO DOS DADOS

2.1 Sistemas solares fotovoltaicos na fachada de edifícios comerciais

No Brasil, 13,8% de toda energia elétrica consumida é utilizada por edificações comerciais (Balanço Energetico Nacional, 2014). Em capitais como, por exemplo, o Rio de Janeiro, somente o ar condicionado chega 50% do consumo elétrico de um prédio durante o verão, esse número aumenta para 70% quando se trata de um edifício envidraçado (Lamberts *et al.* 1997).

Como uma alternativa a se diminuir os custos de operação associados a tais condições, é proposto a utilização da tecnologia solar, que é resistente a intempéries climáticas e pode resistir por períodos de até 30 anos. Assim ao utilizar a tecnologia, o ganho é duplo, pois há uma geração de energia na fachada, além de que a própria fachada funcionará como elemento arquitetônico.

Do ponto de vista de eficiência energética, esses sistemas podem ser considerados de grande eficácia, pois a geração e o consumo possuem uma coincidência espacial, assim as perdas por transmissão dos sistemas de geração centrais tradicionais são minimizadas. Como o edifício comercial possui, normalmente, um horário de funcionamento que coincide com o horário de incidência solar, há também uma coincidência temporal, diminuindo, por exemplo, a demanda por um ar-condicionado.

Caso o sistema seja ligado à rede pública, sua instalação dispensa a obtenção de acumuladores de energia, que correspondem a um custo de 30% do total da obra de instalação de um sistema fotovoltaico na fachada de um prédio (Green, 2000). Além disso, como está conectado à rede, a mesma funciona como um *backup* quando há baixa incidência solar, assim não é necessário realizar um superdimensionamento para atender tais condições.

Figura 1 Painéis solares semitransparentes



Fonte: Sanyo Solar Industries

O conceito de sincronicidade (US-DOE, 1996) define que a geração e o consumo ocorram simultaneamente e que a energia elétrica tenha um valor diferenciado para períodos do dia, isto é, a energia elétrica possui um valor maior para a concessionária do que em períodos que a demanda não é crítica. Desse modo o tal sistema proposto auxilia a aliviar o pico de consumo, diminuindo o desgaste de componentes do sistema elétrico de distribuição, como transformadores e aumentando suas vidas úteis.

2.2 Legislação em vigor

Atualmente, o sistema elétrico brasileiro se encaminha para a condição de mercado livre, o qual é considerado a figura do produtor independente de energia e também do consumidor livre. A legislação vigente que rege a produção, transmissão e distribuição de energia elétrica não prevê os sistemas solares fotovoltaicos integrados a edificações urbanas e interligados à rede elétrica.

Desse modo, a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, órgão responsável por regular o mercado de energia, enquadrou tal tipo de produção de energia descentralizada em algumas leis: a lei 8.631/93 regula sobre os níveis tarifários e a extinção da remuneração garantida; a lei 8.987/95 dispõe sobre o regime de concessão e permissão de serviço público; a lei 9.074/95 estabelece normas para outorga e prorrogação de concessões e permissões; o decreto 2.003/96 normatiza a produção de energia elétrica de Produtores Independentes de Energia (PIEs) e Auto Produtores (APs) e o decreto 2.655/98 regulamenta o Mercado Atacadista de Energia Elétrica (MAE) e define regras de organização do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

A resolução 112/1999, de 18 de maio de 1999, cria os requisitos necessários à obtenção de registros ou autorização para a implantação, ampliação ou potenciação de centrais geradoras de fontes alternativas de energia, incluindo as centrais geradoras fotovoltaicas. Neste contexto as instalações solares fotovoltaicas integradas à edificações urbanas e interligadas à rede elétrica pública se caracterizam como APs, podendo também se caracterizar como PIES. Mais recentemente a ANEEL publicou a resolução normativa 482, de 17 de abril de 2012, o qual estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuídas ao sistema de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica sendo complementado pela resolução normativa 517 de 11 de dezembro de 2012. A resolução determina que a energia produzida não pode ser vendida para o sistema elétrico ou para terceiros, sendo que o microgerador deve se enquadrar no sistema de compensação de energia elétrica, no qual a energia produzida é cedida a título de empréstimo gratuito para a distribuidora, passando a unidade consumidora a ter um crédito em quantidade de energia ativa a ser consumida por um prazo de 36 meses.

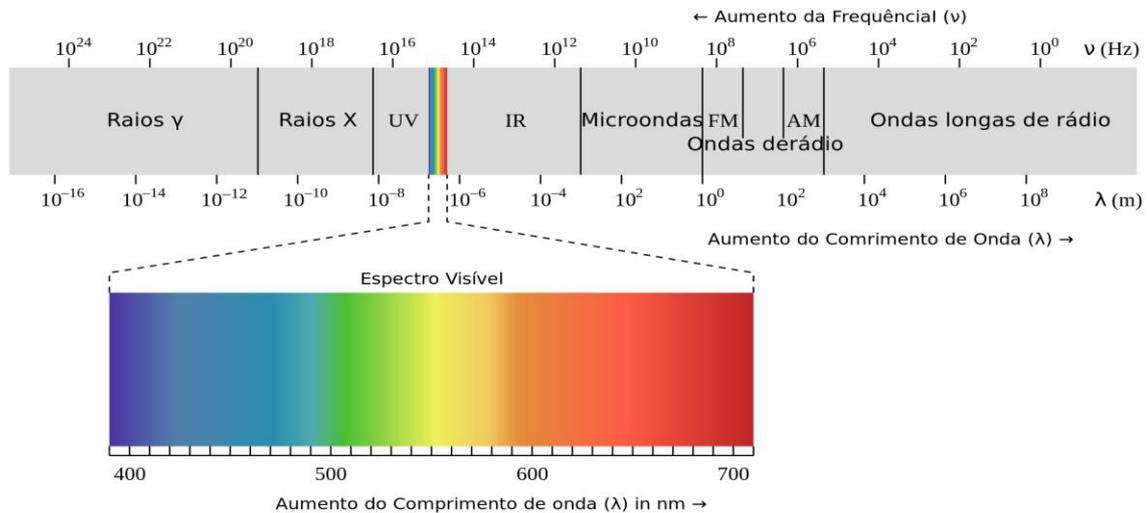
Em relação às normas vigentes a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da Comissão de Estudos CE-82.1 (Sistema de Conversão Fotovoltaica de Energia Solar) e do Comitê Brasileiro de Eletricidade (COBEI) vêm elaborando normas técnicas referentes aos sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. Desse modo as normas vigente da ABNT no que diz respeito ao escopo do trabalho são a ABNT NBR 5410, que estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, com o intuito de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens, além da ABNT NBR 15.220, que possui o título geral de desempenho térmico de edificações e contém definições, símbolos, unidades, métodos de cálculo de transmitância térmica, entre outros.

2.3 Radiação Solar e Terrestre

Para entender como a energia flui através dos vários tipos de vidros, primeiro deve-se entender a natureza do espectro solar e quanto dessa energia chega na superfície a ser estudada.

O Sol emite energia eletromagnética na faixa de ondas de aproximadamente 0,2 micrômetros (μm) até 20 micrômetros (μm). O perfil de radiação solar que atinge a Terra tem um pico máximo em torno de 0,5 μm . Esse pico pode ser separado em três partes, radiação ultravioleta, radiação visível e a infra-vermelha de ondas curtas. Também existe uma quarta parte que não será considerada no estudo que é a radiação infra-vermelha de onda longa, representante da energia que deixa um material após ele ser aquecido.

Figura 2 Espectro da radiação eletromagnética. A banda colorida representa a faixa visível



Fonte: [wikimedia.org/wiki/File:EM_spectrum.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:EM_spectrum.svg), adaptado para o português

A radiação ultravioleta (UV) toma somente uma pequena parte da radiação total emitida pelo Sol, aproximadamente 8%. Tal tipo de radiação está associada ao câncer de pele em humanos, mas ao mesmo tempo é essencial para a produção de certas vitaminas. A faixa visível de $0,35 \mu\text{m}$ até $0,78 \mu\text{m}$ representa 47% da energia total recebida do Sol. Nesta faixa se encontram todos os comprimentos de cor visível, desde de o azul de comprimento de onda curta até o vermelho de comprimento de onda longa. Por fim, tem-se 45% da energia sendo atribuída à radiação infra-vermelha de onda curta, variando de uma faixa de $0,78 \mu\text{m}$ até $5 \mu\text{m}$.

Entretanto, nem toda essa energia é capaz de chegar de fato à superfície da Terra devido a alguns fenômenos físicos. Sendo eles:

- **Espalhamento**

Esse fenômeno consiste na alteração da direção da radiação solar, sendo elas para cima, para baixo ou para os lados quando incide sobre gases e aerossóis. Dessa forma, o fenômeno de espalhamento é responsável pela reflexão e também pela insolação difusa.

- **Reflexão**

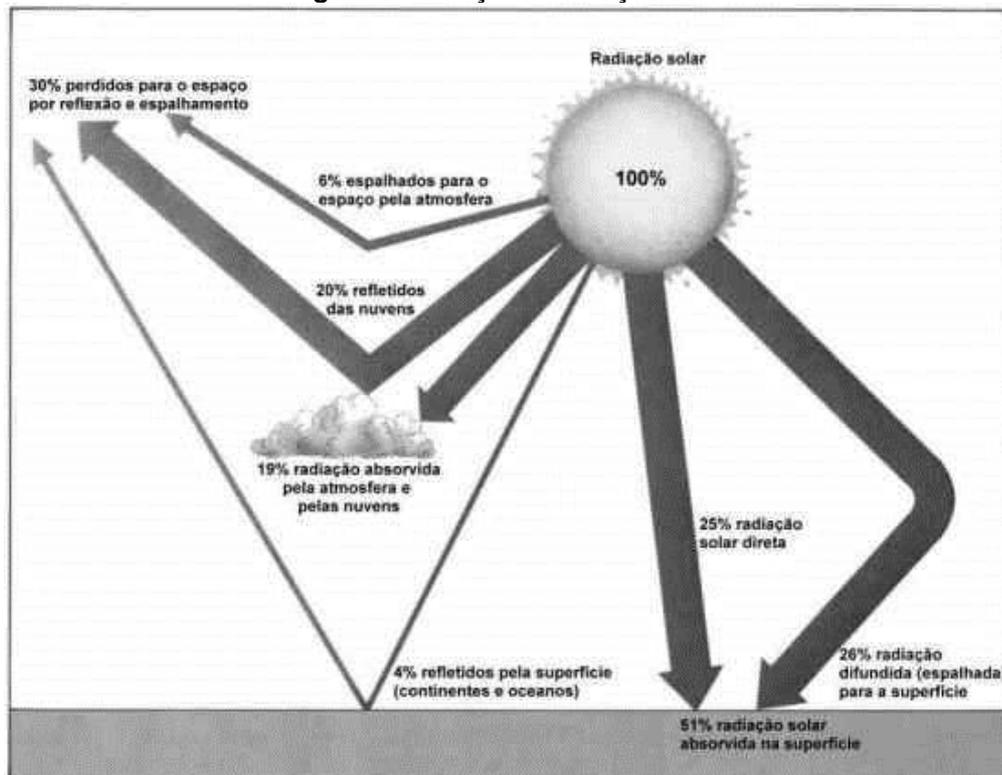
É o fenômeno de devolução do raio incidente com um ângulo de incidência igual ao ângulo de reflexão em uma interface de dois ou mais meios. No caso do estudo em questão pode-se considerar toda atmosfera como sendo a interface, e a radiação refletida como toda a radiação que é devolvida ao espaço, diretamente ou por espalhamento.

- **Absorção atmosférica**

É a transformação da energia solar em energia térmica do encontro das ondas eletromagnéticas com as moléculas presentes na atmosfera terrestre. Isso é percebido pelo aumento da temperatura em dias ensolarados e é responsável pela temperatura da Terra.

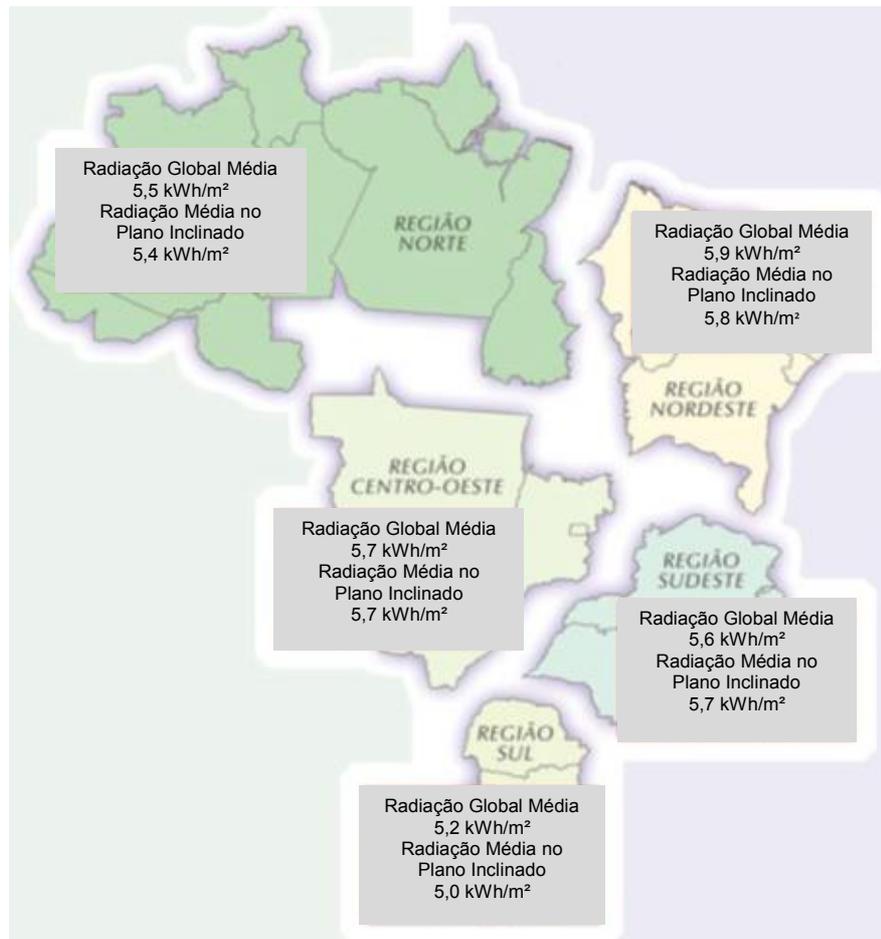
Estima-se que 30% de toda a radiação é refletida pela atmosfera e Terra, 19% é absorvida pelas moléculas presentes na atmosfera na forma de calor, 25% chega diretamente a superfície da Terra e 26% chega por insolação difusa. Portanto, somente 51% da radiação solar total incidente chega ao solo, quantidade que podemos considerar como disponível para a geração da energia fotovoltaica.

Figura 3 Balanço da radiação solar



Fonte: <http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap2/cap2-7.html>

Mesmo com apenas metade da radiação solar chegando ao solo, ainda tem-se uma disponibilidade de 5,7kWh/m². Supondo um consumo de 100kWh em um mês para um prédio comercial, a disponibilidade de energia solar em uma área de apenas 17,55 m² seria o suficiente para suprir todos os consumos mensais de energia elétrica. Isso demonstra o grande potencial que a energia solar possui.

Figura 4 Mapa de incidência solar no Brasil

Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar

2.4 Propriedades Básicas do Vidro

Para se entender como a incidência solar influencia no aumento de carga térmica do edifício, deve-se primeiro entender como o meio, no caso o vidro, se comporta ao ser atingido por raios solares. Existem três principais propriedades que regem o comportamento do vidro nesse fenômeno, são elas: a transmitância, absortância e a reflexividade.

2.4.1 Transmitância

É o termo utilizado para descrever o processo pelo qual, o fluxo de radiação solar deixa uma superfície sem ser a incidida, normalmente do lado oposto. Como sempre há uma resistência do material ao ser atingido por uma quantidade de radiação, pode-se conceituar a transmitância também como sendo a taxa de perda de energia através de um material. O fenômeno acontece em todo o espectro solar, sendo a transmissão luminosa a quantidade de luz visível que é o material permite passar por ele próprio. A transmissão luminosa é diferente da transparência, sendo que todo material não opaco oferece algum nível de transmissão luminoso.

De acordo com a NBR 15.220 a transmitância térmica pode ser medida de forma mais simplificada, como sendo o inverso da resistência total de um objeto. Assim, sua unidade é descrita como Watts por metro quadrado por grau Kelvin.

Portanto, para calculá-la deve-se primeiro saber qual é a resistência térmica total de um conjunto de componente, no caso o vidro. Para isso soma-se cada uma das camadas homogêneas que são atingidas perpendicularmente pelo fluxo de calor, além de se somar também as camadas de ar não ventiladas que se encontrem na composição de um objeto, caso existam.

$$R_t = R_{t1} + R_{t2} + \dots + R_{tn} + R_{ar1} + R_{ar2} + \dots + R_{arn}$$

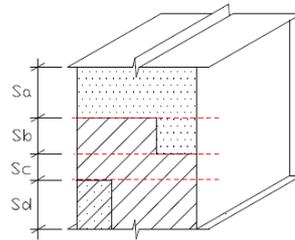
Onde:

$R_{t1}, R_{t2}, \dots, R_{tn}$ são as resistências térmicas das n camadas homogêneas.

$R_{ar1}, R_{ar2}, \dots, R_{arn}$ são as resistências térmicas das n câmaras de ar.

Caso as camadas não sejam homogêneas deve-se considerar também o comprimento de cada uma em seu cálculo, segue abaixo um demonstrativo:

$$R_t = \frac{A_a + A_b + \dots + A_n}{\frac{A_a}{R_a} + \frac{A_b}{R_b} + \dots + \frac{A_n}{R_n}}$$



No qual:

R_a, R_b, \dots, R_n são as resistências térmicas de superfície à superfície para cada seção (a, b, ..., n),;

A_a, A_b, \dots, A_n são as áreas de cada seção.

Contudo, a superfície do objeto pode sofrer influências externas, tais como emissividade, velocidade do ar sobre a superfície e temperaturas da superfície do ar e superfícies próximas.

Assim com o auxílio da **Tabela 1** fornecidas pela NBR 15.220 pode-se saber os valores para a resistência da superfície interna e externa.

Tabela 1 Resistência térmica superficial interna e externa

$R_{si} (m^2.K)/W$			$R_{se} (m^2.K)/W$		
Direção do fluxo de calor			Direção do fluxo de calor		
Horizontal	Ascendente	Descendente	Horizontal	Ascendente	Descendente
\Rightarrow	$\overline{\uparrow}$	$\overline{\downarrow}$	\Rightarrow	$\overline{\uparrow}$	$\overline{\downarrow}$
0,13	0,10	0,17	0,04	0,04	0,04

Portanto a resistência total de um objeto é dada pela seguinte fórmula:

$$R_T = R_{si} + R_t + R_{se}$$

Desse modo, ao se obter a resistência total de um objeto, pode-se facilmente saber qual será sua transmitância térmica, simplesmente calculando o inverso de seu valor.

$$U = \frac{1}{R_T}$$

2.4.2 U-Value

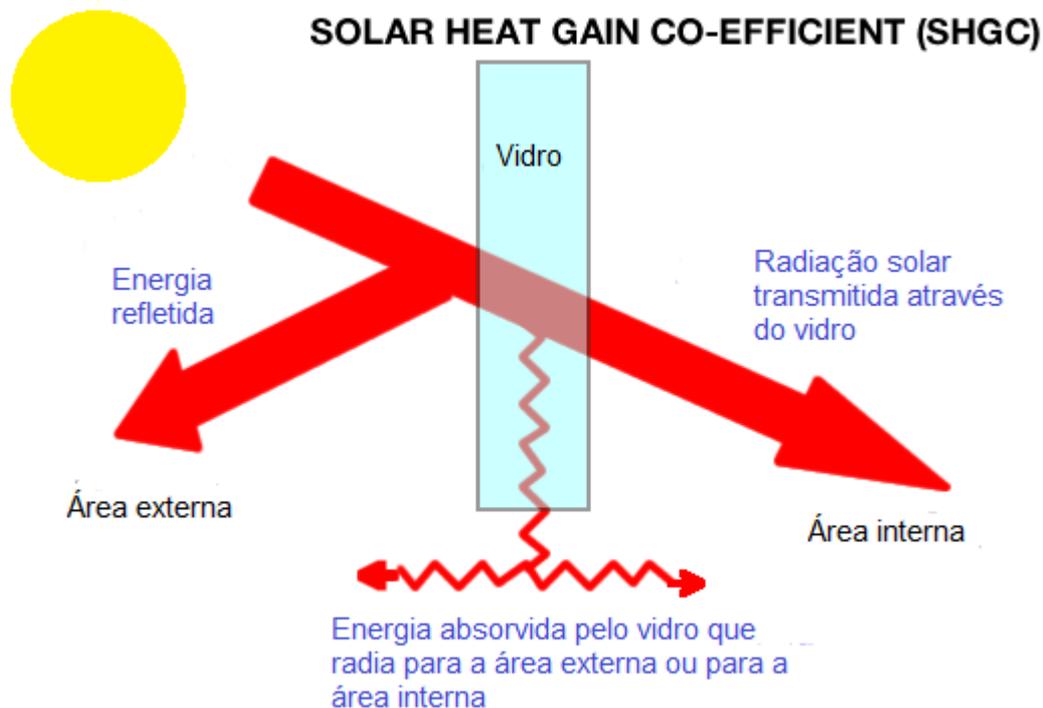
O U-value é uma medida da perda, ou ganho, de calor de um elemento de construção, tal como uma parede, piso ou teto. Ele também pode ser referido como um “coeficiente global de transferência de calor” e mede o quão bem as partes trocam calor em um prédio. Isto significa que quanto maior o U-value, pior é o desempenho térmico envolvente no edifício. Um baixo U-value geralmente indica altos níveis de isolamento. Ele é útil, pois é uma maneira de prever o comportamento térmico de todos os componentes usados em uma construção. Este coeficiente aparece expressado em W/m^2K .

2.4.3 Fator Solar

Quando a radiação solar incide sobre o vidro, parte dela consegue atravessar o vidro, parte é refletida e parte é absorvida pelo material. Para se calcular a quantidade de carga térmica que entra de fato no edifício, podemos utilizar o fator solar.

O fator solar é uma das mais importantes propriedades para se estudar a performance energética de um vidro em construções. Esse fator, também conhecido como Solar Heat Gain Coefficient (SHGC), é definido como a fração da radiação solar incidente que de fato entra no prédio através do vidro na forma de carga térmica. Ele representa tanto a carga térmica pela radiação que atravessa o vidro e a parte da carga absorvida que é conduzida para dentro do edifício.

Figura 5 Fator Solar



Fonte: <http://www.trendglass.com.au/solar.html>

Como há diferentes condições climáticas no mundo e conseqüentemente diferentes necessidades para o condicionamento dos ambientes internos, materiais com fator solar maior são indicados para ambientes de clima frio, e materiais com fator solar menor são indicados para locais de maior temperatura.

2.4.4 Absortância

É o processo pelo qual a incidência do fluxo solar é convertida para outra forma de energia, normalmente calor. É usualmente medido como sendo a fração da radiação solar que é absorvida.

$$\alpha = \Phi_a / \Phi_i.$$

Sendo α como a absortância de ondas curtas, Φ_a o fluxo de radiação absorvido e Φ_i .

Associado com esse fenômeno está o processo de emissividade, que é definido como o quociente da taxa de radiação emitida pela superfície pela taxa de radiação emitida por um corpo negro (é aquele que absorve toda a radiação eletromagnética que nele incide), a mesma temperatura.

Abaixo segue uma tabela disponibilizada pela NBR 15.220 com algumas das características de alguns materiais.

Tabela 2 Exemplos de taxa de absorção e emissividade de alguns materiais

Tipo de superfície	α	ε
Chapa de alumínio (nova e brilhante)	0,05	0,05
Chapa de alumínio (oxidada)	0,15	0,12
Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante)	0,25	0,25
Caixa nova	0,12 / 0,15	0,90
Concreto aparente	0,65 / 0,80	0,85 / 0,95
Telha de barro	0,75 / 0,80	0,85 / 0,95
Tijolo aparente	0,65 / 0,80	0,85 / 0,95
Reboco claro	0,30 / 0,50	0,85 / 0,95
Revestimento asfáltico	0,85 / 0,98	0,90 / 0,98
Vidro incolor	0,06 / 0,25	0,84
Vidro colorido	0,40 / 0,80	0,84
Vidro metalizado	0,35 / 0,80	0,15 / 0,84
Pintura:		
Branca	0,20	0,90
Amarela	0,30	0,90
Verde clara	0,40	0,90
"Alumínio"	0,40	0,50
Verde escura	0,70	0,90
Vermelha	0,74	0,90
Preta	0,97	0,90

2.4.5 Refletância

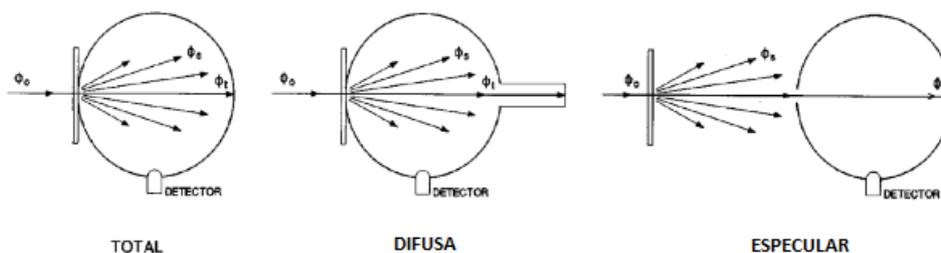
Refletância é o processo no qual uma fração do fluxo de radiação incidente na superfície retorna para o ambiente. Essa reflexão pode ser tanto especular, caso se inverta como a imagem de um espelho, quanto difusa ou até mesmo uma combinação de ambas.

$$\rho = \frac{\Phi_r}{\Phi_i}$$

No qual:

ρ é a refletância, Φ_r o fluxo de radiação refletido e Φ_i o fluxo de radiação incidente.

Figura 6 Medidas da refletância total, difusa e especular em uma esfera integrante



Fonte adaptada de: Palmer, James M., *The management transmission absorption emission and reflection*

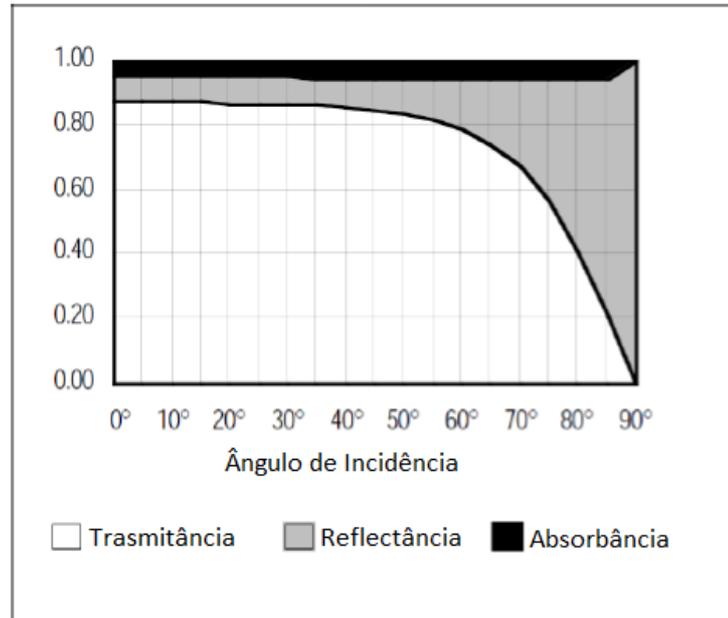
2.4.6 Comportamento

Além das propriedades supracitadas a espessura do material e o ângulo de incidência também influenciam na quantidade de energia que irá ser transmitida. A espessura influencia na quantidade de luz que será absorvida, com uma maior espessura há uma maior absorvância, em um exemplo de um vidro comum transparente, caso se dobre a espessura há um aumento na absorção de 6% na radiação solar total.

O caminho que a luz percorre através do vidro é função tanto da espessura do mesmo como o ângulo de incidência da radiação solar. Quando a luz chega em um ângulo perpendicular, muito pouco dela é refletida. Essa reflexão aumenta em proporção ao ângulo de incidência, primeiramente aumentando de forma devagar e depois de forma drástica, até chegar em um ponto em que toda a luz é refletida no ângulo de 87°.

Mesmo com um ângulo 0° de incidência há uma taxa de 4% de reflexão na fase frontal do vidro, isso ocorre, pois todas as camadas do vidro não estão completamente perpendiculares em relação a incidência solar. Considerando que o mesmo ocorre na outra face do vidro tem-se um mínimo de 8% de reflexão no vidro.

Gráfico 1 – Transmitividade em função do ângulo de incidência em um vidro comum de 3mm de espessura



Fonte adaptada de: Wasley James H. and Utzinger Michael, Glazing Performance.

2.5 Tecnologias fotovoltaicas disponíveis

Em um sistema de geração fotovoltaica o módulo solar fotovoltaico é a célula básica de geração. A quantidade de módulos conectados em série determina a tensão operante do sistema, enquanto que a conexão em paralelo dos painéis determina a corrente do gerador. A potência instalada é dada pela soma da potência nominal de cada módulo.

Com um mercado em expansão, o número de tecnologias para a produção de semicondutores para células fotovoltaicas vêm crescendo. Será especificado abaixo cada uma dessas tecnologias, algumas já bem desenvolvidas e tradicionais, outras de grande inovação.

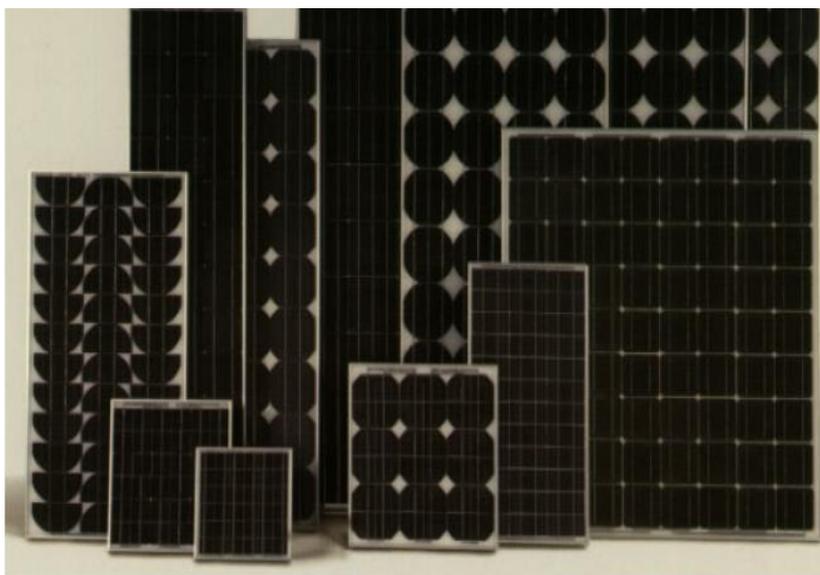
2.5.1 Silício cristalino (c-Si)

É a tecnologia mais tradicional e até hoje representa a maior escala de produção (~80% em 2002 segundo Maycock, 2003). Como essa tecnologia já é bem pesquisada e desenvolvida possui grande confiabilidade e robustez. No entanto, devido ao seu alto custo de produção é considerada como sendo uma tecnologia descendente. A tecnologia da qual se trata faz uso de lâminas cristalinas (normalmente com diâmetro de 10cm) relativamente espessas (300-400 μ m). Devido a esse fato existe uma limitação na redução de seu custo, já que outras tecnologias utilizam filmes com a espessura de 1 μ m.

Dentro da mesma tecnologia há também o Silício monocristalino (m-Si) que utiliza um mineral de silício com grande pureza (Si = 99,9999%), contudo o consumo de energia utilizado no processo de fabricação é intenso e o *pay-back time* (tempo necessário para que o módulo gere energia equivalente à utilizada em sua fabricação) é alto.

Por último, também existe o Silício policristalino (p-Si), que tem crescido sua participação no mercado ao longo dos anos, em detrimento ao m-Si, sendo responsável hoje por mais de 50% da produção de semicondutores (Maycock, 2003). Isso acontece, pois mesmo com uma menor eficiência de conversão, o custo de produção é muito menos do que o m-Si.

Figura 7 Exemplos de módulos solares fotovoltaicos de c-Si



Fonte: Siemens Solar Industries.

2.5.2 Silício amorfo hidrogenado (a-Si)

Células de Silício amorfo consistem em camadas finas de Silício não cristalizado depositado em um substrato por meio de deposição à vácuo em temperaturas relativamente baixas ($< 300^{\circ}\text{C}$), desse modo o filme pode ser depositado em substratos de baixo custo, como vidros e aço inox. Assim, tal tecnologia pode apresentar características distintas, tais como flexibilidade, ser inquebrável, leve e semitransparente.

Figura 8 Exemplo de módulo solar de a-Si semi-transparentes



Fonte: Phototronics Solartechnik GmbH.

O custo de fabricação também é outro atrativo para a tecnologia, pois devido ao material barato que é utilizado como substrato e a película de silício ser pouco espessa o custo total do módulo fica relativamente barato se comparado a outros módulos.

Além disso, ao contrário de outras tecnologias em que o aumento de temperatura resulta em perda do desempenho do módulo, o a-Si não apresenta redução em sua eficácia (Rüther et al. Rüther & Livingstone, 2004), assim em países tropicais tal tecnologia leva vantagem sobre as demais.

O único defeito da tecnologia é que o Silício amorfo sofre uma degradação induzida pela luz conhecida como efeito “Staebler-Wronsky”. Esse efeito não pode ser eliminado, mas pode ser atenuado, causando uma redução de 10% a 20% com relação à eficiência inicial, desse modo sua eficiência global fica em torno de 4 a 10%.

2.5.3 Telureto de cádmio (CdTe)

Uma tecnologia já utilizada há mais de uma década em calculadoras, mas bem recente no mercado fotovoltaico de geração de energia nas edificações, atualmente chegando a uma eficiência de aproximadamente 16% de conversão de energia solar em elétrica. São fabricadas por métodos de deposição química de vapor, pulverização catódica e tratamentos eletrolíticos, que necessitam de temperaturas mais baixas (200°C a 600°C) com espessuras inferiores a 0,001mm o que resulta em um custo menor se comparados com o Silício cristalino. Contudo, o componente principal, o Cádmio, se trata de uma substância menos abundante e de maior toxicidade, portanto a produção global não deve acontecer em uma quantidade significativa (ordem de GWp).

Outros competidores que utilizam metais menos abundantes em sua composição são o disseleneto de Cobre e Índio (CIS) e o disseleneto de Cobre, Gálio e Índio (CIGS). Assim como o módulo de CdTe, as tecnologias de CIS e CIGS têm a necessidade de serem encapsuladas com vidro, aumentando assim o peso em sua produção. Atualmente a tecnologia que possui a maior eficiência de conversão é a CIGS, chegando a uma faixa de 20% de conversão de energia solar a elétrica.

2.6 Funcionamento de uma Célula Fotovoltaica

As descrições de uma célula fotovoltaica podem ser divididas de acordo com os seguintes tópicos:

- Bandas de Energia;
- Condução Elétrica;
- Semicondutores Intrínsecos;
- Semicondutores Extrínsecos;
- Diodos e Junção Retificadora;
- Mecanismos de Funcionamento das Células Fotovoltaicas.

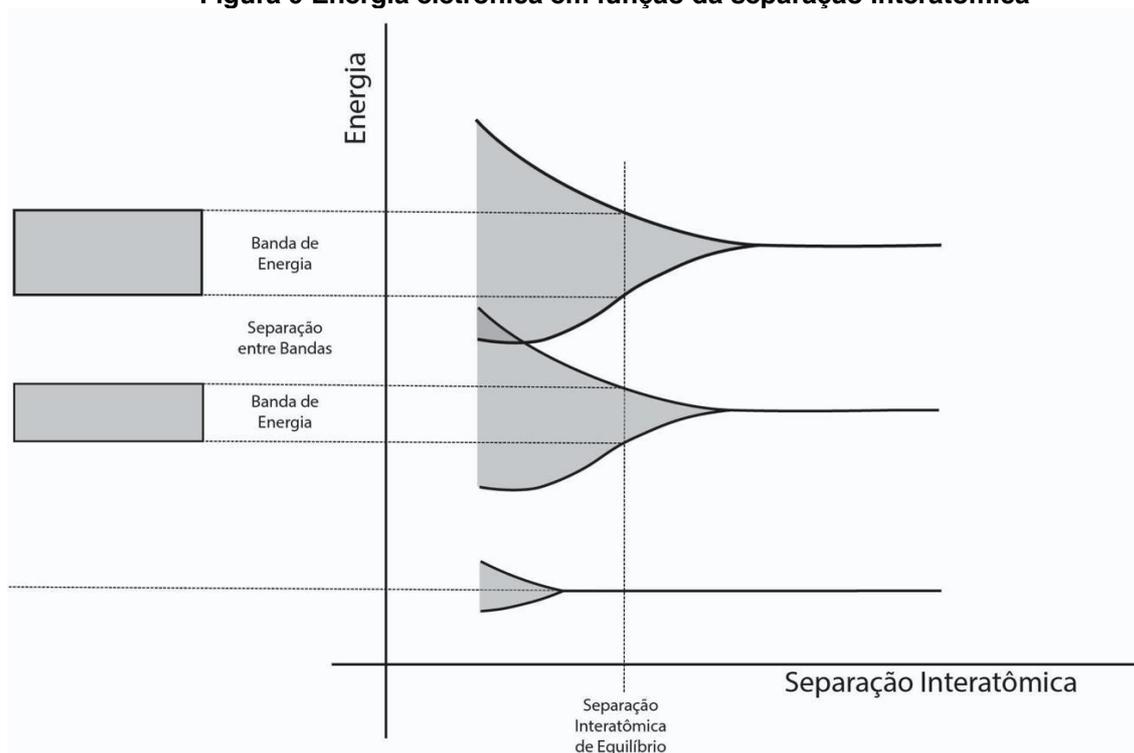
2.6.1 Bandas de energia:

Designa-se por banda de energia o conjunto dos níveis de energia que os elétrons num sólido podem possuir. Os elétrons estão divididos em camadas e sub-camadas eletrônicas (s, p, d, f) e para que passem de uma camada para a outra é necessário realizar um “salto quântico”, já que não há camadas intermediárias entre eles.

Os elétrons começam a preencher os orbitais mais próximos do núcleo possíveis antes de passarem para a próxima camada. Os elétrons que ocupam as camadas mais distantes são chamados de elétrons de valência e se os elétrons ocuparem os níveis de menor energia possíveis pode-se dizer que eles estão em seu estado fundamental.

Todo corpo sólido é composto por um número muito grande de átomos, agrupados, ordenados e organizados de modo a formar a estrutura do sólido, o que significa que a proximidade entre os átomos irá influenciar a sua estrutura eletrônica e a divisão que os elétrons irão tomar em função do espaçamento feito, se dividindo em camadas, é definido como banda de energia eletrônica.

Figura 9 Energia eletrônica em função da separação interatômica



Fonte: Tese de graduação Alves, A., Salaroli, F., Bono, G., Roggero, M., Barros, P.

2.6.2 Condução Elétrica

São considerados elétrons livres aqueles que, na presença de um campo elétrico, podem ser acelerados. Todos os elétrons que estão acima da Energia de Fermi (E_f) são passíveis de sofrer tal aceleração.

Para que a condução ocorra, é necessário que um material tenha, em sua banda de valência, ou seja, sua última camada, estados eletrônicos não preenchidos e que assim seja possível um salto quântico de uma banda preenchida para uma camada de valência mais livre. Um material é considerado mais condutor quanto mais fácil for a transferência de elétrons entre as camadas, quanto menor for a quantidade de energia necessária para fazer o salto, mais condutor é o material.

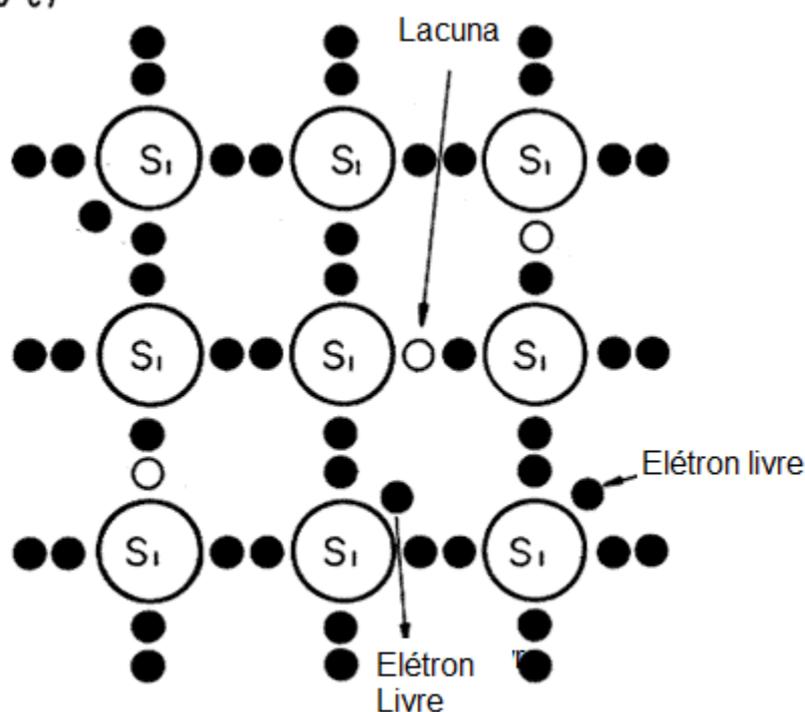
Ao se mover um elétron de uma camada para outra, a saída do elétron da camada mais próxima acabada deixando um “buraco” ou lacuna naquela camada. O buraco é parte importante da condução, pois facilita também a condução elétrica. Para fins de representação, os buracos são considerados como portadores de carga positivas, uma vez que se deslocam no sentido oposto aos elétrons.

Uma última consideração a ser feita com relação aos elétrons e os buracos, é que seu movimento não é ordenado, ou seja, as discordâncias e impurezas na estrutura do sólido fazem com que o movimento de elétrons seja causado de forma aleatória. Pode ser considerado uma obstrução à condutividade elétrica o aumento de temperatura que aumenta as vibrações térmicas e outras irregularidades que espalham os elétrons. Isso acaba por desorientar o fluxo dos elétrons.

2.6.3 Semicondutores Intrínsecos

Um semicondutor intrínseco é um semicondutor no estado puro. À temperatura de zero grau absoluto (-273°C ou 0K) comporta-se como um isolante, mas à temperatura ambiente (20°C) já se torna um condutor porque o calor fornece a energia térmica necessária para que alguns dos elétrons de valência deixem a ligação covalente (deixando no seu lugar um buraco) passando a existir alguns elétrons livres no semicondutor.

Figura 10 Explicação esquemática de como ocorre a transferência de elétrons (20°C)



Fonte: <http://www.prof2000.pt/users/lpa>

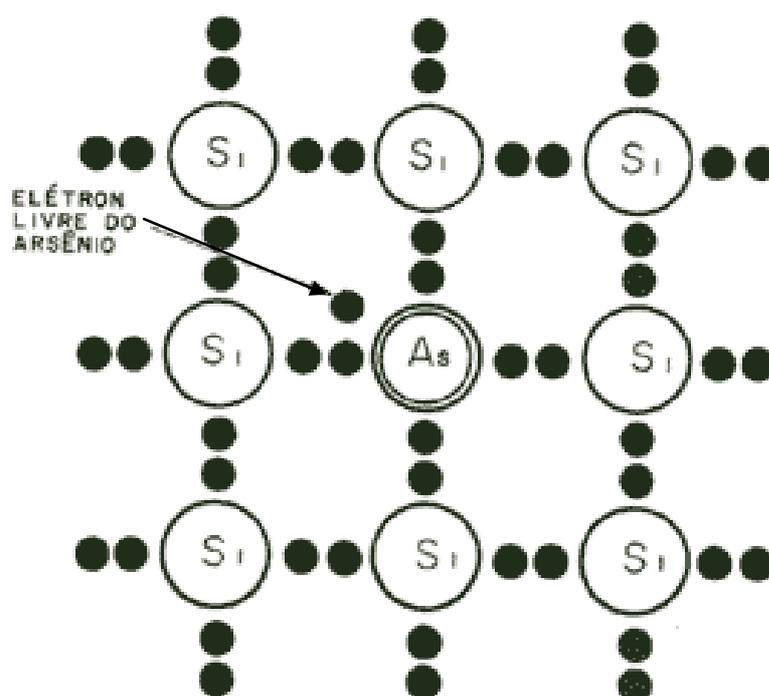
São materiais bastante conhecidos como semicondutores intrínsecos o Silício e o Germânio, mas também é possível encontrar na natureza outros materiais que apresentam características de semicondutores intrínsecos.

2.6.4 Semicondutores Extrínsecos

Semicondutores extrínsecos são o mesmo que semicondutores intrínsecos com impurezas, ou seja, foi adicionado a ele átomos que não fazem parte de sua configuração original, podendo estes serem adicionados pelo processo de dopagem. O processo de dopagem pode ser feito de duas maneiras: tipo N ou do tipo P.

Tipo N: é a introdução de átomos pentavalentes (como o Arsênio, por exemplo) num semiconductor puro (intrínseco). Isso faz com que apareçam elétrons livres no seu interior. Como esses átomos fornecem (doam) elétrons ao cristal semiconductor eles recebem o nome de impurezas doadoras ou átomos doadores. Todo o cristal de Silício ou Germânio, dopado com impurezas doadoras é designado por semiconductor do tipo N (N de negativo, referindo-se à carga do elétron).

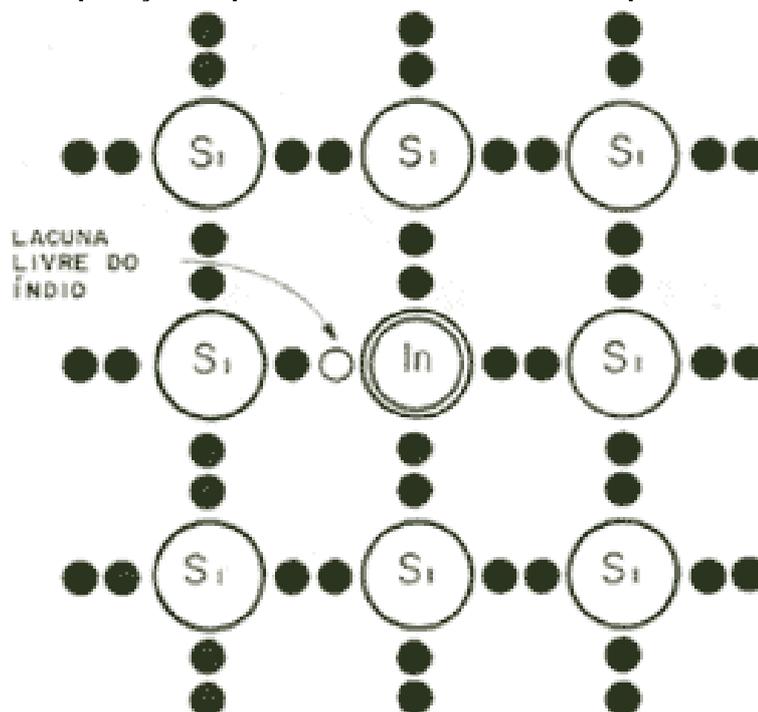
Figura 11 Explicação esquemática de como ocorre o dopamento do tipo N



Fonte: <http://www.prof2000.pt/users/lpa>

Tipo P: A introdução de átomos trivalentes (como o Índio) num semiconductor puro (intrínseco) faz com que apareçam buracos no seu interior. Como esses átomos recebem (ou aceitam) elétrons, eles são denominados impurezas aceitadoras ou átomos aceitadores. Todo o cristal puro de Silício ou Germânio, dopado com impurezas aceitadoras é designado por semiconductor do tipo P (P de positivo, referindo-se à falta da carga negativa do elétron).

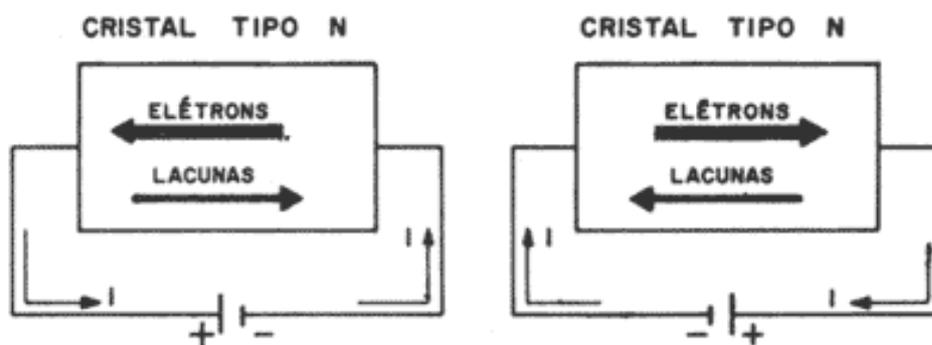
Figura 12 Explicação esquemática de como ocorre o dopamento do tipo P



Fonte: <http://www.prof2000.pt/users/lpa>

Num cristal semiconductor tipo N o fluxo de elétrons será muito mais intenso (seta larga na figura 12) que o fluxo de lacunas (seta estreita) porque o número de elétrons livres (portadores maioritários) é muito maior que o número de lacunas (portadores minoritários).

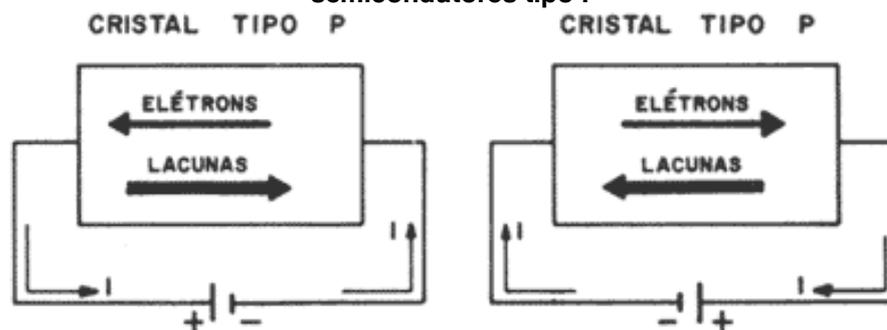
Figura 13 Explicação esquemática de como ocorre a movimentação de elétrons no semicondutores tipo N



Fonte: <http://www.prof2000.pt/users/lpa>

Num cristal semiconductor tipo P o fluxo de lacunas será muito mais intenso (seta larga na figura 13) que o fluxo de elétrons (seta estreita) porque o número de lacunas livres (portadores maioritários) é muito maior que o número de elétrons livres (portadores minoritários).

Figura 14 Explicação esquemática de como ocorre a movimentação de elétrons no semicondutores tipo P



Fonte: <http://www.prof2000.pt/users/lpa>

2.6.5 Diodos e Junção Retificadora

O diodo é um componente eletrônico composto pela união entre dois semicondutores extrínsecos, cada um de um tipo. Como já definido anteriormente, cada tipo de dopamento faz com que o material adquira certas configurações, logo, se imposto um campo elétrico negativo no lado n e um campo elétrico positivo no lado p, os elétrons tendem a se unir no lado em que há mais cargas positivas e os buracos, ou lacunas, tendem a se unir mais do lado negativo, onde há mais elétrons no campo elétrico, ou seja, eles irão andar em direções contrárias às fontes de energia. Essa caminhada oposta entre elétrons e buracos permite a passagem de corrente. Nessa recombinação, o elétron realiza um “salto quântico” para o estado de menor energia, no caso seria a lacuna na banda de valência, em função disso existe liberação de energia como a que ocorre nos LEDs, por exemplo.

No entanto, ao inverter o sentido dos campos elétricos, o diodo não permite a passagem de corrente. Isso ocorre já que nessa configuração, os elétrons e as lacunas se afastam da junção entre os dois tipos de semicondutores extrínsecos, impedindo o movimento de portadores de cargas pela estrutura do diodo. Dessa forma, a condutividade no sentido reverso ocorre apenas sob tensões que sejam mais elevadas do que a tensão referente ao fenômeno de ruptura do diodo. (Callister Jr, 2002)

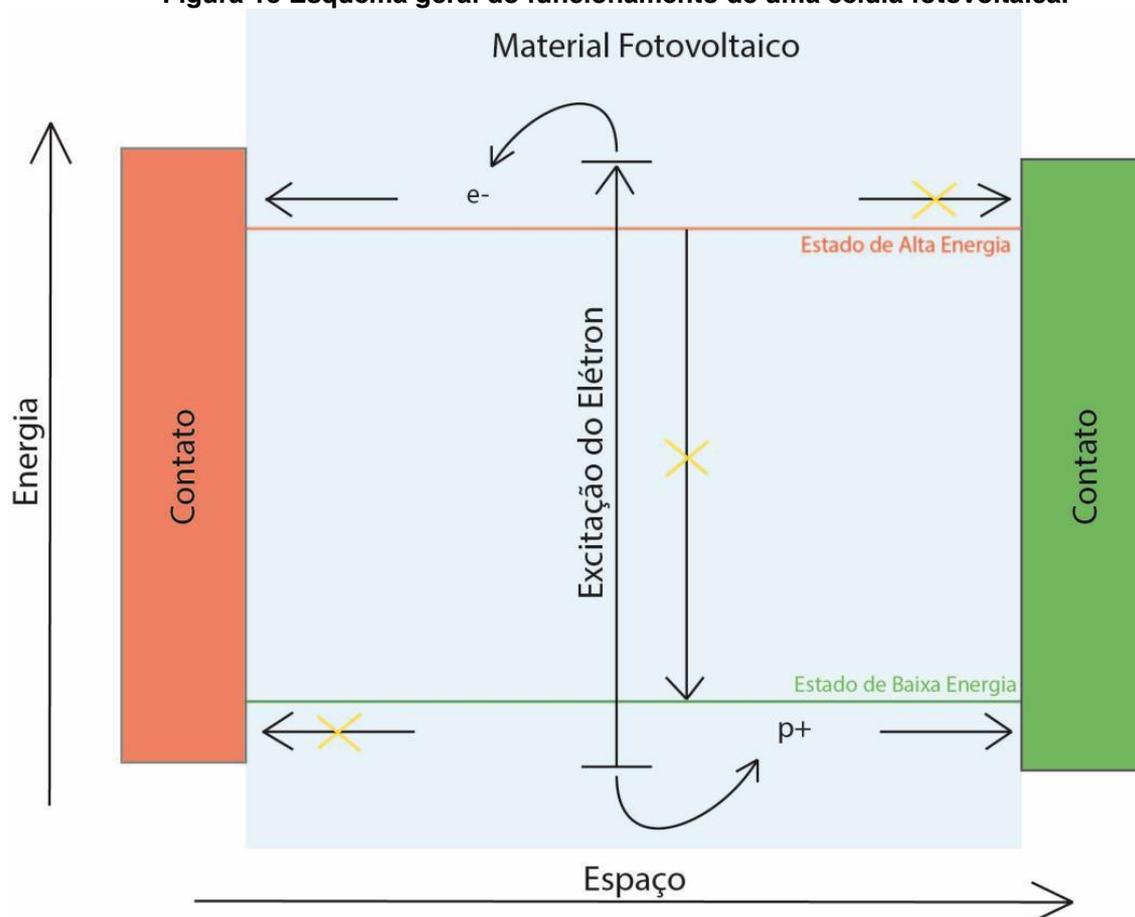
Em outras palavras, ao se juntar um semicondutor extrínseco do tipo N e outro do tipo P, a presença de mais elétrons em um e a presença de mais lacunas no outro faz com que na região de contato entre eles haja uma concentração de cargas negativas e positivas. Como há uma maior movimentação de cargas nessa região, a direção preferencial de passagem de corrente elétrica se dá nesse local.

2.6.6 Mecanismos de Funcionamento das Células Fotovoltaicas

Uma célula fotovoltaica, de forma genérica, é um dispositivo que possui dois estados energéticos (um de alta energia e outro de baixa energia), um mecanismo para absorção de fótons e uma estrutura que permite transferir cargas eletrônicas, além de contatos que são seletivos para cada uma dessas cargas, permitindo que elas sejam transmitidas (Ginley, 2012).

Uma explicação simples de célula fotovoltaica seria, por exemplo, a união de dois semicondutores extrínsecos, um dopado com o tipo P e outro dopado com o tipo N. Quando um elétron é energizado por um fóton que seja suficiente para gerar um salto quântico de elétrons, isso irá gerar um elétron livre e um buraco que tenderão a se movimentar pelo campo elétrico e a sua movimentação para as extremidades irá gerar corrente elétrica.

Figura 15 Esquema geral do funcionamento de uma célula fotovoltaica.



Fonte: Ginley, 2012

Para que se obtenha maior eficiência no rendimento das células fotovoltaicas, é necessário que se evite que o elétron e a lacuna tomem caminhos que sejam contrários ao fornecimento de energia, também deve-se evitar que elétron e lacuna se reencontrem dentro da placa.

A “depleção”, que seria um pequeno espaço de contato entre as placas no qual as cargas mais se acumulam e permitem uma corrente elétrica naquela região, muitas vezes não é suficiente para acumular todos os elétrons livres e lacunas geradas, alguns elétrons tenderão a voltar ao seu estado natural. Logo, isso deve ser evitado para que obtenha maior rendimento.

Também tem-se o fato de que nem toda a distribuição espectral de luz contém energia suficiente para fazer com o que o elétron realize o salto quântico necessário para causar o movimento deles no material. Logo existem alguns sistemas fotovoltaicos que levam em conta esse fato e tentam tornar mais eficientes esses movimentos de forma que existam mais de uma junção na célula fotovoltaica e cada uma delas está otimizada para captar energia de faixas diferentes do espectro solar.

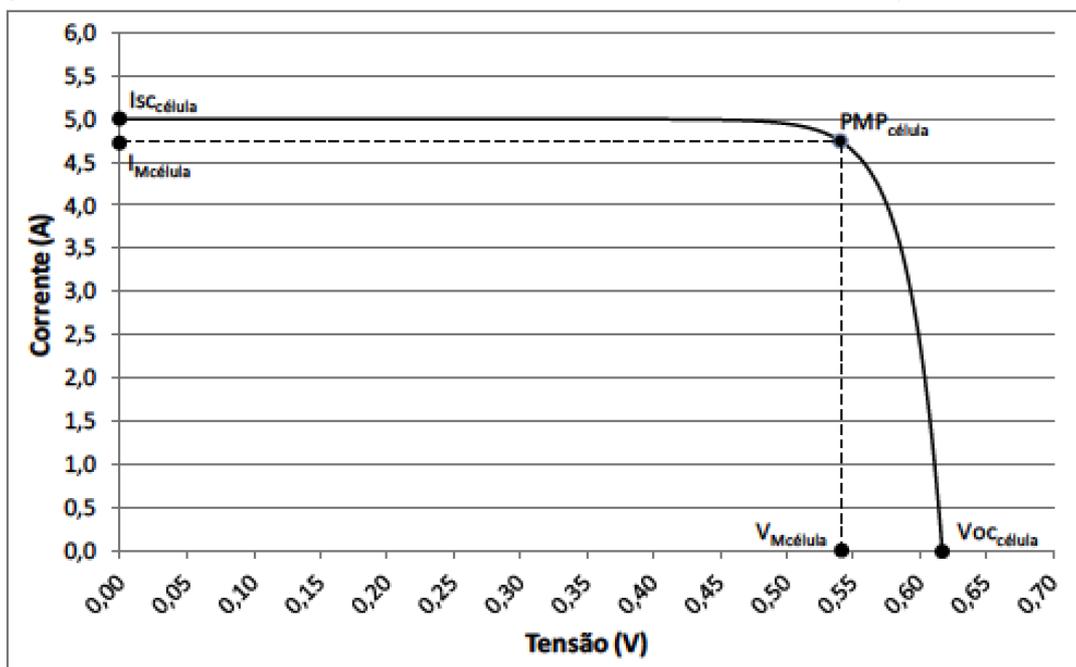
2.7 Parâmetros Elétricos de Células Solares

Os parâmetros utilizados para medir as características de corrente em um aparelho fotovoltaicos são os mesmos que os de aparelhos convencionais, sendo os 3 principais: tensão, corrente elétrica e potência.

Existem também três pontos essenciais no sistema, um no qual a tensão é nula, este é conhecido corrente de curto circuito; tensão de circuito aberto, no qual a corrente é nula; e o ponto de máxima potência que nada mais é do que o produto entre corrente e tensão.

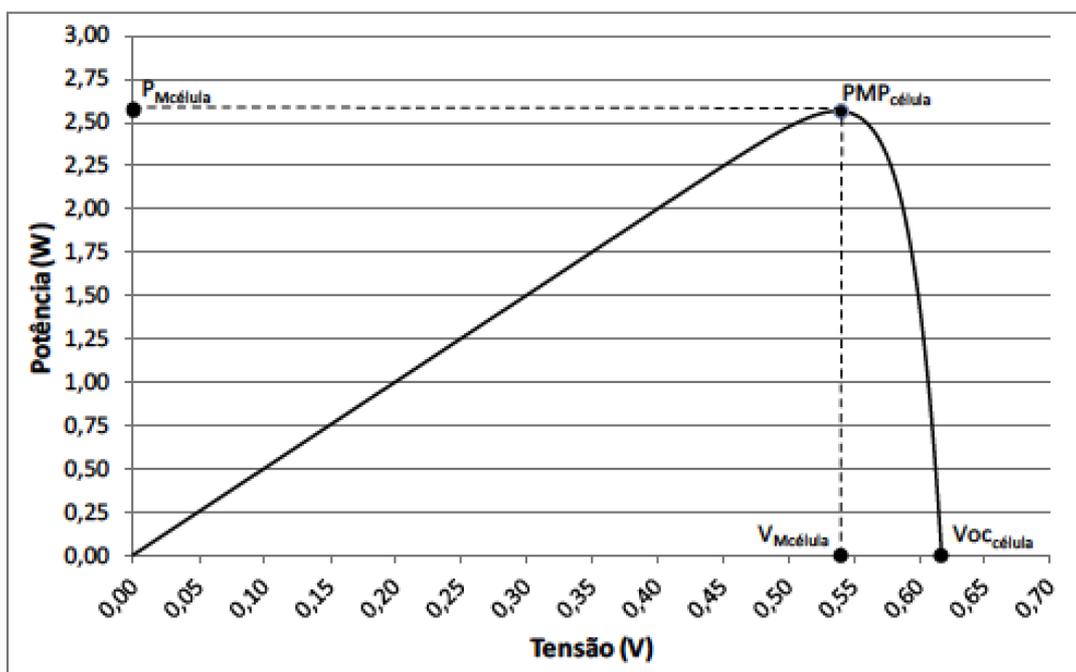
O ponto de máxima dessa última, é possível obter usando três instrumentos auxiliares: uma resistência variável, um voltímetro e um amperímetro.

Figura 16 Curva característica da célula fotovoltaica de corrente em função da tensão.



Fonte: Almeida, 2012

Figura 17 Curva característica da célula fotovoltaica de potência em função da tensão.



Fonte: Almeida, 2012

Normalmente esses parâmetros são utilizados para se comparar células diferentes, normalmente se utiliza de uma norma internacional (IEC 60904/DIN EN 60904) para que todos os dispositivos estejam sob as mesmas condições para se determinar seus pontos de máxima.

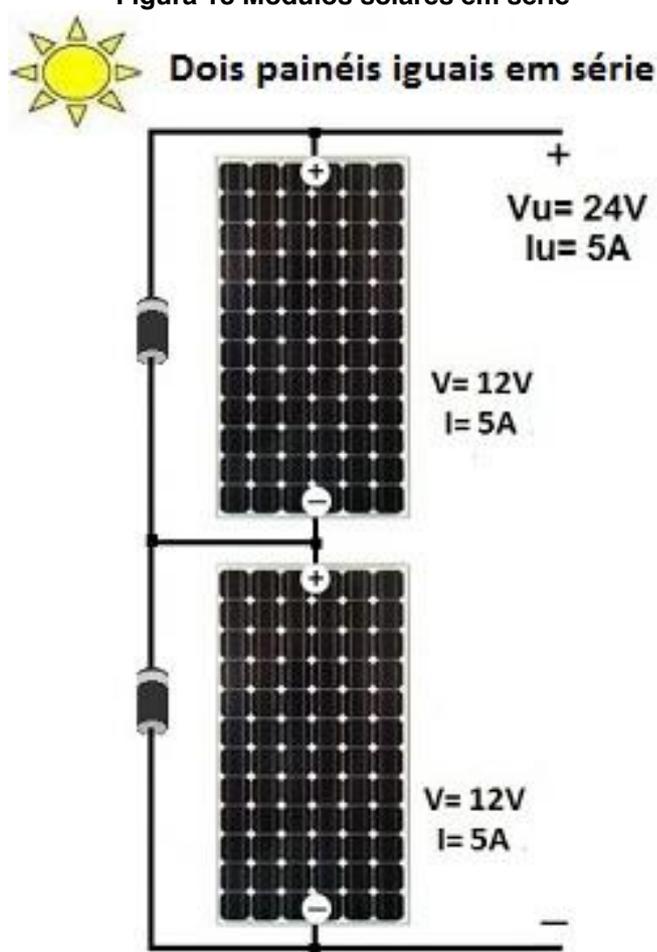
2.8 Conexão elétrica dos módulos solares fotovoltaicos

Normalmente os módulos solares fotovoltaicos apresentam tensões nominais relativamente baixas de 12V até 100V. A tensão de entrada do inversor não precisa ser dessa mesma faixa, uma vez que podemos fazer associações de módulos solares em série e paralelo de forma a garantir a tensão e corrente desejada na entrada do inversor.

2.8.1 Ligação em série dos módulos

Quando temos módulos solares de mesma corrente e queremos aumentar sua tensão para adequação à entrada do inversor, podemos conectá-las em série. Assim, pela lei de Ohm, podemos dimensionar o conjunto, para isso basta apenas conectar o terminal negativo de um módulo no terminal positivo do módulo seguinte. Também é necessário fazer uma conexão em paralelo de cada módulo solar com um diodo *by-pass* para evitar os problemas de *hotspot*, que ocorre quando a célula solar atua como uma carga levando ao seu aquecimento excessivo e sua possível destruição, devido ao sombreamento dos painéis.

Figura 18 Módulos solares em série

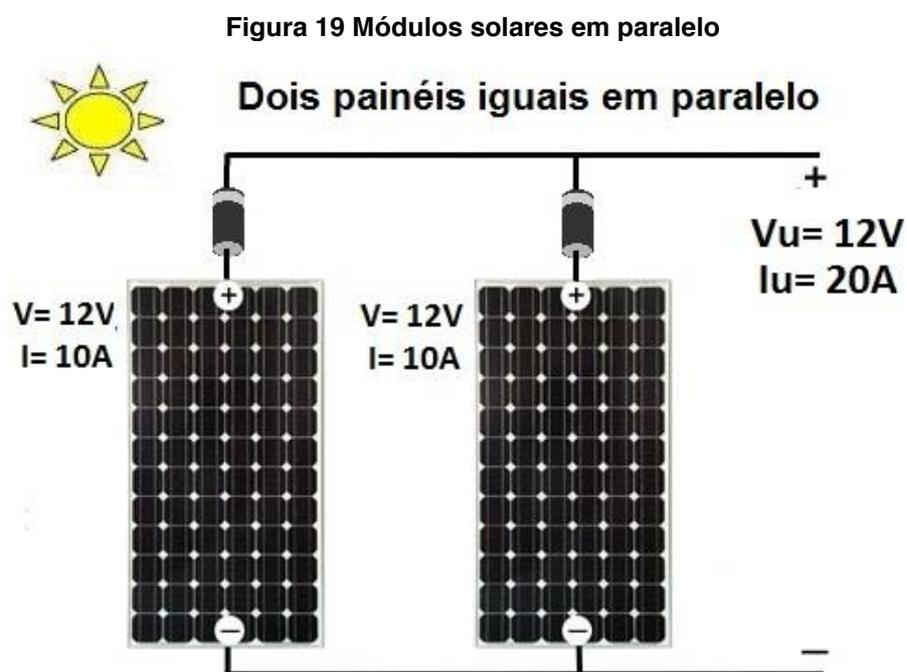


2.8.2 Ligação em paralelo dos módulos

Para fazer a instalação de módulos fotovoltaicos em paralelo, precisa-se olhar cuidadosamente sua voltagem. No caso em que os painéis possuem a mesma voltagem e potência, pode-se simplesmente conectar o terminal positivo de um painel solar com o terminal positivo de outro e fazer o mesmo com os terminais negativos. Também é aconselhado adicionar diodos de bloqueio para proteger a rede de curto circuitos e falhas.

Quando tem-se painéis com mesma voltagem, mas diferentes potências ainda pode-se conectá-los sem grandes dificuldades. No entanto, não pode-se conectar painéis solares de diferentes tensões e diferentes potência em paralelo porque o painel solar com menor potência se comportará como uma carga, absorvendo a corrente.

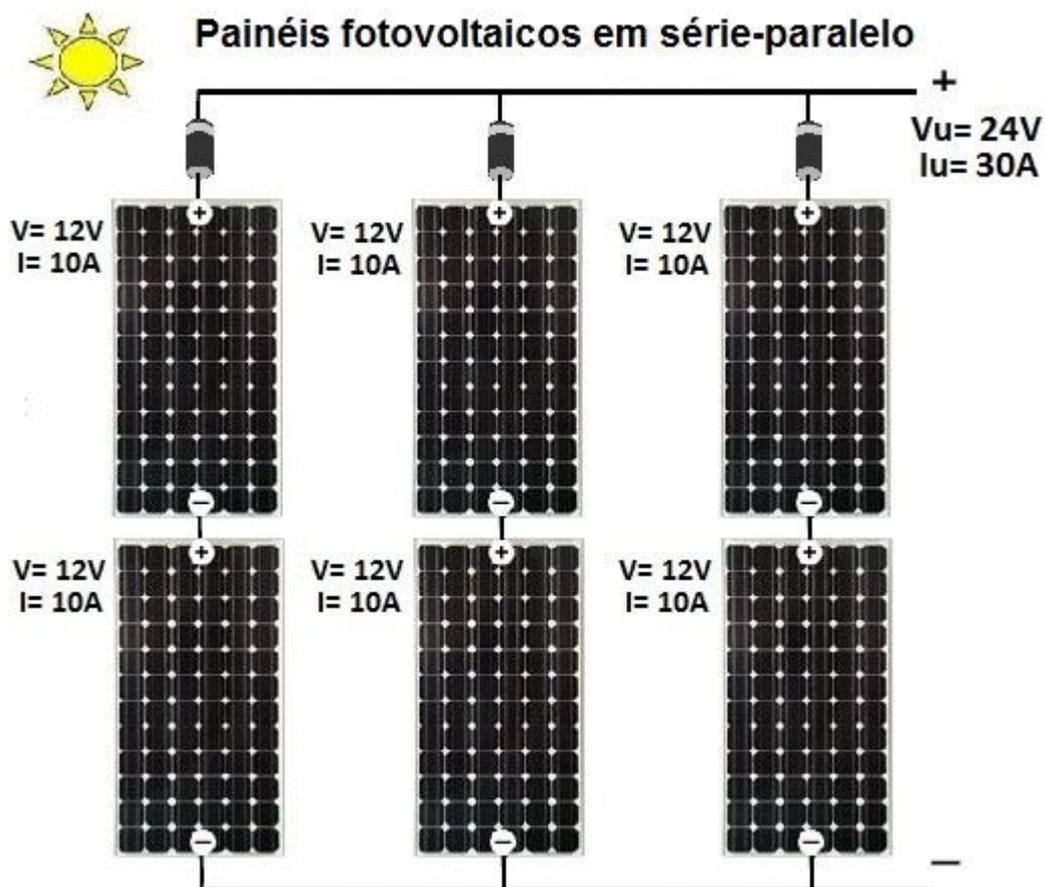
O sombreamento não vem a ser um grande problema para os painéis ligados em paralelo, uma vez que sua tensão independe da radiação recebida e a radiação difusa é capaz de manter parte das células fotovoltaicas em funcionamento sem grandes comprometimentos do sistema.



Fonte: <http://www.mpptsolar.com/pt/>

Uma possível solução para painéis com diferentes voltagens seria fazer ligações em série e paralelo de forma a dimensionar as tensões e correntes desejadas.

Figura 20 Associação de módulos solares em paralelo e série



Fonte: <http://www.mpptsolar.com/pt/>

2.9 Componentes de um sistema fotovoltaico

Para a produção de energia solar integrada à prédios, é necessário a instalação de diversos componentes para seu adequado funcionamento. Pode-se citar:

- **Células fotovoltaicas:** é a tecnologia elétrica que transforma a radiação solar em energia elétrica (CC). A sua associação em série forma os módulos solares, que pode-se encontrar e comprar em lojas.

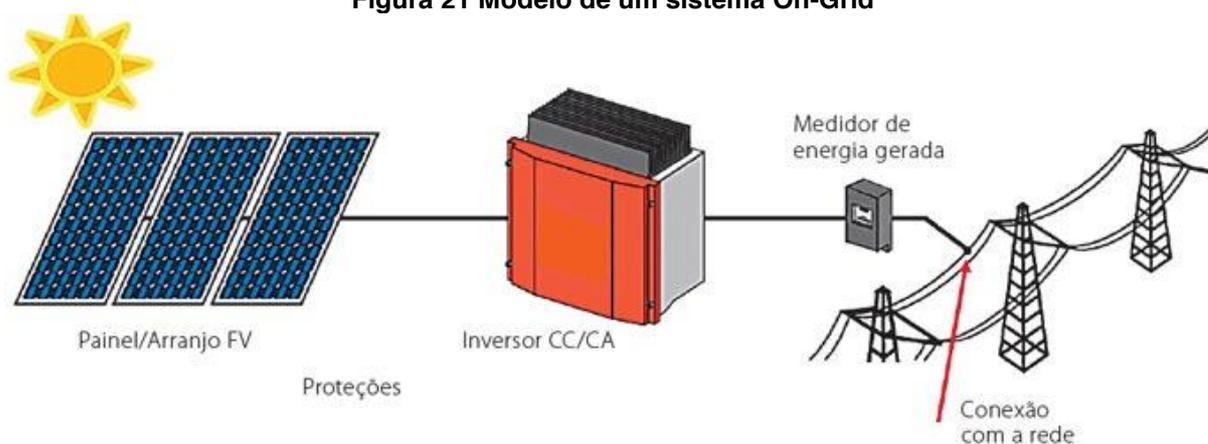
Para o armazenamento de carga em baterias, o convencional era utilizar sua saída em 20V por adequação à bateria, no entanto, nos dias atuais a maior parte da energia solar produzida é consumida por dispositivos eletrônicos na própria rede do local ou injetada na rede pública. Com o crescimento por esses interesses, e conseqüentemente por saídas em tensões de 110V e 220V, pode-se atingir essas tensões pela combinação de diversos módulos solares em série e paralelo.

- **Sistema de proteção:** é necessário a instalação de fusíveis para que uma possível falha ou sobrecorrente do sistema fotovoltaico não interfira ou danifique a rede do prédio, aparelhos conectados a ela, baterias e a rede de distribuição.
- **Cabos:** os cabos conectados ao módulo fotovoltaico preferencialmente são de duplo isolamento, suportam altas temperaturas (até 50°C) e resistentes à radiação ultravioleta.
- **Sistema inversor:** transforma a CC em CA com a frequência e a tensão da rede, com baixo teor de harmônicos e onda senoidal
- **Sistema de armazenamento:** normalmente é um conjunto de baterias que armazenam a energia produzida para utilização em períodos sem radiação solar, são muito comuns em sistemas isolados. A instalação desse sistema representa 30% do custo de instalação dos sistemas fotovoltaicos (GREEN, 2000).
- **Sistema estrutural:** o painel fotovoltaico precisa ser montado em algum suporte de forma a conseguir uma boa inclinação em relação à incidência solar ou alguma outra função desejada. Ele pode ser montado no solo, calhas, lajes, fachadas, etc.

2.9.1 Sistema fotovoltaico conectado à rede

Em inglês, *On-Grid* ou *Grid-Tie*, é o sistema em que o excedente de energia produzido pode ser lançado na rede de distribuição.

Figura 21 Modelo de um sistema On-Grid



Fonte: <http://amacedofilho.blogspot.com.br/2009/06/energia-fotovoltaica-na-arquitetura.html>

Em países como a Alemanha que possui um forte incentivo à energia solar, essa energia lançada na rede é vendida a uma tarifa superior a cobrada em sua retirada, ou seja é preferível vender a energia produzida ao invés de consumi-la diretamente. O verdadeiro ganho vem na ampliação da produção de energia distribuída devido a incentivos como esse.

No Brasil a ANEEL (Resolução Normativa 517/2014) propõe uma compensação, em que a energia excedente quando o consumo do gerador for menor que sua produção pode ser lançada na rede e deverá ser utilizada em algum outro momento. Analisando a situação da legislação no Brasil observa-se que o lançamento na rede funciona como um forma alternativa às baterias para armazenar a energia produzida.

2.9.2 Sistema fotovoltaico isolado

Na geração fotovoltaica isolada pode-se fazer a produção de energia por sistema de corrente contínua com armazenamento de energia, sistema de corrente contínua sem armazenamento, sistema de corrente alternada com armazenamento e sistema de corrente alternada sem armazenamento.

A principal diferença entre os sistemas que utilizam a corrente alternada é a necessidade do inversor, uma vez que a energia produzida pelas células fotovoltaicas é de corrente contínua e a maioria dos dispositivos eletrônicos funcionam em corrente alternada.

2.10 RENDIMENTO DO FOTOVOLTAICO

O rendimento do conjunto de módulos solares fotovoltaicos é influenciado por diversos fatores. O principal deles é a radiação solar, uma vez que, caso exista uma menor incidência solar devido ao sombreamento parcial, ou a inclinação e orientação do módulo, o mesmo irá conseguir converter uma quantidade menor de energia solar a elétrica. Outro fator que afeta algumas tecnologias é a temperatura do painel, contudo a tecnologia utilizada em vidros fotovoltaico não sofre tal influência. Por último existe o desgaste e o estado de limpeza das placas que também influenciam no sistema de geração fotovoltaica.

O sombreamento é um fator crítico do rendimento, pois quando existe tal fenômeno, o módulo solar não irá produzir em sua capacidade máxima, muitas vezes há grande perda do rendimento do mesmo, pois como as células solares individuais são conectadas em série, uma pequena sombra sobre uma dessas, como seria o caso de uma antena, determina a corrente (portanto a potência) de operação de todo o conjunto a ela conectado. Além disso, pode ocorrer um efeito conhecido como *hotspot* já explicado anteriormente. Este efeito pode ser evitado com a instalação de diodos de *by-pass* entre cada célula de um módulo, contudo isso diminui a eficiência global do sistema.

O rendimento influenciado pela inclinação e orientação dos painéis depende da razão entre a radiação direta e difusa dos locais, assim como a fração de albedo que circunda a instalação. A inclinação ótima com relação à incidência solar máxima é dada pela latitude local, assim como sua orientação ideal é dada quando o módulo está voltado para o Equador (norte geográfico para instalações no hemisfério sul e sul geográfico para instalações no hemisfério norte). Contudo, conforme estudos propostos por Van der Borg & Wiggelinkhuizen (Van der Borg & Wiggelinkhuizen, 2001) tais parâmetros não são, de fato críticos, pois tais estudos revelaram que para uma grande variedade de orientações possíveis, como seria o caso de módulos móveis que acompanham o Sol, pode-se atingir uma incidência de 95% de radiação máxima. Além disso, fachadas voltadas para o leste e oeste podem possuir rendimentos satisfatórios de 60% em relação a uma orientação ótima, devido ao baixo ângulo do Sol no início e final do dia (Sick & Erge, 1996).

2.11 Integração e aplicação com o edifício

Para o caso de placas fotovoltaicas existem diversas maneiras de se instalar e alocá-las em edifícios. No entanto o caso desse estudo é focado em vidros fotovoltaicos e para tanto será citado somente o caso de fachadas de edifícios.

Vale lembrar que as fachadas mais vantajosas para a instalação dos VFs são aquelas que não apresentam sombreamento e que, portanto, recebam incidência solar direta. O VF gerará tão mais energia quanto mais tempo receber incidência solar. Também quanto maior for o tamanho da fachada que conter os vidros, maior será a quantidade bruta de energia gerada.

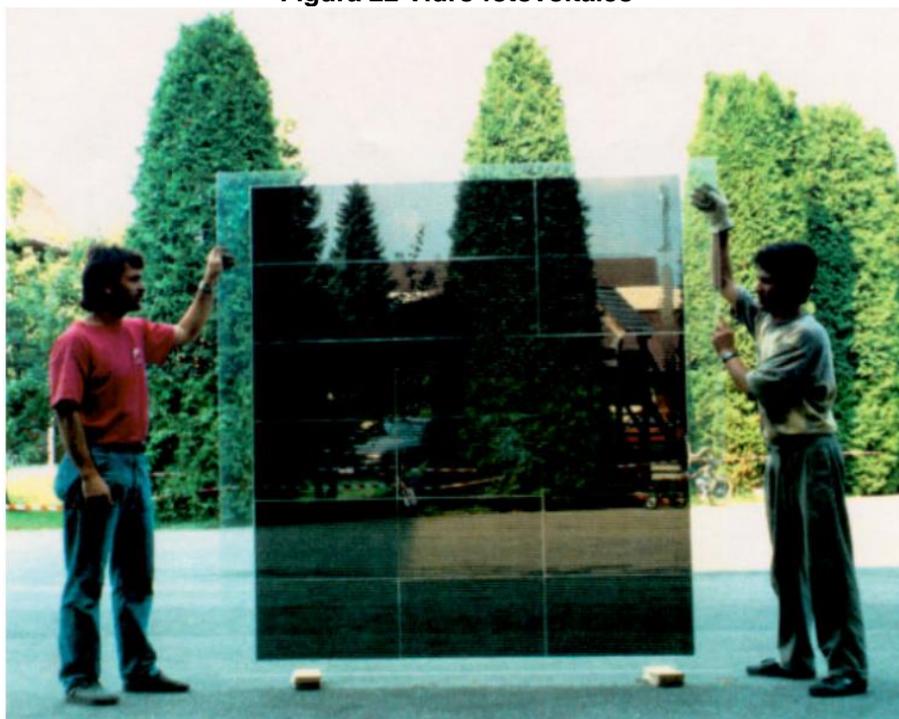
2.11.1 Integração de tecnologias fotovoltaicas em fachadas de edifícios

As configurações de instalação de fachadas com eficiência energética são muito particulares, pois é necessário que o edifício atenda as restrições acústicas, térmicas, entre outras, para se obter requisitos mínimos de desempenho funcional. Tudo isso envolverá custos no decorrer do funcionamento do edifício, principalmente com conforto térmico interno (ar-condicionado) e iluminação interna.

Os principais requisitos da vedação de um edifício são o desempenho térmico, o desempenho acústico, estanqueidade à água, controle da passagem de ar, proteção e resistência contra a ação do fogo, desempenho estrutural, controle de iluminação e raios visuais, durabilidade, custos iniciais e de manutenção, padrões estéticos, facilidade de limpeza e higienização.

Para este estudo em questão será focado o desempenho térmico, custos iniciais e de manutenção.

Figura 22 Vidro fotovoltaico



Fonte: Phototronics Solartechnik GmbH

2.11.2 Integração com a arquitetura do edifício

Devido ao fato do próprio vidro ser o gerador de energia não haverá necessidade de se integrar mais aparelhos na fachada do edifício e portanto existem algumas vantagens já de início, entre elas pode-se citar:

- Não há necessidade de se ocupar mais área para a geração de energia;
- Pode-se subtrair parte do custo de instalação já que ele irá substituir o material da fachada por ele;
- Irá fornecer ao edifício uma grande visibilidade pública, haja visto que isso demonstrará um grande comprometimento com o meio ambiente, e portanto oferecerá um apelo amigável para o edifício;

Vale ressaltar que, já que o vidro fotovoltaico irá, ao longo de sua vida útil, gerar energia e portanto oferecer um retorno financeiro de seu investimento, ele se torna a partir desse momento uma forma de “investimento”, já que os outros materiais convencionais de construção civil não irão permitir o mesmo tipo de retorno ao longo de sua vida útil.

3 ANÁLISE DOS DADOS INICIAIS E CONDIÇÕES DE CONTORNO

A simulação de eficiência energética será realizada para um prédio comercial, adotando para fator de comparação seu principal gasto de energia, o consumo para refrigeração do ambiente. Uma vez que a transmissão de radiação solar pelo vidro traz um aumento da temperatura interna, já que, cerca de 45% de toda a energia solar incidente na Terra pertence ao comprimento de onda infra-vermelho, responsável pelo aumento da temperatura em superfícies.

Como forma de diminuir o gasto com a energia de refrigeração de um prédio comercial, será estudado a aplicação de vidros na fachada de edifícios comerciais. A justificativa para estudar a fachada é que a mesma sendo composta completamente de vidros ou parcialmente é uma tendência na arquitetura moderna, além de possuir a maior área de incidência solar. Assim será estudada diferentes tecnologias para verificar qual possui melhor eficácia em desempenho e qual possui o menor custo associado. Também será utilizado como base o vidro comum de 6mm, que é de uso comum em edifícios, possui um baixo preço e uma alta transmitância térmica. Será comparado esse vidro com um vidro espelhado, que possui uma baixa transmitância térmica e um custo moderado e o vidro fotovoltaico, escopo do nosso trabalho que além de oferecer uma baixa transmitância térmica também é capaz de gerar energia, diminuindo assim, a carga utilizada pelo ar-condicionado, contudo seu custo é o mais alto entre os três tipos comparativos.

Será utilizado o vidro fotovoltaico com tecnologia de células de Silício amorfo, que por ser fabricado sendo depositado em um substrato por meio de deposição a vácuo, sendo este substrato no uma superfície transparente, no caso o vidro, para dar a característica ao material de ser semi-transparente. Tal material não possui um rendimento elevado, cerca de 4% a 10%, por isso será analisado seu *payback time* em um pavimento tipo de um prédio comercial.

Será adotado um sistema de corrente alternada sem armazenamento e não conectado à rede. Como o consumo elétrico de um prédio comercial é muito maior que a capacidade de produção em sua fachada, e o horário de incidência solar coincide com o horário comercial garantindo o consumo de toda a energia produzida, pode-se optar por não implementar um sistema de armazenamento de carga, que são extremamente caros, e não é necessário inversores complexos de forma a atender todos os padrões para lançamento na rede.

A montagem do sistema fotovoltaico será feita com diversos painéis em série e paralelo para atingir a tensão e corrente adequada na entrada dos inversores. Dessa forma pode-se economizar com a compra de painéis menores e mais simples ao invés de um painel personalizado e dimensionado para o projeto. Deve-se lembrar que os dispositivos de segurança como diodos de bloqueio, diodos *by-pass* e fusíveis são imprescindíveis nessas ligações para se evitar danos à malha e aparelhos do local.

3.1 Metodologia

Esse estudo tem por finalidade realizar um comparativo entre projetos que já existem e são comumente utilizadas no mercado, com uma nova tecnologia que pode se tornar uma nova tendência mundial e assim transformar o mercado como é feito hoje.

Para tanto, serão utilizadas análises qualitativas e algumas metodologias para as análises dos dados quantitativos.

São qualitativas aquelas que descreverão os aspectos de propriedades dos vidros, suas propriedades físicas e químicas, informações a respeito da incidência solar na Terra, e todas as informações julgadas necessárias para a obtenção de uma resposta acurada que não sejam necessárias simular em algum software ou programa.

São quantitativas as informações que se obterá devido ao uso de um software auxiliar. Os resultados serão números brutos.

Para realizar os métodos qualitativos, pesquisas foram feitas em cima de teses, relatórios e estudos já realizados nessa área. Tal método é chamado de “estudos secundários”, pois somente foram pegos os resultados desses estudos e não foram realizados pelo grupo.

O estudo de caso em questão que servirá para modelar e simular os dados para comparar os resultados serão obtidos juntos a indústria. Logo será utilizado um projeto real para se comparar os dados.

As estimativas que serão feitas, por exemplo, para uso de ar-condicionado e iluminação, utilizarão técnicas aprendidas na disciplina PCC2261 – Física das Construções e os dados do próprio prédio modelo obtido com a construtora.

Ao final, para utilizar os dados quantitativos, será usado o software DesignBuilder para modelar os dados do edifício e também para realizar a simulação do desempenho energético do edifício, simplifica a simulação do software EnergyPlus™. Também será utilizado o software PVSYST® que dará a quantidade de energia produzida pelas fachadas e conseqüentemente o retorno financeiro dos vidros em função da energia gerada.

Com os resultados finais será possível concluir e aconselhar se valerá a pena, com a atual tecnologia e preço, incluir a tecnologia de vidros fotovoltaicos em fachadas de edifícios ou não.

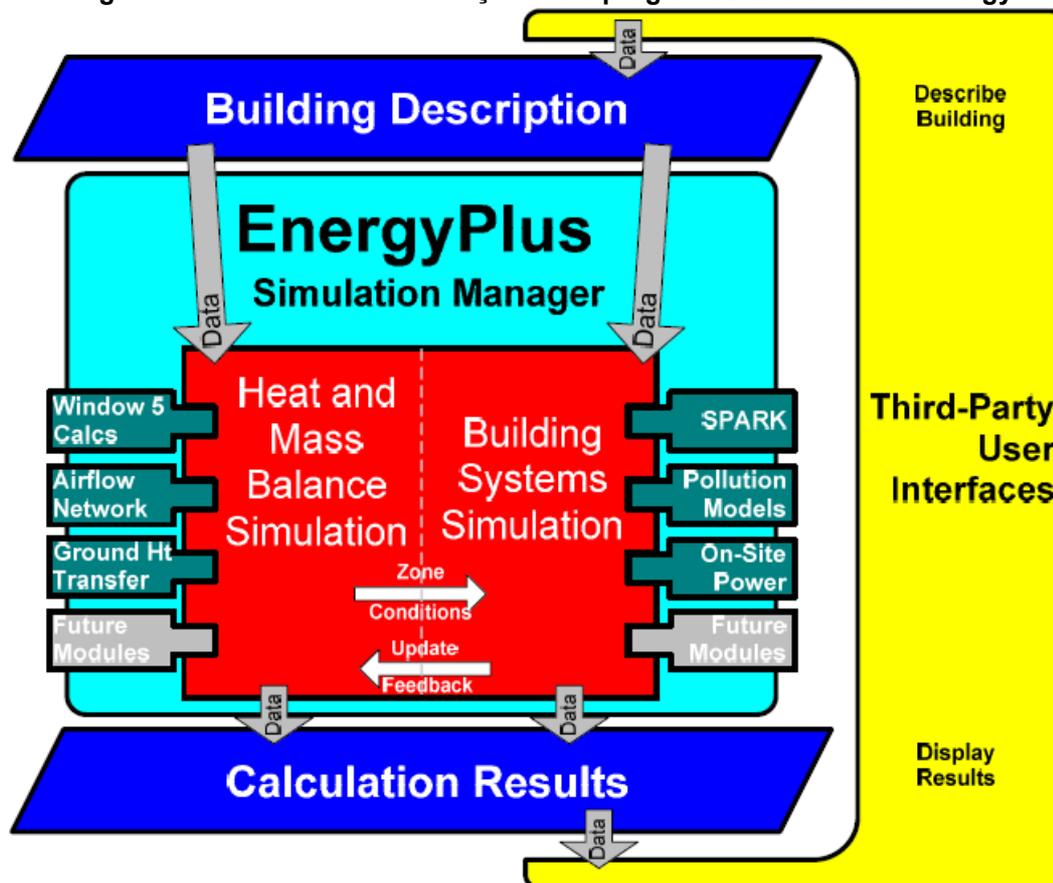
3.1.1 Software de análise

3.1.1.1 Energy Plus

Será utilizado o software Energy Plus™ para a simulação do problema proposto devido a sua maior confiabilidade nos resultados do que softwares similares. Ele permite, por exemplo, analisar o balanço de calor que ocorre no edifício quando submetido a uma carga térmica considerando efeitos de radiação e convecção tanto no interior do ambiente simulado como em seu exterior, além de também levar em conta o calor transiente em paredes, lajes, forros, etc. O programa também leva em conta fatores artificiais como iluminação, uma fonte de resfriamento (caso de um ar-condicionado) ou uma fonte de aquecimento (aquecedores). Outra vantagem que o programa oferece é permitir que programas de terceiros auxiliem como input de dados para maior facilidade.

O diagrama abaixo demonstra abaixo como os programadores podem associar os seus programas ao input de dados do Energy Plus™.

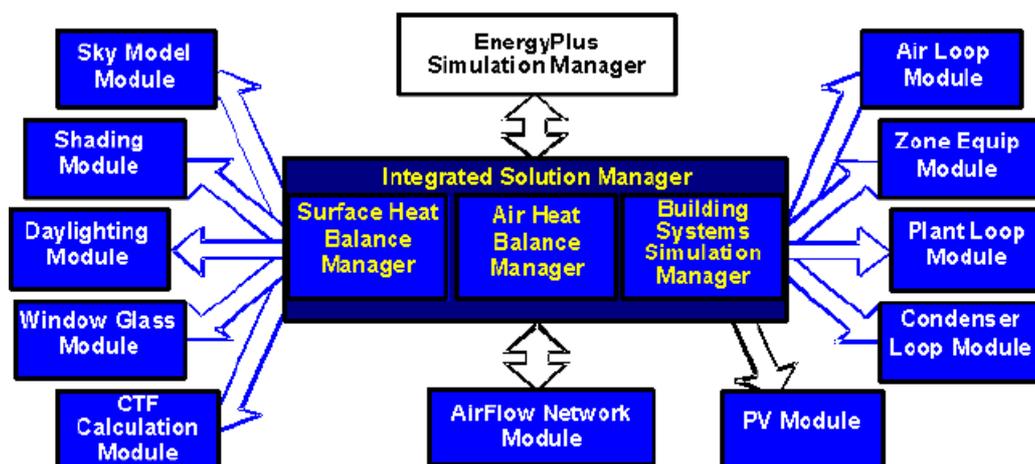
Figura 23 Diagrama demonstrando a interação entre programas terciários e o EnergyPlus™



Outro ponto forte do EnergyPlus™ é a integração de todos os aspectos de simulação – cargas térmicas, sistemas e modelagem, calculando assim o impacto termal em um edifício diretamente ao invés de realizar cálculos separados.

O diagrama abaixo demonstra a supracitada integração dos elementos na simulação

Figura 24 Integração entre os aspectos de simulação



Fonte: GettingStartedwith EnergyPlus, 2013

Contudo, nenhum programa pode simular o que ocorre em um ambiente real, sempre será uma simplificação da realidade, e o programa não substitui o engenheiro ou o arquiteto sendo a verificação de input de dados totalmente responsabilidade do mesmo.

Devido a sua grande complexidade ele não é *user friendly* e como já citado anteriormente o programa permiti que programas de terceiros auxiliem na entrada de dados, por isso utilizaremos um segundo programa para modelagem do prédio que será estudado. O programa que será utilizado é o DesignBuilder, que oferece um modelamento 3D alocando blocos pelo espaço tridimensional do programa. Além disso, pode ser incluído vãos, como janelas e outras de ar facilmente com o programa mencionado acima, como também iluminação e atividades presente na área.

3.1.1.2 Design Builder

O Design Builder® é um software inglês que faz modelagens e simulações de projetos de arquitetura e engenharia, com o objetivo de prover construções confortáveis que se adequem as regulações, minimizam custos ao cliente, otimizam custos de energia e reduz impactos ambientais.

Figura 25 Software utilizado, DesignBuilder

Fonte: <http://www.designbuilder.co.uk/>

O software possui uma interface simples para a modelagem e é capaz de importar arquivos BIM e CAD, em 2D e 3D. Ele também importa automaticamente informações da radiação solar, inclinação da incidência solar e período de insolação durante o dia do local de estudo.

O DesignBuilder foi escolhido para a simulação por ser de fácil modelagem e por simplificar a simulação energética do Energy Plus™. Seu método concentra as características da zona em um único ponto e simula suas interações energéticas com as zonas adjacentes. Através do Design Builder é possível transferir todos os dados de construção do edifício para o Energy Plus™ criando assim uma comunicação entre softwares para a realização do cálculo final.

3.1.1.3 PVSYST

O PVSYST é um programa que permite criar e simular um projeto de sistema fotovoltaico ligado na rede. Ele é capaz de importar dados meteorológicos, criar condições de influências no entorno do projeto e considerar perdas no sistema devido ao aquecimento excessivo dos painéis fotovoltaicos. Podem-se utilizar diferentes modelos de geração fotovoltaicas como painéis, vidros e superfícies. Além disso, é necessário especificar o número de módulos em serie e os inversores utilizados para geração. Iremos utilizar o programa para simular a geração de nossos parâmetros para obter um resultado de geração que possa ser utilizado em uma posterior avaliação econômica.

Figura 26 Software utilizado, PVSYST

Fonte: <http://www.PVSYST.com/en/>

4 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Pretende-se responder nesse projeto se de fato hoje, com a tecnologia existente, a implementação de vidros fotovoltaicos faz sentido como alternativa aos atuais materiais usados como fachadas de edifícios, mais especificadamente em edifícios comerciais.

Como descrito nos objetivos, é interesse do projeto definir se de fato faz sentido para engenheiros, arquitetos, construtoras de um modo geral, começarem a considerar novos tipos de projetos para a construção de fachadas. Sabe-se que as mudanças na indústria acontecem com certa “incerteza” devido ao fato de ninguém querer tomar a iniciativa. Então o projeto irá fortalecer, ou pelo menos servir de incentivo aos tomadores de decisão na indústria.

Os autores pretendem que isso possa de alguma forma, motivar a indústria a usar novas tecnologias que são mais ambientalmente corretas e que possam agregar valor e diminuir custos. É de interesse dos autores verificar uma mudança na forma com que os edifícios são hoje construídos.

Devido ao tempo existente para executar o projeto, o trabalho não irá implementar de fato as mudanças propostas em um caso real, para obter dados em campo, mas apenas simular através de softwares.

5 ESTUDO DE CASO

5.1 Edifício de estudo

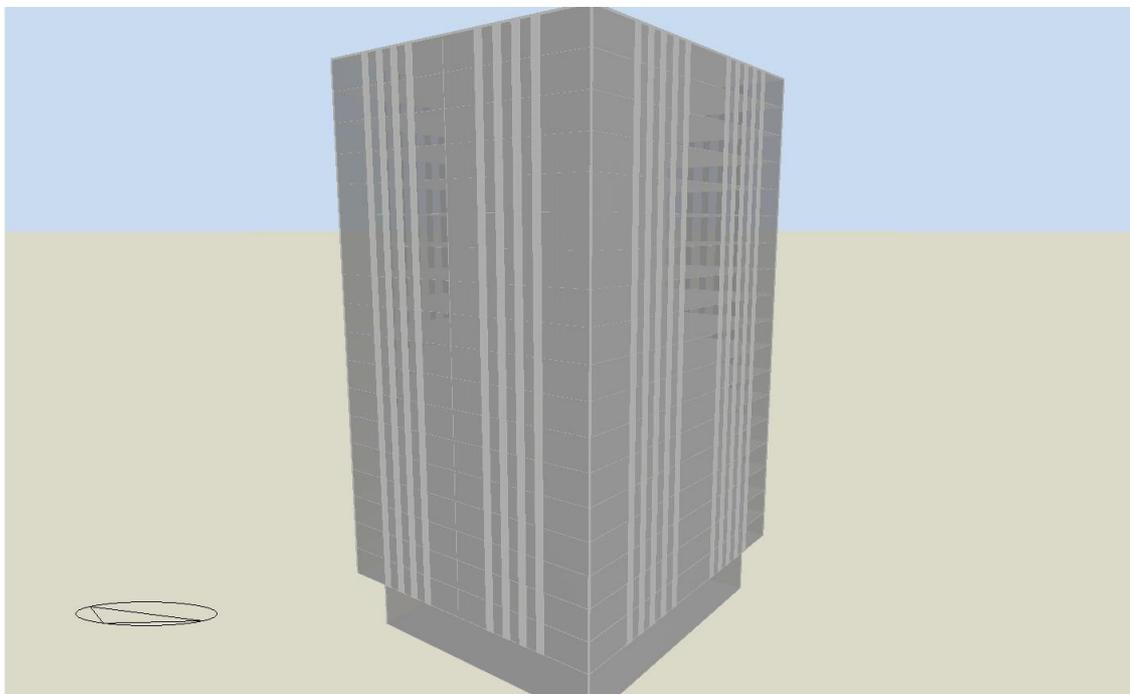
Para o estudo de caso foi utilizado prédio real com fachada de vidro refletivo para fins comerciais na cidade de São Paulo, as informações obtidas foram fornecidas por uma construtora de grande reconhecimento no mercado. A identidade e algumas informações do projeto e da construtora serão omitidos para a preservação dos mesmos.

O prédio em estudo possui forma retangular e sua fachada é orientada para o Norte. O pavimento térreo possui dimensões 43 m x 37 m, área de 1591 m², com um pé direito de 9,0 m e 14 pavimentos tipo com dimensões de 50 m x 43m, área de 2150 m², e um pé direito de 4,1m. Há também 10 faixas verticais de concreto com 1 m de largura nas fachadas maiores e 8 faixas nas fachadas menores, isso resulta em uma área útil menor do que a área total das fachadas.

Tabela 3 - Área de fachada

Fachada	Norte/Sul	Leste/Oeste
Área total (m ²)	2870,0	2468,2
Área de concreto (m ²)	574,0	459,2
Área útil (m ²)	2296,0	2009,0

Figura 27 – Prédio de estudo modelado no DesignBuilder



Para a definição dos materiais construtivos do pavimento tipo, escolhemos os materiais mais semelhantes ao projeto real dentre os disponíveis na própria lista do DesignBuilder. Paredes internas de alvenaria 100 mm mais 2,5 mm de argamassa e laje de concreto 200 mm.

O prédio utiliza um vidro refletivo verde com dupla camada de 6 mm cada e câmara de ar entre elas. No software as principais propriedades que definem o comportamento do vidro são transmissão luminosa, fator solar e U-Value. Segue abaixo as propriedades utilizadas no projeto real:

Transmissão luminosa: 0,29
Fator solar: 0,29
U-Value ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$): 5,50

E as principais fontes de carga térmica do empreendimento e seus valores foram estipuladas pela própria construtora de acordo com seu projeto:

Iluminação:

Escritórios: $20 \text{ W}/\text{m}^2$
Lobby: $20 \text{ W}/\text{m}^2$
Auditório: $20 \text{ W}/\text{m}^2$

Pessoas:

Escritórios: 7 m²/pessoa
 Lobby: 10 m²/pessoa
 Auditório: 2,3 m²/pessoa

Cargas de piso:

Escritórios: 23 W/m²
 Lobby: 0 W/m²
 Auditório: 15 W/m²

A temperatura do ar-condicionado utilizada foi de 23°C para o lobby e 21°C para os pavimentos tipo. Toda a área interna foi considerada sem uso de ar-condicionado e portanto, só a área de escritório que é condicionada.

O tempo de operação para o ar-condicionado, iluminação e cargas de piso todos foram os orientados pela ASHRAE para escritórios.

5.2 Vidros simulados

Visando atingir o objetivo de verificar se a tecnologia do vidro fotovoltaico já está em um nível de desenvolvimento aplicável pelo mercado, em que sua utilização seja justificada pelos benefícios ambientais e também pelos benefícios monetários, serão realizadas simulações de comportamento e de eficiência da carga térmica no edifício modelado no DesignBuilder.

Para os diferentes cenários de estudo utilizaremos diferentes tipos de vidros, o vidro claro de 6 mm de espessura irá simular o pior cenário possível, porque representa a pior eficiência energética possível na fachada do edifício deixando toda a radiação incidente entrar no mesmo. O Vidro refletivo de 12 mm com câmara de ar é o mesmo utilizado no projeto real e servirá como base para o entendimento da viabilidade da tecnologia no mercado real de construções comerciais no Brasil, sua transmissão solar é de 29%. Serão também simulados os quatro tipos de vidro fotovoltaico com graus de transparência de 10%, 20%, 30% e 40%. Segue abaixo as principais propriedades dos vidros analisados.

Tabela 4 – Principais propriedades dos vidros simulados

Propriedade	Vidro claro	Vidro refletivo	PV10S	PV20S	PV30S	PV40S
Transmitância luminosa	88,1%	29,0%	10,8%	17,3%	28,4%	36,6%
Fator solar	77,5 %	29,0%	29,0%	34,0%	41,0%	46,0%
U-value (W/m ²)	6,12	5,5	5,7	5,7	5,7	5,7

Na simulação realizada no DesignBuilder foram utilizadas algumas premissas simplificadoras. Foi considerado que não há nenhum sombreamento do entorno do

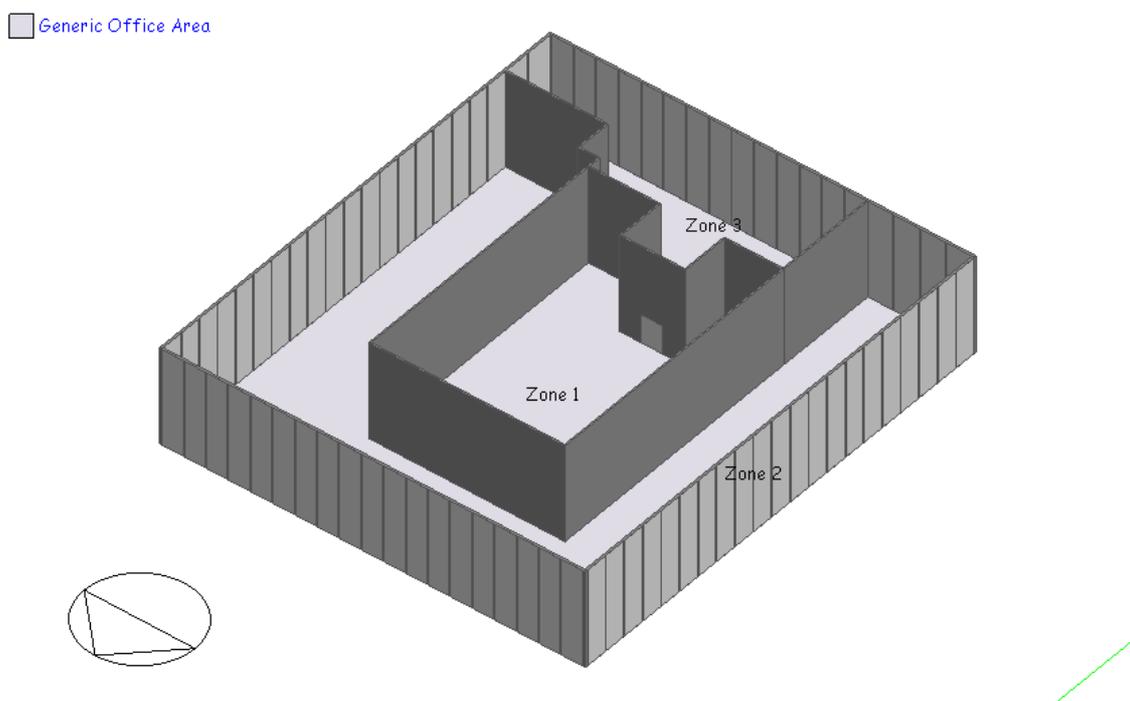
edifício e também não há incidência de carga difusa, essas premissas se fazem válida uma vez que nosso o objetivo é realizar um estudo de base para a viabilidade da tecnologia fotovoltaica.

5.3 Modelagem e simulação

5.3.1 Modelagem do edifício

Para a modelagem do pavimento térreo, foi importada a planta em PDF e desenhada as paredes sobre essa figura. Para não sobrecarregar o programa durante a sua simulação, simplificamos algumas das zonas de áreas no programa, nesse caso unimos o espaço do anfiteatro, hall do elevador e elevadores.

Figura 28 – Modelagem do Pavimento Térreo



Para a modelagem do pavimento tipo, também foi importada a planta do pavimento tipo e posteriormente foram desenhadas as paredes sobre ela. Nesse caso houve um número maior de simplificações nas zonas, porque as partes mais ao centro do pavimento apresentam características semelhantes e são todas não condicionadas.

Figura 29 – Modelagem do Pavimento Tipo inicial

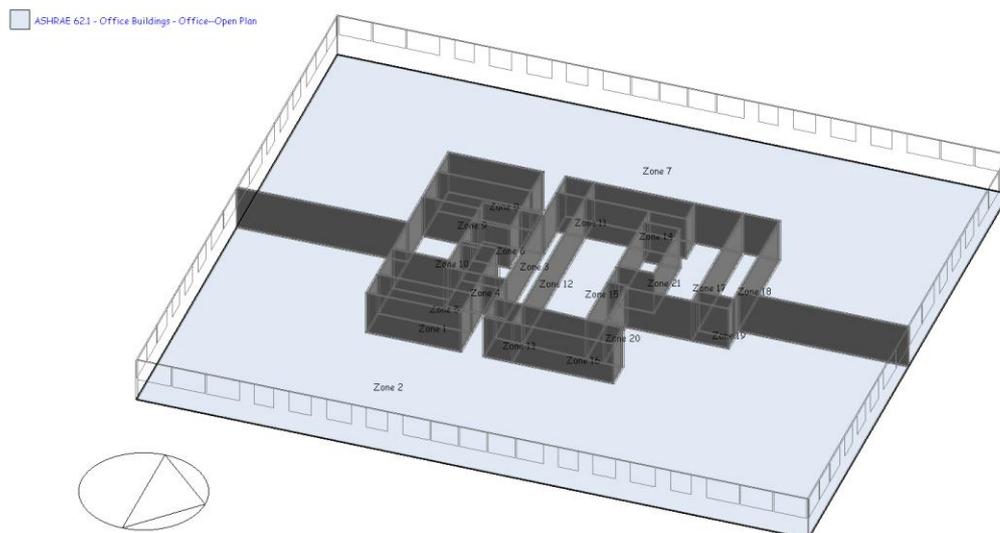
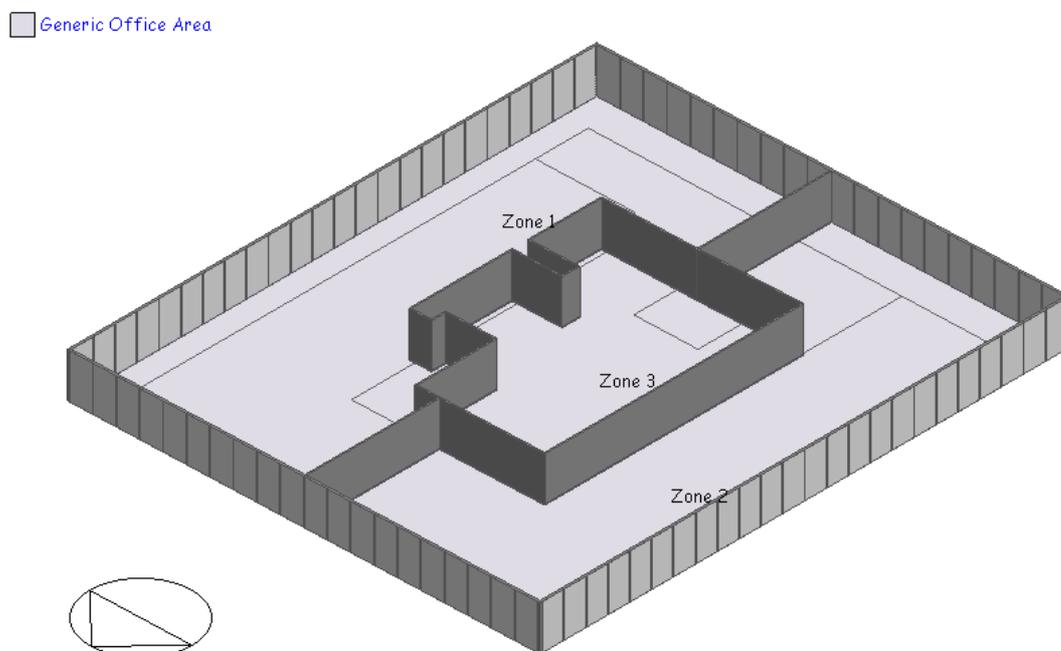


Figura 30 – Modelagem do Pavimento Tipo simplificado



5.3.2 Modelagem do vidro fotovoltaico

Utilizamos o software PVSYST para simular a geração de energia produzida pelo edifício em estudo, contudo para chegar a resultados que se aproximem da realidade, vários parâmetros tiveram de ser preenchidos e atendidos.

Para simular as condições corretas de geração é necessário especificar a localização do caso de estudo, pois a incidência da radiação solar é fortemente influenciada pela localização do projeto, no caso foi utilizado a cidade de São Paulo (UTM 23.5°S e 46.6°W), o albedo considerado foi de 0,2, o que corresponde a um padrão do programa. Como forma de simplificar a simulação foi considerado que não há nenhum sombreamento ao redor do prédio, assim como não há interferências no horizonte.

O passo seguinte foi definir a orientação, a inclinação e área do gerador, a área considerada foi a área útil de cada fachada, que como já descrito anteriormente varia de 2009 m² para a fachada leste e oeste e 2296 m² para norte e sul. A inclinação utilizada foi de 90°, uma vez que o vidro está instalado na fachada e a mesma está perpendicular ao solo. Para o parâmetro de orientação foi necessário realizar 4 simulações, já que para cada orientação (Norte, Sul, Leste e Oeste) há uma geração diferente.

A seguir foi necessário inserir as especificações do vidro fotovoltaico, contudo como o programa não possuía o modelo de vidro utilizado no estudo (Soliker PV10S, 20S, 30S e 40S), foi necessário escolher um vidro fotovoltaico com configurações próximas e modifica-lo de modo que os parâmetros encontrados no catálogo fossem atendidos. As informações dos vidros fotovoltaicos da Soliker podem ser consultadas no **Anexo IV**.

O próximo passo foi escolher qual inversor seria utilizado e quantos módulos em série ficariam acoplados a este equipamento. A escolha do inversor foi dada pelo programa que recomendou certos parâmetros a serem atendidos, tais como o número de módulos em série deve ficar entre 6 e 9, o número de filamento em um módulo estar entre 449 e 533. Tais condições tiveram que ser atendidas para que as condições de operação do modelo de inversor fossem atendidas. Assim foi utilizado um inversor da Mastervolt de potência de 10 kW.

Utilizamos parâmetros de perda de rendimento padrão do programa, a fim de simplificar o input de dados.

A simulação feita foi de 1 de janeiro de 1990 até 31 de dezembro de 1990, foi escolhida tal data, pois o programa não permitia a simulação em outro período.

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

6.1 Resultados do edifício de estudo

A simulação no DesignBuilder, como explicado anteriormente, para os vidros fotovoltaicos (PV10S, PV20S, PV30S e PV40S), vidro refletivo e vidro transparente produziram relatórios de resultados que podem ser consultados no **Anexo III**. A seguir são apresentados os resultados de gastos energéticos globais do edifício e do resfriamento, também é apresentada a proporção do consumo por condicionamento do ambiente em relação ao consumo total:

Tabela 5 – Resultados de consumo de energia

Edifício	Consumo (kWh/ano)	Refrigeração (kWh/ano)	Refrigeração/Consumo (%)
Vidro Claro	5.971.111,85	2.517.329,63	42,2%
Vidro Refletivo	5.419.681,13	1.965.898,76	36,3%
PV 10S	5.420.939,10	1.967.156,74	36,3%
PV 20S	5.481.365,10	2.027.582,75	37,0%
PV 30S	5.556.380,34	2.102.597,98	37,8%
PV 40S	5.663.315,12	2.210.632,76	39,0%

Pode-se observar que o Vidro Claro apresentou o maior gasto de energia com refrigeração, como esperado. Independente dos valores semelhantes do grau de transmissão luminosa, verificar Tabela 4, para o Vidro PV30S (28,4%) e para o Vidro Refletivo (29,0%), o edifício que utiliza o vidro fotovoltaico resultou em um consumo maior de energia do que o implementado no projeto real, vidro refletivo com câmara de ar.

Isso levanta um ponto muito interessante, de que a carga térmica que entra na área interior do edifício por condução térmica é bastante relevante para o estudo de performance energética. Parte da luz incidente no vidro é absorvida, transformada em calor e conduzida para dentro do edifício, esse fenômeno é representado no Fator Solar. O calor que é conduzido pelo vidro e é proveniente da diferença de temperatura da área interior e da área exterior é representada no U-Value.

A simulação realizada demonstrou que apenas o PV10S resultou em uma eficiência energética aproximadamente igual ao vidro refletivo utilizado no projeto real. Também é válido lembrar que isso não significa que o vidro fotovoltaico possui uma baixa performance térmica, porque o vidro refletivo com câmara de ar utilizado no edifício atende as exigências estabelecidas pela certificação do LEED®.

6.2 Estimava de geração de energia pelos vidros fotovoltaicos

Como já dito antes foi necessário simular a geração de energia no software para cada orientação de fachada (Norte, Sul, Leste e Oeste) e para cada modelo do vidro fotovoltaico (Soliker PV10S, PV20S, PV30S e PV40S), de modo que foi obtido um total de 16 resultados distintos.

O programa utilizou a localização especificada para calcular a irradiação solar incidente em um plano horizontal total ao longo de um ano e a temperatura média do local, como pode ser visto na **Tabela 6**

Tabela 6 – Médias de Incidência Solar e Temperatura Ambiente

Mês	Incidência Solar sobre Superfície Horizontal (kWh/m²)	Temperatura Ambiente (°C)
Jan	139,9	23,07
Fev	139,7	23,11
Mar	125,6	22,57
Abr	108,0	21,37
Mai	98,8	18,23
Jun	88,6	17,55
Jul	99,7	16,57
Ago	114,9	17,94
Set	112,3	18,52
Out	124,9	20,12
Nov	149,7	20,77
Dez	140,3	22,25
Anual	1442,4	20,17

Deve se considerar que existem diversos fatores que podem alterar esses dados ao longo dos anos e que não podem ser incluídos na simulação do programa, tais como mudanças climáticas, aumento da emissão de gases poluentes e aumento do albedo global.

A partir destes dados o programa simulou para cada orientação e os resultados podem ser vistos abaixo.

6.2.1 Orientação Norte

Como previsto esta fachada foi a que obteve maior incidência em uma superfície inclinada, um total de 870,2 kWh/m² ao longo de um ano sem contar o efeito de variação do ângulo de incidência (Incidence Angle Modifier, IAM), isto é, caso o painel acompanhasse a incidência solar ao longo do dia seu valor seria 1, contudo devido ao vidro ser fixo esse valor é menor, assim o valor de incidência total efetiva de 822,5 kWh/m².

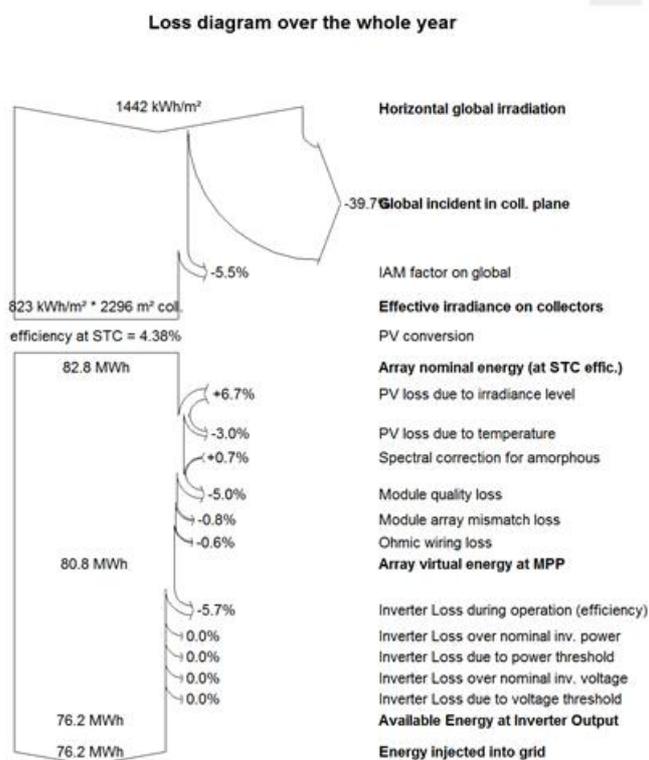
Dessa energia efetiva os diversos modelos do vidro fotovoltaico foram capaz de produzir de 41,74 MWh (Soliker PV40S) até 80,84 MWh (Soliker PV10S) de energia contínua, contudo a mesma deve ser convertida para energia alternada pelos inversores e como já foi descrito antes o equipamento não possui uma eficiência de 100%, de modo que o inversor utilizado (Mastervolt de potência de 10 kW) conseguiu gerar um output de 39,15 MWh (Soliker PV40S) e 76,20 MWh (Soliker PV10S). O resumo dos dados pode ser visto na tabela abaixo.

Tabela 7 – Energia bruta e útil por modelo para fachada Norte

Modelo	Energia Bruta (MWh)	Energia Efetiva (MWh)
Soliker PV10S	80,84	76,20
Soliker PV20S	70,91	66,84
Soliker PV30S	55,91	52,38
Soliker PV40S	41,74	39,15

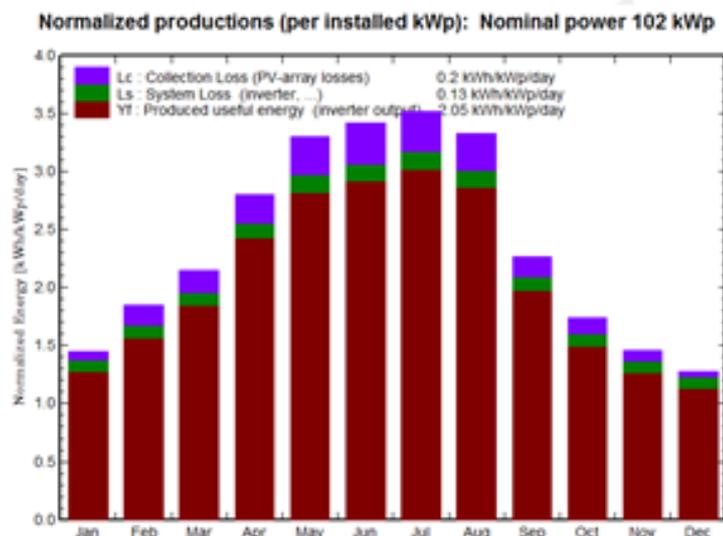
Como forma de explicitar como ocorre a geração de um vidro fotovoltaico o programa gera como *output* um diagrama de perda ao longo do ano, **Gráfico 2**. Desse modo podemos perceber que cerca de 6% da energia é perdida pelo efeito de IAM e somente 4,38% da energia solar incidente efetiva é convertida em energia elétrica. Contudo, devido a perdas de temperatura e de qualidade do módulo, além de perdas Ôhmicas nos fios e perdas na conversão de energia contínua para alternada pelo Inversor, temos no fim uma porcentagem de aproveitamento de apenas 2,3% da energia total incidente para o modelo Soliker PV10S.

Gráfico 2 – Diagrama de perdas para o modelo Soliker PV10S fachada Norte



A variação da energia gerada ao longo do ano pode ser vista no **Gráfico 3**, como era de se esperar houve maior produção no período de inverno, uma vez que neste período o sol incide sobre a superfície o dia inteiro, enquanto que no verão quase não há incidência direta. A figura mostra a geração de energia útil pelo sistema por dia, assim como o quanto é perdido pelo inversor e pelo módulo solar para o modelo Soliker PV10S.

Gráfico 3 – Geração por mês do modelo Soliker PV10S para fachada Norte



O relatório completo da simulação pode ser encontrado no **Anexo V**.

6.2.2 Orientação Oeste

A fachada oeste produz uma quantidade menor de energia que a fachada norte, pois só tem incidência solar direta poucas horas por dia, o resto do tempo gera pela incidência solar difusa. A radiação efetiva que incide na superfície inclinada é 782,2 kWh/m², de modo que a produção de energia útil, retirando a parcela que é perdida pelo inversor pode variar de 31,74 MWh (Soliker PV40S) até 62,08 MWh (Soliker PV 10S). O resumo da produção da fachada oeste pode ser encontrado na **Tabela 8**.

Tabela 8 - Energia bruta e útil por modelo para fachada Oeste

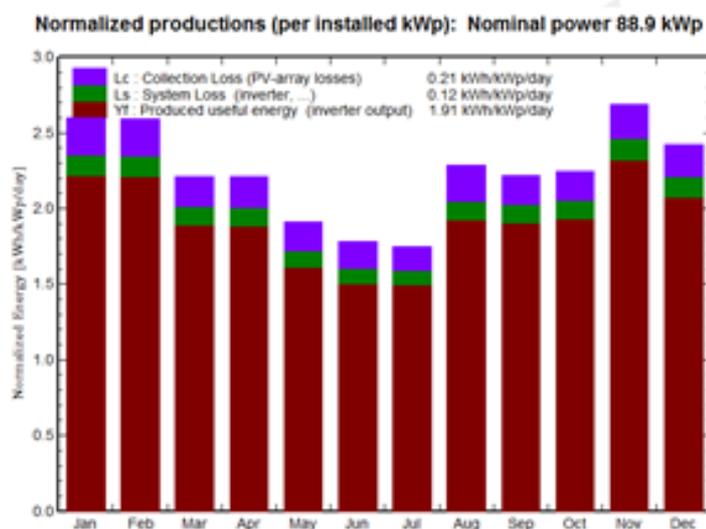
Modelo	Energia Bruta (MWh)	Energia Efetiva (MWh)
Soliker PV10S	66,03	62,08
Soliker PV20S	57,91	54,26
Soliker PV30S	45,66	42,89
Soliker PV40S	34,1	31,74

O diagrama de perdas é similar para todas as simulações, de modo que não é interessante repeti-lo novamente para esta fachada, contudo devido a incidência solar ser menor do que a fachada norte os módulos para essa fachada possuem uma eficiência máxima menor do que para a fachada norte, sendo este valor perto de 2,1%.

No entanto, a variação de produção de energia ao longo do ano é diferente, como pode ser visto no **Gráfico 4**. Pode-se notar que existe uma variação bem menor de

produção de energia do que a fachada norte, uma vez que independente da época do ano o vidro sempre terá uma incidência solar no período da tarde, sendo esse período maior no verão, por isso uma produção maior em tais meses e menor no inverno.

Gráfico 4 - Geração por mês do modelo Soliker PV10S para fachada Oeste



O relatório completo da simulação pode ser encontrado no **Anexo V**.

6.2.3 Orientação Leste

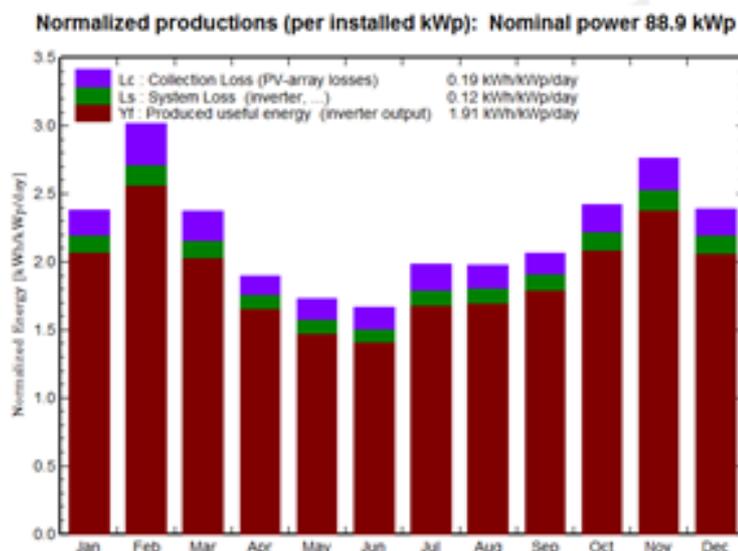
A produção de energia na fachada Leste é praticamente igual a da fachada oeste sendo um pouco menor devido que no período da manhã a radiação solar é menos intensa e, portanto há menor produção de energia. A radiação efetiva que incide na superfície inclinada é 774,74 kWh/m², assim a produção de energia útil gerado pela fachada varia de 31,66 MWh (Soliker PV40S) até 61,85 MWh (Soliker PV10S). O resumo de produção da fachada pode ser encontrado na **Tabela 9**.

Tabela 9 – Energia bruta e útil por modelo para fachada Leste

Modelo	Energia Bruta (MWh)	Energia Efetiva (MWh)
Soliker PV10S	65,81	61,85
Soliker PV20S	57,72	54,07
Soliker PV30S	45,54	42,76
Soliker PV40S	34,03	31,66

O gráfico de produção de energia ao longo do ano é igual ao da fachada leste como pode ser visto no **Gráfico 5**. Assim a fachada possui o mesmo rendimento da fachada oeste, sendo 2,1% da energia total incidente na superfície.

Gráfico 5 - Geração por mês do modelo Soliker PV10S para fachada Leste



O relatório completo da simulação pode ser encontrado no **Anexo V**.

6.2.4 Orientação Sul

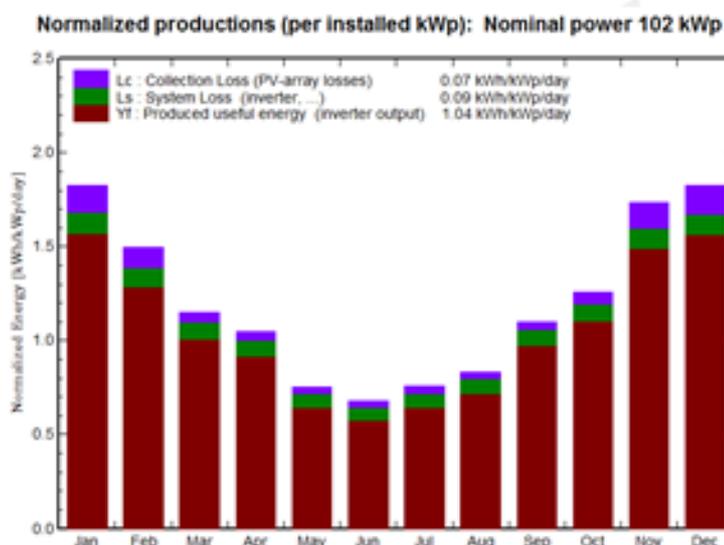
Esta fachada é a que possui a menor geração de energia entre todas as orientações simuladas, pois em nenhuma época do ano o sol incide diretamente sobre tal superfície, assim o único jeito de o vidro fotovoltaico produzir energia é capaz da energia solar difusa. Tal dado pode ser comprovado na radiação efetiva que incide na superfície inclinada, que é de apenas 411 kWh/m² quase 50% menor do que o que incide na fachada norte. Assim a produção de energia útil gerado pela fachada fica bem menor para todos os modelos do vidro fotovoltaico, variando de 18,69 MWh (Soliker PV40S) até 38,57 MWh (Soliker PV10S). Os dados resumidos da produção bruta e efetiva podem ser observados na **Tabela 10**.

Tabela 10 - Energia bruta e útil por modelo para fachada Sul

Modelo	Energia Bruta (MWh)	Energia Efetiva (MWh)
Soliker PV10S	41,92	38,57
Soliker PV20S	36,65	33,72
Soliker PV30S	28,39	25,66
Soliker PV40S	20,64	18,69

O **Gráfico 6** demonstra que em todos os meses do ano há uma menor produção de energia se comparada às outras orientações, especialmente no inverno, período cujo o sol está mais ao Norte e a incidência solar difusa na fachada sul é ainda menor.

Gráfico 6 - Geração por mês do modelo Soliker PV10S para fachada Sul



Devido a uma quantidade de energia menor chegar à fachada sul sua eficiência total de geração, a relação entre toda a energia que chega na superfície terrestre com a energia útil produzida, é inferior as outras fachadas, tendo um valor de 1,1%.

O relatório completo da simulação pode ser encontrado no **Anexo V**.

6.2.5 Resumo das Informações

A **Tabela 11** apresenta de forma resumida todas as orientações e quanto por modelo é produzido.

Tabela 11 – Produção de Energia por modelo e fachada

Modelos	Orientação			
	Norte	Oeste	Leste	Sul
Produção de Energia útil (MWh/ano)				
Soliker PV10S	76,2	62,08	61,85	38,57
Soliker PV20S	66,84	54,26	54,07	33,72
Soliker PV30S	52,38	42,89	42,76	25,66
Soliker PV40S	39,15	31,74	31,66	18,69

7 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA

7.1 Tarifa do custo de energia elétrica

A tarifa que será utilizada no empreendimento em questão é definida pela AES Eletropaulo. Como o edifício se enquadra no grupo que exige uma média tensão de 2,3 kV até 25 kV ele é taxado na categoria A4. A tarifação é dividida em dois horários, horário de ponta (17h30 às 20h30) e horário fora de ponta (20h30 às 17h30). Além disso, também pode ser dividido de acordo com a época do ano período seco e

período úmido, o qual ocorre a maior concentração de chuvas no território nacional. Na elaboração do contrato temos duas modalidades de tarifa, a verde e a azul, na tarifa verde se pactua uma demanda pretendida independente do horário de consumo, e na tarifa azul se pactua um valor pretendido discriminando o consumo em cada período, de ponta ou fora de ponta. Como o estudo de viabilidade será feito ao longo dos anos a simulação deveria ser feita considerando as duas taxas para cada ano, contudo a fim de facilitar a análise de cenários será escolhida a tarifa com menor custo, no intuito de simular o pior cenário. O sistema fotovoltaico só possui a capacidade de gerar energia enquanto existe uma radiação solar incidente, portanto será considerado para fins de estudo a tarifa do horário fora de ponta.

Sobre a tarifa é incidido o valor de 18% de Imposto sobre a circulação de mercadorias (ICMS) e encargos como o PIS/CONFINS (Programa de Integração Social/Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social) e ECE (Encargos sobre a Comercialização da Energia). Somando-se todos os impostos e encargos a taxa de acréscimo na tarifa de energia é de 33% (Por Dentro da Conta de Luz, ANEEL, 2008).

Portanto, de forma resumida a tarifa que será utilizada é a categoria A4 horo-sazonal verde classe comercial fora de ponta, o que equivale a uma tarifa de 0,184 (R\$/kWh) e com adição de encargos e imposto de 0,246 (R\$/kWh).

7.2 Metodologia do cálculo de retorno financeiro

Foi utilizada uma tabela de sensibilidade para a simulação de retorno financeiro.

O método é muito utilizado para demonstrar viabilidade de projetos financeiros, incluindo vendas em lojas, passageiros por avião, tudo o que puder servir de referencia para o empreendedor ter uma expectativa e projetar o comportamento do seu negócio no futuro dependendo de alguns fatores.

No caso do vidro em fachadas fotovoltaicas, e mais especificadamente, nesse projeto, deseja-se saber quantos anos será necessário de geração de energia para que o vidro apresente retorno financeiro, logo os parâmetros simulados são a “Receita por vidro” em função da “Diferença de preço”.

Cada tipo de vidro tem uma geração energética diferente (quanto mais opaco, mais ele gerará energia), logo seu retorno financeiro será mais rápido. Também sabe-se que nos dias de hoje o custo da tecnologia é menor do que foi no passado e maior do que será no futuro. Os autores acreditam que fazendo um comparativo apenas da diferença do preço atual, o projeto como um todo se tornará desatualizado em um futuro muito breve e que portanto a melhor forma de se analisar é então mostrando todas as opções baseando-se em um preço fixo de R\$ 0,246/kWh (atual para o ano de 2014).

Os resultados obtidos serão considerados satisfatórios para aqueles em que, em menos de 20 anos, se obtém um retorno financeiro, o retorno entre 20 e 25 anos são

consideradas preços em “transição”, ou seja, em um futuro próximo, com a melhora da tecnologia seus preços logo baratearam e portanto se tornarão viáveis e acima de 25 anos ainda precisará de um tempo maior para se tornarem viáveis. São apontados com valores em verde todas as informações que atingem resultado menor que 20 anos, azul entre 20 e 25 anos e laranja para acima de 25 anos. A tabela se encontra entre os **Anexo VI**.

7.2.1 Cálculo da Tabela de Sensibilidade

Usando-se a tabela de sensibilidade, percebe-se quantos anos são necessários para se ter um retorno financeiro sobre cada tipo de vidro fotovoltaico. O cálculo feito é simples mas exige atenção e será explicado a seguir:

Para análise simples de lado da fachada:

Define-se para qual lado deseja-se fazer a análise (Norte, Leste, Oeste ou Sul). Importa-se os dados obtidos com o programa PVSYST® sendo esses: número de módulos de vidros e a quantidade de energia elétrica gerada durante o ano pela fachada.

O primeiro passo é transformar a energia gerada em equivalente de reais/ano.

$$\text{Quantidade de R\$/ano gerada} = \text{Geração elétrica/ano} \times \text{Preço do kWh} \quad (1)$$

Aloca-se esses números na primeira coluna da tabela e cria-se intervalos entre as produções geradas e seus respectivos retornos financeiros.

Na primeira linha define-se a diferença de preço entre o m² do vidro fotovoltaico e do vidro que se deseja estudar (nesse caso o vidro refletivo do próprio edifício modelo).

Sabendo a diferença do preço do m² dos vidros, multiplica-se pelo tamanho da fachada (equação 2) para obter assim a diferença absoluta de preço da fachada inteira.

$$\text{Custo de implantação} = \text{Preço da diferença do m}^2 \times \text{Quantidade de m}^2 \text{ da fachada} \quad (2)$$

Após obtido o custo de implantação faz-se:

$$\text{Retorno (anos)} = \text{Custo de implantação} / \text{Quantidade de R\$/ano gerada} \quad (3)$$

Com o Retorno obtido com a equação 3, passa-se a calcular então o quanto, devido a implantação do vidro fotovoltaico, se obtém de desconto com a economia de energia consumida pelo sistema do Chiller.

Para fazer o cálculo do “fator de desconto” devido a implantação do vidro fotovoltaico faz-se os seguintes procedimentos:

1º Considera-se o consumo do prédio modelo como sendo a base de todo o cálculo.

2º Pega-se o consumo do Chiller de cada vidro estudado e faz-se a seguinte divisão:

$$\text{Fator de desconto} = \frac{\text{Consumo do Chiller do vidro estudado}}{\text{Consumo do Chiller do prédio modelo}} \quad (4)$$

Essa razão representa o quanto o Retorno em anos (obtido com a equação 3) deve ser multiplicado para representar o benefício/prejuízo no consumo do prédio devido a implantação do vidro fotovoltaico.

A equação 4 representa, então, o que de fato se observa na matriz de sensibilidade:

$$\text{Respostas da matriz} = \text{Retorno (anos)} \times \text{Fator de desconto} \quad (5)$$

Para cada diferença de preço e quantidade de R\$/ano gerada tem-se um novo número, pois se modificam os parâmetros de entrada. Sempre a resposta que se tem no meio da matriz é o resultado da equação 5, e portanto o tempo em anos que se precisa para que a implantação do vidro fotovoltaico apresente um retorno financeiro positivo para o edifício.

- Para análise usando mais de uma fachada ao mesmo tempo:

Os procedimentos iniciais são os mesmos que para a obtenção da análise simples: obtém-se os dados iniciais providos do PVSYST®.

O procedimento aqui será muito semelhante e as diferenças que se obtém são com relação ao tamanho da fachada (uma vez que serão estudadas mais de uma fachada) e com a produção de R\$/ano obtida, pois utiliza-se mais de uma fachada para a geração de energia.

As equações 1, 2 e 3 podem ser reescritas da seguinte maneira:

$$\text{Quantidade de R$/ano gerada} = \frac{\text{Geração elétrica/ano das fachadas em estudo}}{\text{Preço do kWh}} \quad (6),$$

$$\text{Custo de implantação} = \text{Preço da diferença do m}^2 \times \text{Quantidade de m}^2 \text{ das fachadas somadas} \quad (7),$$

$$\text{Retorno (anos)} = \frac{\text{Custo de implantação}}{\text{Quantidade de R$/ano gerada}} \quad (8)$$

Aplica-se o mesmo fator de desconto obtida pela equação 4 e o resultado da matriz será feito pelo mesmo procedimento da equação 5.

Um ponto importante para se observar é o fato de que mesmo que se queira analisar apenas um lado da fachada, devido as limitações do nosso estudo, é necessário pressupor que todas as outras fachadas contém vidros de mesmas propriedades físicas do vidro a ser estudado, ou seja, supõe-se que as outras fachadas todas contém vidros que têm as mesmas características desse vidro a ser estudado.

Exemplo:

Deseja-se estudar como seria o retorno financeiro se implementado somente a fachada Norte do edifício com vidros fotovoltaicos.

As respostas obtidas com a análise de sensibilidade do **Anexo VI** (anexo da fachada Norte), só serão válidas se fossem instaladas nas fachadas leste, oeste e sul do edifício, vidros que tivessem as mesmas propriedades físicas e se comportassem de maneira igual à do fotovoltaico.

No estudo de caso desse projeto foi obtido, com a Soliker Brasil®, um preço de R\$550/m² foi fixado, considerando já os custos de implantação; e o vidro do prédio modelo como sendo R\$ 250/m².

Por esse motivo, a diferença entre os preços de R\$ 300/m² está destacada na tabela de sensibilidade mostrando então que para cada tipo de vidro tem-se um valor diferente de retorno financeiro e que não existe uma só resposta para a pergunta inicial de “vale o custo de se investir em vidros fotovoltaicos como alternativa as fachadas de edifícios atuais”.

7.3 Análise dos resultados

Foram feitas duas comparações de diversas fachadas e suas combinações confrontando vidros claros contra os vidros fotovoltaicos e o vidro refletivo utilizado no prédio modelo contra os vidros fotovoltaicos.

Nos dois casos, a fachada que melhor apresenta desempenho energético é a Norte, pois seu lado é o que mais recebe luminosidade solar, já que o Brasil se encontra no hemisfério Sul e o vidro fotovoltaico que melhor desempenha retorno financeiro estudado é o modelo PV10S da Soliker Brasil.

Para termos comparativos, foi determinado o valor de diferença de preço de R\$300/m² pois essa diferença de preço representa o custo do vidro fotovoltaico comparado com o vidro refletivo usado no prédio modelo. Esse valor será referência, também, para o vidro claro.

No caso da fachada Norte de vidros fotovoltaicos comparado aos vidros claros (caso 1), o retorno mais breve se dá em 28,7 anos. Esse número já leva em consideração a economia que se obtém do vidro fotovoltaico com o consumo de resfriamento do prédio.

No caso da fachada Norte de vidros fotovoltaicos comparado aos vidros refletivos (caso 2) utilizado no prédio modelo, o retorno mais breve se dá em 36,7 anos. Esse número já leva em consideração a diferença que se obtém do vidro fotovoltaico com o consumo de resfriamento do prédio.

Seria considerado um desempenho bom, aquele que possui um retorno financeiro menor de 20 anos, pois para até 20 anos existe a garantia do fabricante para geração de até 80% da potencia nominal, e esse resultado só é obtido no caso 1

com uma diferença de R\$200/m² para o vidro PV10S, no caso 2, a diferença de preço tem que ser ao menos, de R\$160/m², pois o vidro refletivo apresenta melhores resultados nas condições de consumo de energia elétrica para resfriamento que o vidro claro e portanto a diferença de preço tem que ser menor para ter retorno financeiro.

Esses resultados sugerem, então, que hoje não há uma situação em que o cenário “ótimo”, com retorno menor de 20 anos. Para atingir o cenário ideal, seria necessário um barateamento da tecnologia que hoje ainda é custosa.

8 ALTERNATIVAS PARA A SOLUÇÃO DO PROBLEMA

O trabalho em questão é algo inovador, logo ele se mostra como uma solução quase “única” para os problemas em questão. É possível encontrar uma solução para o problema ambiental da reciclagem dos vidros, por exemplo, pois eles são elementos recicláveis. Todavia o vidro não resolve o problema da geração de energia, no melhor dos casos é possível diminuir a carga térmica que entrará no andar usando vidros refletivos com alta taxa de refletância, suspendendo boa parte da carga luminosa que entrará e portanto economizando (mas não gerando) energia elétrica. Também não haverá um *pay-back* financeiro.

Poder-se-ia incluir painéis solares para a questão de geração energética, mas na questão de arquitetura isso acarretaria em uma alteração do envelope planejado, além disso, se fosse para evitar a sua aparição, seria necessário instalar placas na laje do edifício, o que seria difícil, pois o prédio modelo contaria com um heliporto e portanto boa parte da laje já está ocupada.

Não é possível, hoje, obter uma solução que tenha iguais vantagens como as do vidro fotovoltaico. Acredita-se, portanto, que o vidro fotovoltaico se apresente como solução para outros problemas.

9 CONCLUSÃO

A inclusão ou modificação dos atuais projetos de fachadas de edifícios comerciais pelos vidros fotovoltaicos serão consideradas vantajosas se o retorno financeiro dos mesmos se derem em menos de 20 anos (valor definido pelos autores em função da garantia da potencia nominal descrito anteriormente), sendo entre 20 e 25 anos, um período de “observação” uma vez que, com a melhora da tecnologia, esse período poderá diminuir para menos de 20 anos em um breve intervalo de tempo.

Através das tabelas de sensibilidade incluídas nos **Anexos VI**, percebe-se que a tecnologia é vantajosas para todos os quadros com fundo verde claro.

Percebe-se que tudo dependerá, também, da negociação feita com a fabricante dos vidros, pois quanto menor for a diferença de preço entre os vidros, menor será o tempo necessário para o retorno financeiro.

O preço da tecnologia do vidro fotovoltaico já diminuiu muito dos últimos 5 anos até hoje. Em conversa com a Soliker Brasil, a empresa diz ter conseguido diminuir o custo de venda dos módulos fotovoltaicos de 30% a 40% nos últimos 5 anos, e que, portanto, mesmo que hoje não seja atrativo o investimento para certos tipos de vidro, em um futuro próximo essa percepção poderá mudar. Percebe-se também que o custo da energia influencia muito a decisão, uma vez que com custos de energia cada vez maiores, mais atrativa será a aquisição dos vidros fotovoltaicos e a produção in-loco da energia elétrica.

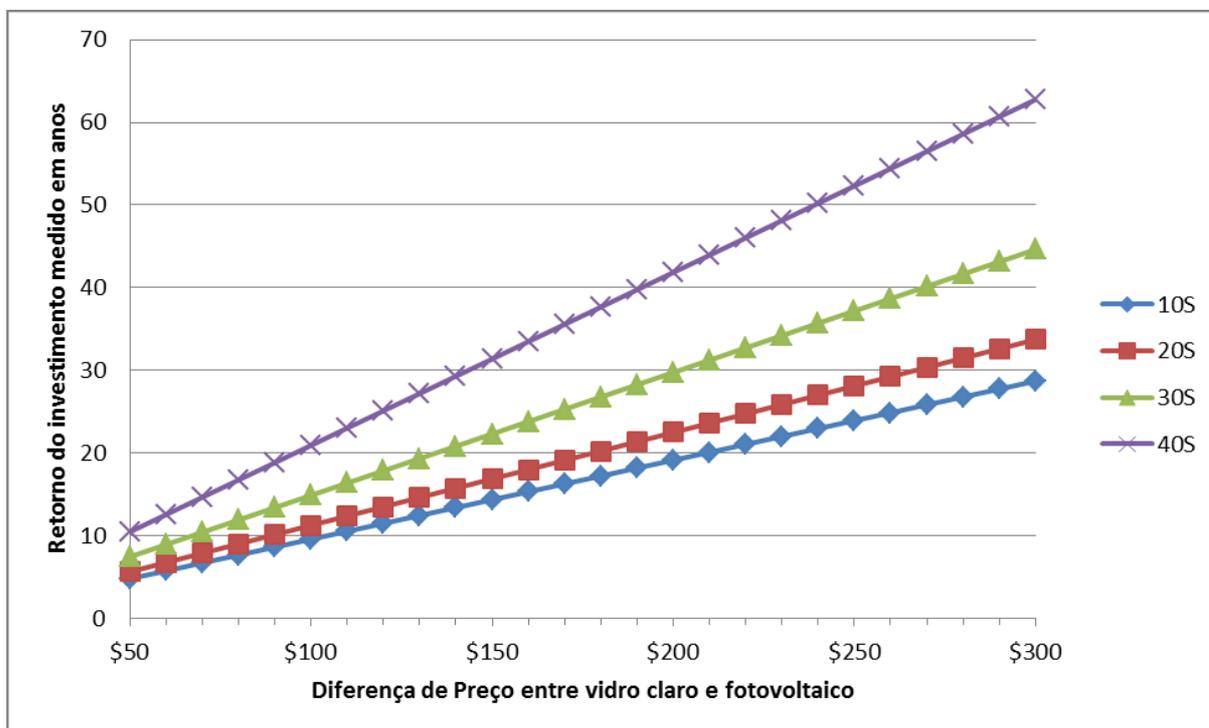
Nesse tópico também se percebe que atualmente não existe nenhum incentivo para produção autônoma em pequena escala de energia por parte do governo, uma vez que, a legislação vigente não permite que se venda essa energia, sendo a única opção emprestá-la para o sistema elétrico e depois pega-la de volta sem custos. Em países como a Alemanha existe um grande incentivo para a produção autônoma de pequena e média escala, já que se pode vender para o governo com uma tarifa bem mais alta do que a contratada.

Também percebe-se que para a obtenção de selos ambientais o vidro fotovoltaico é muito interessante, uma vez que atende os critérios de diminuição da carga térmica que entra através dos raios solares, ajuda na otimização da performance energética do edifício, produz e utiliza energia de fonte renovável, facilitando a obtenção de selos como o LEED® ou AQUA®.

Fica claro, após a execução das simulações feitas, que de fato a tecnologia fotovoltaica não pode ser desprezada nem esquecida e sim incentivada e estudada. Com o atual preço de energia elétrica para o consumidor comercial, e os custos de compra do vidro fotovoltaico, percebe-se que em nenhum caso o tempo de retorno será menor do que 28 anos (Gráfico 7 - dados do módulo 10S, considerando a diferença de preço atual de R\$ 300 entre os dois tipos de vidro) e por isso não se

torna vantajoso hoje a obtenção dos vidros, simplesmente por benefícios monetários.

Gráfico 7 - Retorno do Investimento em anos de acordo com a variancia de preço da fachada Norte em comparação com o vidro claro



No entanto com custos de manutenção semelhantes ao do vidro comum e sem necessidade de um “especialista” para a instalação dos vidros no edifício, não existem motivos para se bloquear o avanço da tecnologia, principalmente no Brasil, que permite uma incidência de luz solar extremamente alta e favorável para a implantação da tecnologia.

As empresas vendedoras do vidro fotovoltaico, como a Soliker Brasil, oferecem um estudo de viabilidade para as construtoras que desejarem fazer um orçamento, o que facilita a obtenção de dados para a tomada de decisão e é desejo dos autores que todos aqueles que tiverem interesse em se estudar essa tecnologia, possam observar que existem diversas vantagens no uso do vidro fotovoltaico e que seu preço pode e deverá representar um retorno financeiro tão mais rápido quanto melhor for a tecnologia e custo da energia.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em <www.aneel.gov.br>. Acessado em 25 de Maio de 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, Por Dentro da Conta de Luz. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Catilha_1p_atual.pdf> Acessado em 15 de Outubro de 2014.

ANOTAÇÕES DE AULA, Economics and Policy of Energy Markets, Università Degli Studi di Padova, Arapian T. Serfozo A. 2013

ANOTAÇÕES DE AULA, PHD2344, Manejo de Recursos Naturais, Escola Politécnica da USP, Arapian T., Miyashiro D., Piccolotto R., Sanematsu A., Silva T., 2011

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5.410, Instalações elétricas de baixa tensão, 2008

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.220, Desempenho térmico de edificações, 2003

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL Disponível em < <https://ben.epe.gov.br/> > Acessado em 13 de Junho de 2014

CALLISTER JR, W. D. Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução 5a edição. Livros Técnicos e Científicos Editora SA. Rio de Janeiro, 2002. (Versão traduzida)

DEPARTAMENTO DE FÍSICA DA UNIVERSIDADE DO PARANÁ – Disponível em <<http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap2/cap2-7.html>>. Acessado em 25 Abril 2014

ENERGIA SOLAR – Disponível em <<http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Molina/LER%20244/Energia%20solar.pdf>>. Acessado em 03 de Maio de 2014

ENERGIES RENOUVELABLES.ORG. Acessado em 21 de Junho de 2014

PALMER, James M., The Measurement of Transmission, Absorption, Emission and Reflection

PEREIRA, Enio B.; MARTINS, Fernando R.; LUNA DE ABREU, Samuel.; RÜTHER, Ricardo.; Atlas Brasileiro de Energia Solar 1º edição, 2006

PORTAL DA LEGISLAÇÃO . Disponível em <<http://www4.planalto.gov.br/legislacao>>. Acesso em: 16 de Abril de 2014.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. Avaliação de Impacto Ambiental - Conceito e Métodos, Oficina de Textos, 2011

SECRETARIA DE ENERGIA – Disponível em
<<http://www.energia.sp.gov.br/portal.php/solar>>. Acessado em 03 de Maio de 2014

SWANSON, R.M. A Vision for Crystalline Silicon Photovoltaics. Wiley InterScience. Sunnyvale, 2006.

WASLEY James H. UTZINGER, Michael, Glazing Performance

Tese de graduação, ALVES, A., SALAROLI, F., BONO, G., ROGGERO, M., BARROS, P., Escola Politécnica da USP, 2013

Anexo I – Matriz Energética do Brasil de 2002 a 2012

Dados do Brasil em termos de produção de energia elétrica:

Produção elétrica por fonte

TWh	2002	2009	2010	2011	2012	Cresc. 2002/2012 Tx.	Cres. 11/12
Geotérmica	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	0.038	0.815	1.4	2.1	3.1	56.7%	61.0%
Biomassa	10.2	22.6	31.5	33.9	42.0	15.2%	23.9%
Resíduos não renováveis	-	-	-	-	-	-	-
Solar	0.016	0.031	0.034	0.038	0.042	10.0%	9.5%
Hidráulica	286.1	391.0	403.3	426.7	416.8	3.8%	-2.3%
Energia Marítima	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	13.8	13.0	14.5	15.7	16.1	1.5%	2.5%
Fossil	35.5	38.3	64.3	59.2	80.5	8.5%	36.0%
Tot. renováveis	296.4	414.5	436.2	462.8	462.2	4.5%	-0.1%
Tot. convencionais	49.3	51.3	78.8	75.0	96.7	7.0%	28.9%
Prod. total	345.7	465.8	515.0	537.7	558.9	4.9%	3.9%
Participação das renováveis	85.7%	89.0%	84.7%	86.1%	82.7%		

Anexo II - Matriz Energética da Alemanha de 2002 a 2012

Dados da Alemanha em termos de produção de energia elétrica:

Produção elétrica por fonte

TWh	2002	2009	2010	2011	2012	Cresc. 2002/2012 Tx.	Cres. 11/12
Geotérmica	-	0	0	0	0	8.6%	-31.6%
Eólica	15.9	38.6	37.8	48.9	46.0	11.2%	-5.9%
Biomassa	5.3	30.1	33.7	37.6	41.4	22.8%	10.0%
Resíduos não renováveis	7.2	5.5	6.2	6.4	6.4	-1.1%	0.7%
Solar	0.2	6.6	11.7	19.3	28.0	64.9%	44.8%
Hidráulica	27.9	24.7	27.4	23.5	28.1	0.1%	19.5%
Energia Marítima	-	-	-	-	-	-	-
Nuclear	164.8	134.9	140.6	108.0	99.5	-4.9%	7.9%
Fóssil	365.4	347.1	368.6	362.1	365.9	0.0%	1.1%
Tot. renováveis	49.3	100.0	110.6	129.3	143.5	11.3%	10.9%
Tot. convencionais	537.4	487.5	515.4	476.5	471.8	-1.3%	-1.0%
Prod. total	586.7	587.5	626.0	605.8	615.3	0.5%	1.6%
Participação das renováveis	8.4%	17.0%	17.7%	21.4%	23.3%		

**Anexo III – Resumo dos Resultados da Simulação do Edifício no
Software DesignBuilder**

Program Version:EnergyPlusDLL-32 8.1.0.008, 16/11/2014 09:06

[Table of Contents](#)

Tabular Output Report in Format: HTML

Building: **Building**

Environment: **TERREO ** SAO PAULO - BRA IWEC Data WMO#=837800**

Simulation Timestamp: **2014-11-16 11:39:41**

Report: **Annual Building Utility Performance Summary**

[Table of Contents](#)

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2014-11-16 11:39:41**

Values gathered over **8760.00** hours

Site and Source Energy

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	5420939.10	172.83	209.57
Net Site Energy	5420939.10	172.83	209.57
Total Source Energy	17168114.13	547.36	663.70
Net Source Energy	17168114.13	547.36	663.70

Site to Source Energy Conversion Factors

	Site=>Source Conversion Factor
Electricity	3.167
Natural Gas	1.084
District Cooling	1.056
District Heating	3.613
Steam	0.300
Gasoline	1.050
Diesel	1.050
Coal	1.050
Fuel Oil #1	1.050
Fuel Oil #2	1.050
Propane	1.050
Other Fuel 1	1.000
Other Fuel 2	1.000

Building Area

	Area [m2]
Total Building Area	31365.26
Net Conditioned Building Area	25867.34
Unconditioned Building Area	5497.93

End Uses

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	1507763.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	1645202.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	263.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1808316.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	435969.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	23423.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	5420939.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

End Uses By Subcategory

	Subcategory	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	Boiler	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Boiler Parasitic	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	General	1507763.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	ELECTRIC EQUIPMENT#Block3:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block3:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block3:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block4:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block4:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block4:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block5:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block5:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block5:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block6:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block6:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block6:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block7:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block7:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block7:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block8:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block8:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block8:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block9:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block9:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block9:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block10:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block10:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block10:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ELECTRIC EQUIPMENT#Block11:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block11:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block11:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block12:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Program Version:EnergyPlusDLL-32 8.1.0.008, 15/11/2014 20:17

[Table of Contents](#)

Tabular Output Report in Format: HTML

Building: **Building**

Environment: **TERREO ** SAO PAULO - BRA IWEC Data WMO#=837800**

Simulation Timestamp: **2014-11-15 22:19:20**

Report: **Annual Building Utility Performance Summary**

[Table of Contents](#)

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2014-11-15 22:19:20**

Values gathered over **8760.00** hours

Site and Source Energy

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	5664415.12	180.60	218.98
Net Site Energy	5664415.12	180.60	218.98
Total Source Energy	17939202.67	571.94	693.51
Net Source Energy	17939202.67	571.94	693.51

Site to Source Energy Conversion Factors

	Site=>Source Conversion Factor
Electricity	3.167
Natural Gas	1.084
District Cooling	1.056
District Heating	3.613
Steam	0.300
Gasoline	1.050
Diesel	1.050
Coal	1.050
Fuel Oil #1	1.050
Fuel Oil #2	1.050
Propane	1.050
Other Fuel 1	1.000
Other Fuel 2	1.000

Building Area

	Area [m2]
Total Building Area	31365.26
Net Conditioned Building Area	25867.34
Unconditioned Building Area	5497.93

End Uses

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	1690886.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	1645202.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	263.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1808316.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	493317.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	26429.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	5664415.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

End Uses By Subcategory

	Subcategory	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	Boiler	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Boiler Parasitic	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	General	1690886.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	ELECTRIC EQUIPMENT#Block3:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block3:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block3:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block4:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block4:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block4:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block5:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block5:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block5:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block6:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block6:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block6:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block7:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block7:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block7:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block8:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block8:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block8:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block9:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block9:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block9:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block10:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block10:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block10:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ELECTRIC EQUIPMENT#Block11:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block11:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block11:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block12:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Program Version:EnergyPlusDLL-32 8.1.0.008, 15/11/2014 23:36

[Table of Contents](#)

Tabular Output Report in Format: HTML

Building: **Building**

Environment: **TERREO ** SAO PAULO - BRA IWEC Data WMO#=837800**

Simulation Timestamp: **2014-11-16 01:34:19**

Report: **Annual Building Utility Performance Summary**

[Table of Contents](#)

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2014-11-16 01:34:19**

Values gathered over **8760.00** hours

Site and Source Energy

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	5481365.10	174.76	211.90
Net Site Energy	5481365.10	174.76	211.90
Total Source Energy	17359483.29	553.46	671.10
Net Source Energy	17359483.29	553.46	671.10

Site to Source Energy Conversion Factors

	Site=>Source Conversion Factor
Electricity	3.167
Natural Gas	1.084
District Cooling	1.056
District Heating	3.613
Steam	0.300
Gasoline	1.050
Diesel	1.050
Coal	1.050
Fuel Oil #1	1.050
Fuel Oil #2	1.050
Propane	1.050
Other Fuel 1	1.000
Other Fuel 2	1.000

Building Area

	Area [m2]
Total Building Area	31365.26
Net Conditioned Building Area	25867.34
Unconditioned Building Area	5497.93

End Uses

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	1554308.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	1645202.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	263.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1808316.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	449111.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	24162.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	5481365.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

End Uses By Subcategory

	Subcategory	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	Boiler	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Boiler Parasitic	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	General	1554308.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	ELECTRIC EQUIPMENT#Block3:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block3:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block3:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block4:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block4:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block4:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block5:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block5:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block5:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block6:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block6:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block6:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block7:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block7:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block7:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block8:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block8:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block8:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block9:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block9:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block9:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block10:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block10:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block10:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ELECTRIC EQUIPMENT#Block11:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block11:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block11:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block12:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Program Version:EnergyPlusDLL-32 8.1.0.008, 15/11/2014 20:59

[Table of Contents](#)

Tabular Output Report in Format: HTML

Building: **Building**

Environment: **TERREO ** SAO PAULO - BRA IWEC Data WMO#=837800**

Simulation Timestamp: 2014-11-15 23:15:27

Report: **Annual Building Utility Performance Summary**

[Table of Contents](#)

For: **Entire Facility**

Timestamp: 2014-11-15 23:15:27

Values gathered over 8760.00 hours

Site and Source Energy

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	5556380.34	177.15	214.80
Net Site Energy	5556380.34	177.15	214.80
Total Source Energy	17597056.52	561.04	680.28
Net Source Energy	17597056.52	561.04	680.28

Site to Source Energy Conversion Factors

	Site=>Source Conversion Factor
Electricity	3.167
Natural Gas	1.084
District Cooling	1.056
District Heating	3.613
Steam	0.300
Gasoline	1.050
Diesel	1.050
Coal	1.050
Fuel Oil #1	1.050
Fuel Oil #2	1.050
Propane	1.050
Other Fuel 1	1.000
Other Fuel 2	1.000

Building Area

	Area [m2]
Total Building Area	31365.26
Net Conditioned Building Area	25867.34
Unconditioned Building Area	5497.93

End Uses

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	1611170.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	1645202.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	263.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1808316.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	466401.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	25026.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	5556380.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

End Uses By Subcategory

	Subcategory	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	Boiler	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Boiler Parasitic	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	General	1611170.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	ELECTRIC EQUIPMENT#Block3:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block3:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block3:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block4:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block4:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block4:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block5:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block5:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block5:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block6:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block6:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block6:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block7:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block7:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block7:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block8:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block8:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block8:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block9:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block9:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block9:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block10:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block10:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block10:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ELECTRIC EQUIPMENT#Block11:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block11:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block11:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block12:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Program Version:EnergyPlusDLL-32 8.1.0.008, 15/11/2014 15:49

[Table of Contents](#)

Tabular Output Report in Format: HTML

Building: **Building**

Environment: **TERREO ** SAO PAULO - BRA IWEC Data WMO#=837800**

Simulation Timestamp: 2014-11-15 18:53:10

Report: **Annual Building Utility Performance Summary**

[Table of Contents](#)

For: **Entire Facility**

Timestamp: 2014-11-15 18:53:10

Values gathered over 8760.00 hours

Site and Source Energy

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	5971111.85	190.37	230.84
Net Site Energy	5971111.85	190.37	230.84
Total Source Energy	18910511.23	602.91	731.06
Net Source Energy	18910511.23	602.91	731.06

Site to Source Energy Conversion Factors

	Site=>Source Conversion Factor
Electricity	3.167
Natural Gas	1.084
District Cooling	1.056
District Heating	3.613
Steam	0.300
Gasoline	1.050
Diesel	1.050
Coal	1.050
Fuel Oil #1	1.050
Fuel Oil #2	1.050
Propane	1.050
Other Fuel 1	1.000
Other Fuel 2	1.000

Building Area

	Area [m2]
Total Building Area	31365.26
Net Conditioned Building Area	25867.34
Unconditioned Building Area	5497.93

End Uses

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	1928726.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	1645202.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	263.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1808316.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	558787.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	29815.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	5971111.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

End Uses By Subcategory

	Subcategory	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	Boiler	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Boiler Parasitic	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	General	1928726.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	ELECTRIC EQUIPMENT#Block3:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block3:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block3:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block4:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block4:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block4:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block5:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block5:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block5:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block6:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block6:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block6:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block7:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block7:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block7:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block8:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block8:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block8:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block9:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block9:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block9:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block10:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block10:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block10:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ELECTRIC EQUIPMENT#Block11:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block11:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block11:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block12:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Program Version:EnergyPlusDLL-32 8.1.0.008, 15/11/2014 15:46

[Table of Contents](#)

Tabular Output Report in Format: HTML

Building: **Building**

Environment: **TERREO ** SAO PAULO - BRA IWEC Data WMO#=837800**

Simulation Timestamp: **2014-11-15 18:12:41**

Report: **Annual Building Utility Performance Summary**

[Table of Contents](#)

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2014-11-15 18:12:41**

Values gathered over **8760.00** hours

Site and Source Energy

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	5419681.13	172.79	209.52
Net Site Energy	5419681.13	172.79	209.52
Total Source Energy	17164130.12	547.23	663.54
Net Source Energy	17164130.12	547.23	663.54

Site to Source Energy Conversion Factors

	Site=>Source Conversion Factor
Electricity	3.167
Natural Gas	1.084
District Cooling	1.056
District Heating	3.613
Steam	0.300
Gasoline	1.050
Diesel	1.050
Coal	1.050
Fuel Oil #1	1.050
Fuel Oil #2	1.050
Propane	1.050
Other Fuel 1	1.000
Other Fuel 2	1.000

Building Area

	Area [m2]
Total Building Area	31365.26
Net Conditioned Building Area	25867.34
Unconditioned Building Area	5497.93

End Uses

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	1508293.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	1645202.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	263.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1808316.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	434195.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	23409.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	5419681.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

End Uses By Subcategory

	Subcategory	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	Boiler	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Boiler Parasitic	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	General	1508293.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	ELECTRIC EQUIPMENT#Block3:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block3:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block3:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block4:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block4:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block4:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block5:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block5:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block5:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block6:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block6:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block6:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block7:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block7:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block7:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block8:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block8:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block8:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block9:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block9:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block9:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block10:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block10:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Block10:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ELECTRIC EQUIPMENT#Block11:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block11:Zone1#GeneralLights	18980.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block11:Zone2#GeneralLights	44894.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ELECTRIC EQUIPMENT#Block12:Zone3#GeneralLights	47454.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

**Anexo IV – Catálogo Características do Vidro Fotovoltaico Soliker
Brasil®**



Soliker

Brasil

	SOLIKER PV46	SOLIKER PV10S	SOLIKER PV20S	SOLIKER PV30S	SOLIKER PV40S
PROPRIEDADES DO VIDRO FOTOVOLTAICO	GRAU DE TRANSPARÊNCIA				
	0%	10%	20%	30%	40%
REAÇÃO AO FOGO	B-s1, d0	B-s1, d0	B-s1, d0	B-s1, d0	B-s1, d0
RESISTÊNCIA AO IMPACTO	2(B)2	2(B)2	2(B)2	2(B)2	2(B)2
ATENUAÇÃO ACÚSTICA (dB)	32(-1;-3)	32(-1;-3)	32(-1;-3)	32(-1;-3)	32(-1;-3)
TRANSMISSÃO LUMINOSA	0,2%	10,8%	17,3%	28,4%	36,6%
REFLEXÃO LUMINOSA (Face Fotoativa)	7,6%	8,3%	7,6%	8,2%	8,3%
REFLEXÃO LUMINOSA (Face Interna)	61,0%	52,9%	47,8%	37,9%	32,1%
TRANSMISSÃO UV	0,0%	1,5%	1,5%	4,7%	5,1%
TRANSMISSÃO SOLAR	0,2%	9,4%	15,0%	24,3%	31,7%
REFLEXÃO SOLAR (Face Fotoativa)	14,8%	13,9%	11,1%	12,4%	11,6%
REFLEXÃO SOLAR (Face Interna)	60,0%	52,2%	46,7%	37,9%	31,9%
FATOR SOLAR (g)	22,0%	29,0%	34,0%	41,0%	46,0%
TRANSMITÂNCIA TÉRMICA (valor U) (W/m² K)	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7
POTÊNCIA PICO (Wp/m²)	62,0	44,3	37,9	31,6	25,3
PESO ESPECÍFICO (Kg/m²)	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7

CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS (STC)* PARA 1.245X635 mm	0%	10%	20%	30%	40%
POTÊNCIA MÁXIMA Inicial**	56 Wp - 60 Wp	39 Wp - 43 Wp	34 Wp - 37 Wp	28 Wp - 31 Wp	21 Wp - 24 Wp
POTÊNCIA MÁXIMA, Pmpp	49 ± 5%	35 ± 5%	30 ± 5%	25 ± 5%	20 ± 5%
TENSÃO DE MÁXIMA POTÊNCIA, Vmpp (V)	51,70	45	45	45	45
CORRENTE DE MÁXIMA POTÊNCIA, Imp (A)	0,95	0,77	0,68	0,56	0,44
TENSÃO DE CIRCUITO ABERTO, Voc (V)	64,50	59,5	59,5	59,5	59,5
CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO, Isc (A)	1,050	0,89	0,79	0,64	0,52
COEFICIENTE DE TEMPERATURA, Pmpp	-0,19% / °C				
COEFICIENTE DE TEMPERATURA, Voc	-0,28% / °C				
COEFICIENTE DE TEMPERATURA, Isc	+0,09% / °C				
TENSÃO MÁXIMA DO SISTEMA, Vsys	1.000				
TEMPERATURA DE OPERAÇÃO, Tc	-40 °C...+85°C				

*Condições Standard de Medida (STC): 1000W, AM 1,5 e T° 25°C.

** Durante os primeiros meses de funcionamento, a potência de saída pode ser até 18% maior do que a nominal.

CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS	
CÉLULA FOTOVOLTAICA	Células a-Si / a-Si tandem
VIDRO FOTOVOLTAICO	Vidro Float 3,2 mm
ENCAPSULANTE	PVB / EVA 0,45 mm
VIDRO TRASEIRO	Vidro Float 3,2 mm
DIMENSÕES	1.245 x 635 x 6,5 mm

CAIXA DE CONEXÃO	
GRAU DE PROTEÇÃO	IP65
CONECTORES	MC4 ou Compatível
SEÇÃO DO CABO	2,5 mm²
COMPRIMENTO DO CABO	Conforme Projeto
GARANTIA	
GARANTIA DE FABRICAÇÃO	5 anos
GARANTIA DE POTÊNCIA	90% (10 anos), 80% (25 anos)

Todas as especificações estão sujeitas a alterações sem aviso prévio.



PROCEL
PROGRAMA NACIONAL
DE CONSERVAÇÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA

Av. Santa Isabel, 260 - Sij. 03 - Barão Geraldo
CEP 13084-012 - Campinas/SP - Brasil
Tel.: 55 19 3308 5838

www.soliker.com.br

**Anexo V - Resumo dos Resultados da Simulação dos Vidros
Fotovoltaicos no Software PVSYST**

Orientação Norte

Grid-Connected System: Simulation parameters

Project : Thera Office

Geographical Site São Paulo Country **Brazil**

Situation Latitude 23.5°S Longitude 46.6°W
 Time defined as Legal Time Time zone UT-3 Altitude 760 m
 Albedo 0.20

Meteo data: São Paulo Synthetic - Meteonorm 6.1

Simulation variant : Thera PVt_Norte_10S.
 Simulation date 16/11/14 14h37

Simulation parameters

Collector Plane Orientation Tilt 90° Azimuth 0°

Models used Transposition Perez Diffuse Erbs, Meteonorm

Horizon Free Horizon

Near Shadings No Shadings

PV Array Characteristics

PV module a-Si:H tandem Model **SOLIKER PV10S**

Manufacturer Soliker

Number of PV modules In series 8 modules In parallel 363 strings

Total number of PV modules Nb. modules 2904 Unit Nom. Power 35 Wp

Array global power Nominal (STC) **102 kWp** At operating cond. 94.8 kWp (50°C)

Array operating characteristics (50°C) U mpp 331 V I mpp 286 A

Total area Module area **2296 m²**

Inverter

Model **Sunmaster XL10+ kW**

Manufacturer Mastervolt

Characteristics Operating Voltage 230-440 V Unit Nom. Power 10.0 kW AC

Inverter pack Nb. of inverters 8 units Total Power 80.0 kW AC

PV Array loss factors

Thermal Loss factor U_c (const) 20.0 W/m²K U_v (wind) 0.0 W/m²K / m/s

Wiring Ohmic Loss Global array res. 19 mOhm Loss Fraction 1.5 % at STC

Module Quality Loss Loss Fraction 5.0 %

Module Mismatch Losses Loss Fraction 0.8 % at MPP

Incidence effect, ASHRAE parametrization IAM = 1 - bo (1/cos i - 1) bo Param. 0.05

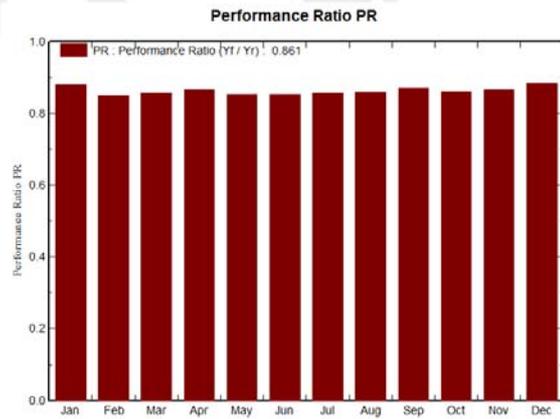
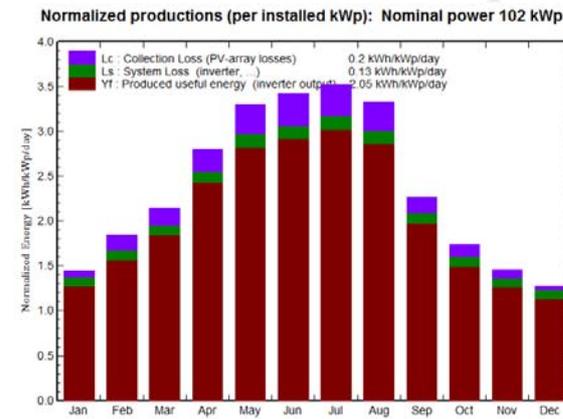
User's needs : Unlimited load (grid)

Grid-Connected System: Main results

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Norte_10S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth 0°
PV modules	Model	SOLIKER PV10S	Pnom 35 Wp
PV Array	Nb. of modules	2904	Pnom total 102 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	8.0	Pnom total 80.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Main simulation results
 System Production **Produced Energy 76.20 MWh/year** Specific prod. 750 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR **86.1 %**



Thera PVt_Norte_10S.
 Balances and main results

	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	EfArrR	EfSysR
	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	MWh	MWh	%	%
January	139.9	23.07	44.9	42.2	4.34	4.017	4.21	3.90
February	139.7	23.11	51.7	47.1	4.78	4.464	4.03	3.76
March	125.6	22.57	66.7	61.6	6.18	5.821	4.04	3.80
April	108.0	21.37	84.0	79.7	7.81	7.400	4.05	3.84
May	98.8	18.23	102.5	98.6	9.37	8.894	3.98	3.78
June	88.6	17.55	102.6	99.0	9.36	8.895	3.97	3.78
July	99.7	16.57	109.1	105.1	10.01	9.516	3.99	3.80
August	114.9	17.94	103.3	98.4	9.50	9.021	4.01	3.81
September	112.3	18.52	68.1	63.4	6.39	6.022	4.09	3.85
October	124.9	20.12	54.0	49.5	5.06	4.722	4.08	3.81
November	149.7	20.77	43.8	40.3	4.16	3.854	4.14	3.83
December	140.3	22.25	39.7	37.7	3.89	3.569	4.27	3.92
Year	1442.4	20.16	870.2	822.5	80.84	76.195	4.05	3.81

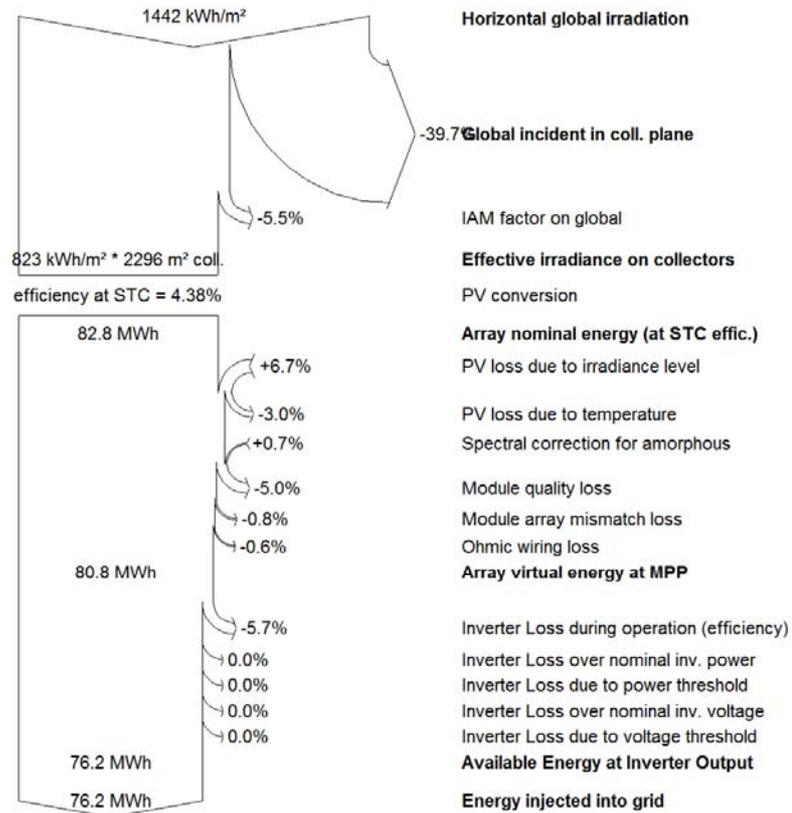
Legends: GlobHor Horizontal global irradiation EArray Effective energy at the output of the array
 T Amb Ambient Temperature E_Grid Energy injected into grid
 GlobInc Global incident in coll. plane EfArrR Effic. Eout array / rough area
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings EfSysR Effic. Eout system / rough area

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Norte_10S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth 0°
PV modules	Model	SOLIKER PV10S	Pnom 35 Wp
PV Array	Nb. of modules	2904	Pnom total 102 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	8.0	Pnom total 80.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Loss diagram over the whole year



Grid-Connected System: CO2 Balance

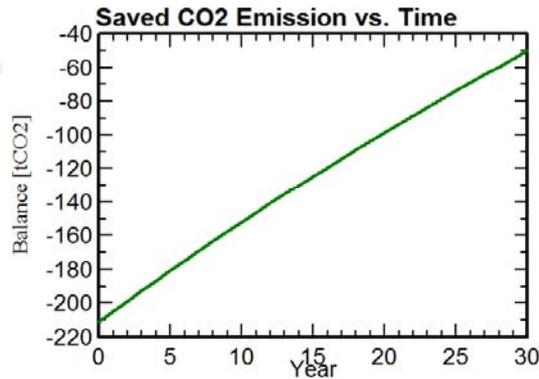
Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Norte_10S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth 0°
PV modules	Model	SOLIKER PV10S	Pnom 35 Wp
PV Array	Nb. of modules	2904	Pnom total 102 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	8.0	Pnom total 80.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Produced Emissions	Total:	210.94 tCO2	
	Source:	Detailed calculation from table below	
Replaced Emissions	Total:	185.2 tCO2	
	System production:	76.20 MWh/yr	Lifetime: 30 years
			Annual Degradation: 1.0 %
	Grid Lifecycle Emissions:	81 gCO2/kWh	
	Source:	IEA List	Country: Brazil
CO2 Emission Balance	Total:	-50.3 tCO2	

System Lifecycle Emissions Details:

Item	Modules	Supports
LCE	1713 kgCO2/kWp	0.54 kgCO2/kg
Quantity	113 kWp	32280 kg
Subtotal [kgCO2]	193503	17440



Grid-Connected System: Simulation parameters

Project : Thera Office

Geographical Site São Paulo Country **Brazil**

Situation Latitude 23.5°S Longitude 46.6°W
 Time defined as Legal Time Time zone UT-3 Altitude 760 m
 Albedo 0.20

Meteo data: São Paulo Synthetic - Meteonorm 6.1

Simulation variant : Thera PVt_Norte_20S.
 Simulation date 16/11/14 14h56

Simulation parameters

Collector Plane Orientation Tilt 90° Azimuth 0°

Models used Transposition Perez Diffuse Erbs, Meteonorm

Horizon Free Horizon

Near Shadings No Shadings

PV Array Characteristics

PV module a-Si:H tandem Model **SOLIKER PV20S**

Manufacturer Soliker

Number of PV modules In series 8 modules In parallel 363 strings

Total number of PV modules Nb. modules 2904 Unit Nom. Power 30 Wp

Array global power Nominal (STC) **87.1 kWp** At operating cond. 83.8 kWp (50°C)

Array operating characteristics (50°C) U mpp 330 V I mpp 254 A

Total area Module area **2296 m²**

Inverter

Model **Sunmaster XL10+ kW**

Manufacturer Mastervolt

Characteristics Operating Voltage 230-440 V Unit Nom. Power 10.0 kW AC

Inverter pack Nb. of inverters 7 units Total Power 70.0 kW AC

PV Array loss factors

Thermal Loss factor U_c (const) 20.0 W/m²K U_v (wind) 0.0 W/m²K / m/s

Wiring Ohmic Loss Global array res. 21 mOhm Loss Fraction 1.5 % at STC

Module Quality Loss Loss Fraction 5.0 %

Module Mismatch Losses Loss Fraction 0.8 % at MPP

Incidence effect, ASHRAE parametrization IAM = $1 - b_0 (1/\cos i - 1)$ b₀ Param. 0.05

User's needs : Unlimited load (grid)

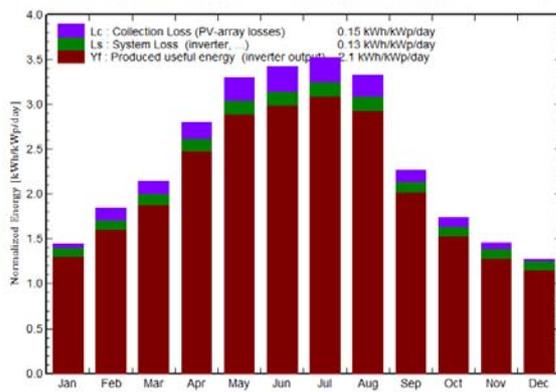
Grid-Connected System: Main results

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Norte_20S.

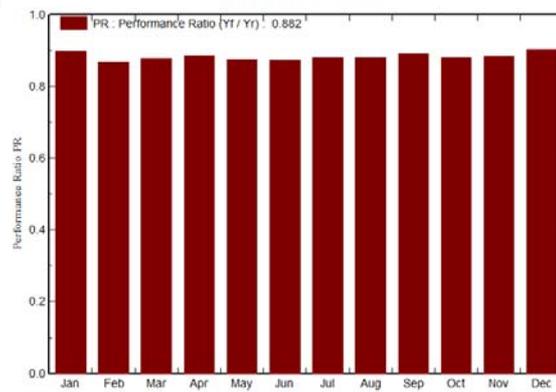
Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth 0°
PV modules	Model	SOLIKER PV20S	Pnom 30 Wp
PV Array	Nb. of modules	2904	Pnom total 87.1 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	7.0	Pnom total 70.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Main simulation results
 System Production **Produced Energy 66836 kWh/year** Specific prod. 767 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR **88.2 %**

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 87.1 kWp



Performance Ratio PR



Thera PVt_Norte_20S.
Balances and main results

	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	EffArrR	EffSysR
	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	%	%
January	139.9	23.07	44.9	42.2	3799	3513	3.68	3.41
February	139.7	23.11	51.7	47.1	4182	3908	3.53	3.29
March	125.6	22.57	66.7	61.6	5418	5101	3.54	3.33
April	108.0	21.37	84.0	79.7	6852	6494	3.55	3.37
May	98.8	18.23	102.5	98.6	8229	7814	3.50	3.32
June	88.6	17.55	102.6	99.0	8225	7815	3.49	3.32
July	99.7	16.57	109.1	105.1	8792	8361	3.51	3.34
August	114.9	17.94	103.3	98.4	8346	7923	3.52	3.34
September	112.3	18.52	68.1	63.4	5602	5280	3.59	3.38
October	124.9	20.12	54.0	49.5	4429	4135	3.57	3.34
November	149.7	20.77	43.8	40.3	3640	3371	3.62	3.35
December	140.3	22.25	39.7	37.7	3396	3120	3.73	3.43
Year	1442.4	20.16	870.2	822.5	70911	66836	3.55	3.35

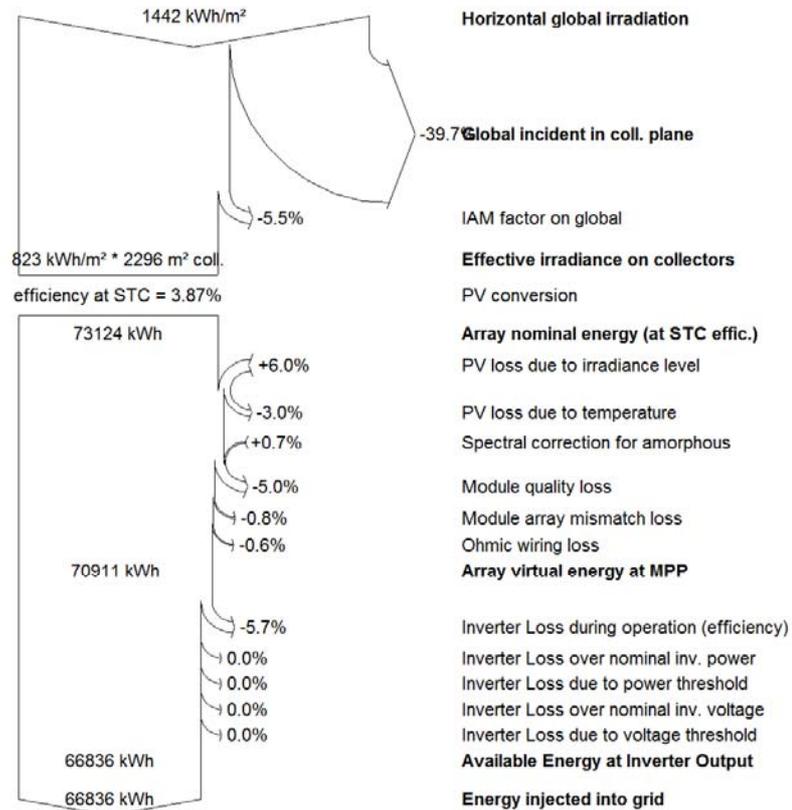
Legends: GlobHor Horizontal global irradiation EArray Effective energy at the output of the array
 T Amb Ambient Temperature E_Grid Energy injected into grid
 GlobInc Global incident in coll. plane EffArrR Effic. Eout array / rough area
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings EffSysR Effic. Eout system / rough area

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Norte_20S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth 0°
PV modules	Model	SOLIKER PV20S	Pnom 30 Wp
PV Array	Nb. of modules	2904	Pnom total 87.1 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	7.0	Pnom total 70.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Loss diagram over the whole year



Grid-Connected System: CO2 Balance

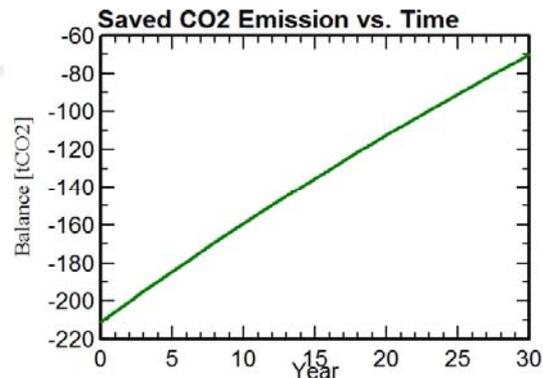
Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Norte_20S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth 0°
PV modules	Model	SOLIKER PV20S	Pnom 30 Wp
PV Array	Nb. of modules	2904	Pnom total 87.1 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	7.0	Pnom total 70.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Produced Emissions	Total:	210.94 tCO2	
	Source:	Detailed calculation from table below	
Replaced Emissions	Total:	162.4 tCO2	
	System production:	66.84 MWh/yr	Lifetime: 30 years
			Annual Degradation: 1.0 %
	Grid Lifecycle Emissions:	81 gCO2/kWh	
	Source:	IEA List	Country: Brazil
CO2 Emission Balance	Total:	-70.0 tCO2	

System Lifecycle Emissions Details:

Item	Modules	Supports
LCE	1998 kgCO2/kWp	0.54 kgCO2/kg
Quantity	96.8 kWp	32280 kg
Subtotal [kgCO2]	193503	17440



Grid-Connected System: Simulation parameters

Project : Thera Office

Geographical Site São Paulo Country **Brazil**

Situation Latitude 23.5°S Longitude 46.6°W
 Time defined as Legal Time Time zone UT-3 Altitude 760 m
 Albedo 0.20

Meteo data: São Paulo Synthetic - Meteonorm 6.1

Simulation variant : Thera PVt_Norte_30S.
 Simulation date 16/11/14 15h02

Simulation parameters

Collector Plane Orientation Tilt 90° Azimuth 0°

Models used Transposition Perez Diffuse Erbs, Meteonorm

Horizon Free Horizon

Near Shadings No Shadings

PV Array Characteristics

PV module a-Si:H tandem Model **SOLIKER PV30S**

Manufacturer Soliker

Number of PV modules In series 6 modules In parallel 484 strings

Total number of PV modules Nb. modules 2904 Unit Nom. Power 25 Wp

Array global power Nominal (STC) **72.6 kWp** At operating cond. 69.1 kWp (50°C)

Array operating characteristics (50°C) U mpp 253 V I mpp 273 A

Total area Module area **2296 m²**

Inverter

Model **Sunmaster XL10+ kW**

Manufacturer Mastervolt

Characteristics Operating Voltage 230-440 V Unit Nom. Power 10.0 kW AC

Inverter pack Nb. of inverters 7 units Total Power 70.0 kW AC

PV Array loss factors

Thermal Loss factor U_c (const) 20.0 W/m²K U_v (wind) 0.0 W/m²K / m/s

Wiring Ohmic Loss Global array res. 15 mOhm Loss Fraction 1.5 % at STC

Module Quality Loss Loss Fraction 5.0 %

Module Mismatch Losses Loss Fraction 0.8 % at MPP

Incidence effect, ASHRAE parametrization IAM = $1 - b_0 (1/\cos i - 1)$ b₀ Param. 0.05

User's needs : Unlimited load (grid)

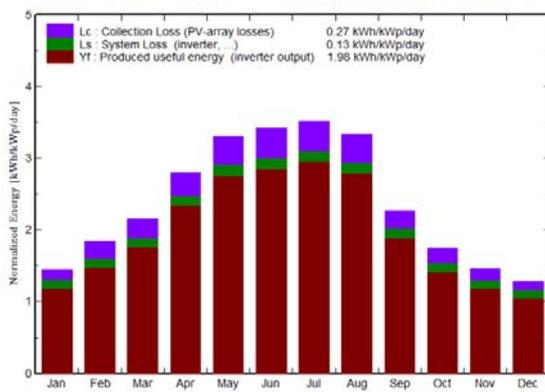
Grid-Connected System: Main results

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Norte_30S.

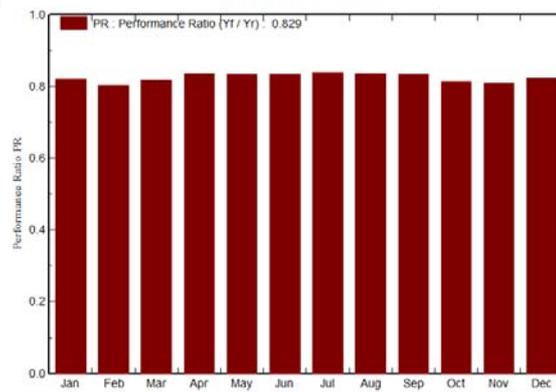
Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth 0°
PV modules	Model	SOLIKER PV30S	Pnom 25 Wp
PV Array	Nb. of modules	2904	Pnom total 72.6 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	7.0	Pnom total 70.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Main simulation results
 System Production **Produced Energy 52376 kWh/year** Specific prod. 721 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR **82.9 %**

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 72.6 kWp



Performance Ratio PR



Thera PVt_Norte_30S.
Balances and main results

	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	EffArrR	EffSysR
	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	%	%
January	139.9	23.07	44.9	42.2	2946	2681	2.86	2.60
February	139.7	23.11	51.7	47.1	3260	3012	2.75	2.54
March	125.6	22.57	66.7	61.6	4247	3967	2.77	2.59
April	108.0	21.37	84.0	79.7	5413	5109	2.81	2.65
May	98.8	18.23	102.5	98.6	6551	6209	2.78	2.64
June	88.6	17.55	102.6	99.0	6550	6215	2.78	2.64
July	99.7	16.57	109.1	105.1	7001	6648	2.79	2.65
August	114.9	17.94	103.3	98.4	6626	6274	2.79	2.65
September	112.3	18.52	68.1	63.4	4404	4122	2.82	2.64
October	124.9	20.12	54.0	49.5	3457	3192	2.79	2.58
November	149.7	20.77	43.8	40.3	2826	2577	2.81	2.56
December	140.3	22.25	39.7	37.7	2629	2371	2.89	2.60
Year	1442.4	20.16	870.2	822.5	55911	52376	2.80	2.62

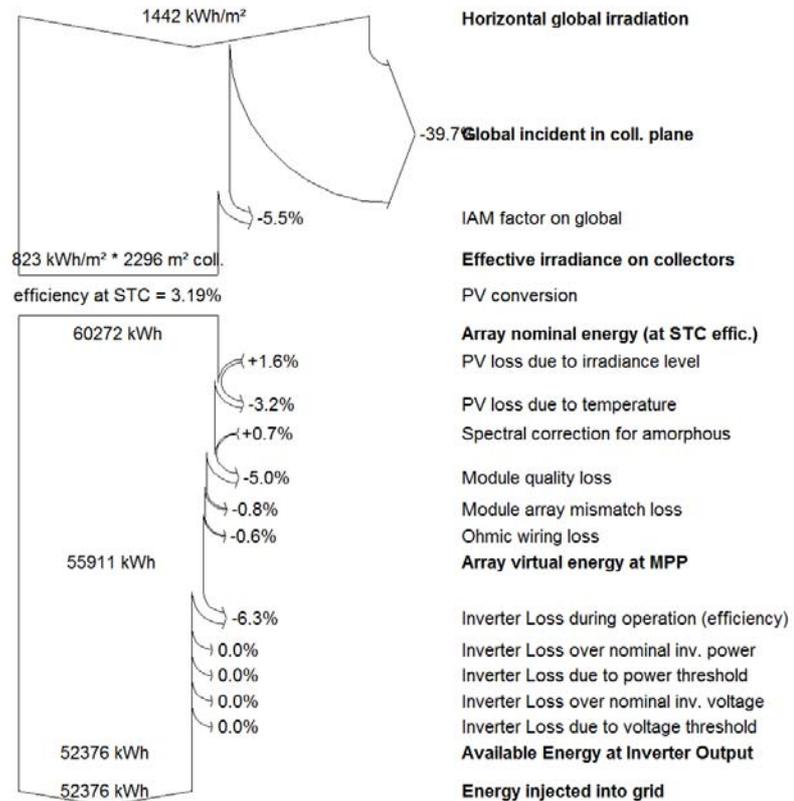
Legends: GlobHor Horizontal global irradiation EArray Effective energy at the output of the array
 T Amb Ambient Temperature E_Grid Energy injected into grid
 GlobInc Global incident in coll. plane EffArrR Effic. Eout array / rough area
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings EffSysR Effic. Eout system / rough area

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Norte_30S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth 0°
PV modules	Model	SOLIKER PV30S	Pnom 25 Wp
PV Array	Nb. of modules	2904	Pnom total 72.6 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	7.0	Pnom total 70.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Loss diagram over the whole year



Grid-Connected System: CO2 Balance

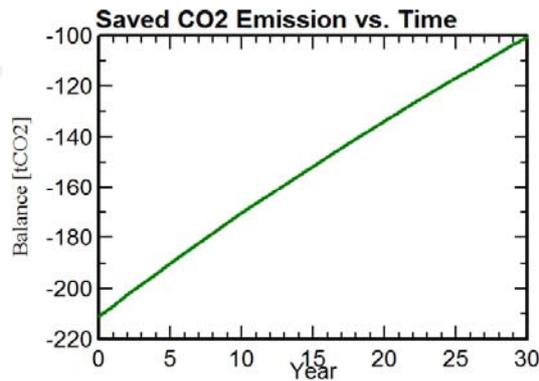
Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Norte_30S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth 0°
PV modules	Model	SOLIKER PV30S	Pnom 25 Wp
PV Array	Nb. of modules	2904	Pnom total 72.6 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	7.0	Pnom total 70.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Produced Emissions	Total:	210.94 tCO2	
	Source:	Detailed calculation from table below	
Replaced Emissions	Total:	127.3 tCO2	
	System production:	52.38 MWh/yr	Lifetime: 30 years
			Annual Degradation: 1.0 %
	Grid Lifecycle Emissions:	81 gCO2/kWh	
	Source:	IEA List	Country: Brazil
CO2 Emission Balance	Total:	-100.5 tCO2	

System Lifecycle Emissions Details:

Item	Modules	Supports
LCE	2398 kgCO2/kWp	0.54 kgCO2/kg
Quantity	80.7 kWp	32280 kg
Subtotal [kgCO2]	193503	17440



Grid-Connected System: Simulation parameters

Project : Thera Office

Geographical Site São Paulo Country **Brazil**

Situation Latitude 23.5°S Longitude 46.6°W
 Time defined as Legal Time Time zone UT-3 Altitude 760 m
 Albedo 0.20

Meteo data: São Paulo Synthetic - Meteonorm 6.1

Simulation variant : Thera PVt_Norte_40S.
 Simulation date 16/11/14 15h13

Simulation parameters

Collector Plane Orientation Tilt 90° Azimuth 0°

Models used Transposition Perez Diffuse Erbs, Meteonorm

Horizon Free Horizon

Near Shadings No Shadings

PV Array Characteristics

PV module a-Si:H tandem Model **SOLIKER PV40S**

Manufacturer Soliker

Number of PV modules In series 6 modules In parallel 484 strings

Total number of PV modules Nb. modules 2904 Unit Nom. Power 20 Wp

Array global power Nominal (STC) **58.1 kWp** At operating cond. 54.3 kWp (50°C)

Array operating characteristics (50°C) U mpp 252 V I mpp 216 A

Total area Module area **2296 m²**

Inverter

Model **Sunmaster XL10+ kW**

Manufacturer Mastervolt

Characteristics Operating Voltage 230-440 V Unit Nom. Power 10.0 kW AC

Inverter pack Nb. of inverters 5 units Total Power 50.0 kW AC

PV Array loss factors

Thermal Loss factor U_c (const) 20.0 W/m²K U_v (wind) 0.0 W/m²K / m/s

Wiring Ohmic Loss Global array res. 19 mOhm Loss Fraction 1.5 % at STC

Module Quality Loss Loss Fraction 5.0 %

Module Mismatch Losses Loss Fraction 0.8 % at MPP

Incidence effect, ASHRAE parametrization IAM = $1 - b_0 (1/\cos i - 1)$ b₀ Param. 0.05

User's needs : Unlimited load (grid)

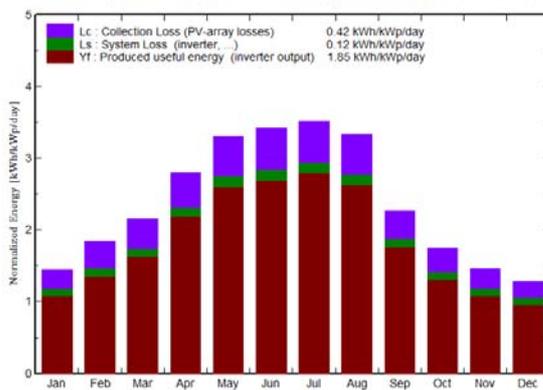
Grid-Connected System: Main results

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Norte_40S.

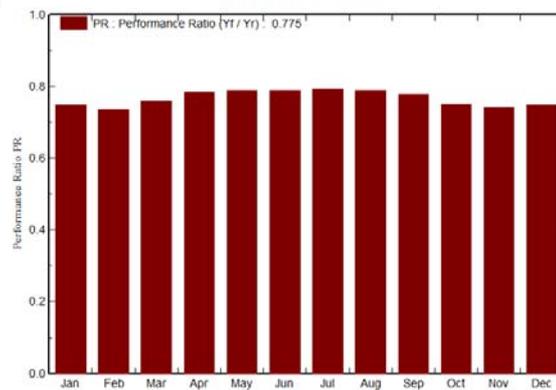
Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth 0°
PV modules	Model	SOLIKER PV40S	Pnom 20 Wp
PV Array	Nb. of modules	2904	Pnom total 58.1 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total 50.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Main simulation results
 System Production **Produced Energy 39149 kWh/year** Specific prod. 674 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR **77.5 %**

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 58.1 kWp



Performance Ratio PR



Thera PVt_Norte_40S.
Balances and main results

	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	EffArrR	EffSysR
	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	%	%
January	139.9	23.07	44.9	42.2	2143	1953	2.08	1.89
February	139.7	23.11	51.7	47.1	2392	2214	2.02	1.87
March	125.6	22.57	66.7	61.6	3145	2941	2.05	1.92
April	108.0	21.37	84.0	79.7	4054	3829	2.10	1.99
May	98.8	18.23	102.5	98.6	4957	4700	2.11	2.00
June	88.6	17.55	102.6	99.0	4960	4708	2.11	2.00
July	99.7	16.57	109.1	105.1	5301	5035	2.12	2.01
August	114.9	17.94	103.3	98.4	4998	4735	2.11	2.00
September	112.3	18.52	68.1	63.4	3278	3073	2.10	1.97
October	124.9	20.12	54.0	49.5	2545	2354	2.05	1.90
November	149.7	20.77	43.8	40.3	2062	1884	2.05	1.87
December	140.3	22.25	39.7	37.7	1906	1722	2.09	1.89
Year	1442.4	20.16	870.2	822.5	41740	39149	2.09	1.96

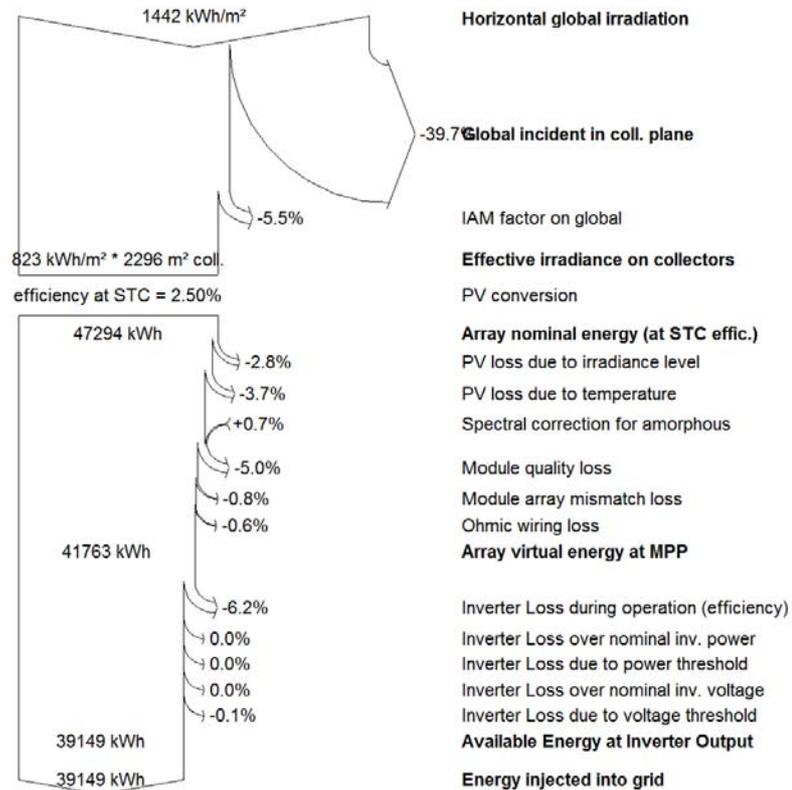
Legends: GlobHor Horizontal global irradiation EArray Effective energy at the output of the array
 T Amb Ambient Temperature E_Grid Energy injected into grid
 GlobInc Global incident in coll. plane EffArrR Effic. Eout array / rough area
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings EffSysR Effic. Eout system / rough area

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Norte_40S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth 0°
PV modules	Model	SOLIKER PV40S	Pnom 20 Wp
PV Array	Nb. of modules	2904	Pnom total 58.1 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total 50.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Loss diagram over the whole year



Grid-Connected System: CO2 Balance

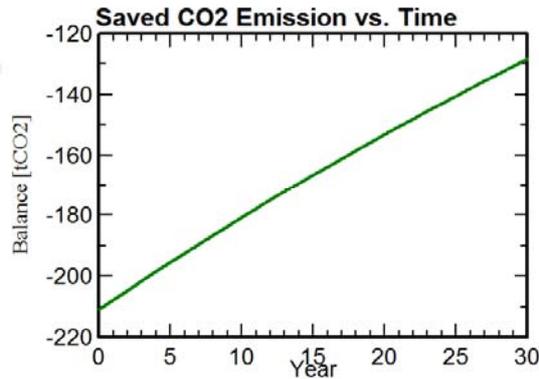
Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Norte_40S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth 0°
PV modules	Model	SOLIKER PV40S	Pnom 20 Wp
PV Array	Nb. of modules	2904	Pnom total 58.1 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total 50.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Produced Emissions	Total:	210.94 tCO2	
	Source:	Detailed calculation from table below	
Replaced Emissions	Total:	95.1 tCO2	
	System production:	39.15 MWh/yr	Lifetime: 30 years
			Annual Degradation: 1.0 %
	Grid Lifecycle Emissions:	81 gCO2/kWh	
	Source:	IEA List	Country: Brazil
CO2 Emission Balance	Total:	-128.4 tCO2	

System Lifecycle Emissions Details:

Item	Modules	Supports
LCE	2997 kgCO2/kWp	0.54 kgCO2/kg
Quantity	64.6 kWp	32280 kg
Subtotal [kgCO2]	193503	17440



Orientação Oeste

Grid-Connected System: Simulation parameters

Project : Thera Office

Geographical Site São Paulo Country **Brazil**

Situation Latitude 23.5°S Longitude 46.6°W
 Time defined as Legal Time Time zone UT-3 Altitude 760 m
 Albedo 0.20

Meteo data: São Paulo Synthetic - Meteonorm 6.1

Simulation variant : Thera PVt_Oeste_10S.
 Simulation date 16/11/14 14h44

Simulation parameters

Collector Plane Orientation Tilt 90° Azimuth 90°

Models used Transposition Perez Diffuse Erbs, Meteonorm

Horizon Free Horizon

Near Shadings No Shadings

PV Array Characteristics

PV module a-Si:H tandem Model **SOLIKER PV10S**

Manufacturer Soliker

Number of PV modules In series 7 modules In parallel 363 strings

Total number of PV modules Nb. modules 2541 Unit Nom. Power 35 Wp

Array global power Nominal (STC) **88.9 kWp** At operating cond. 83.0 kWp (50°C)

Array operating characteristics (50°C) U mpp 290 V I mpp 286 A

Total area Module area **2009 m²**

Inverter

Model **Sunmaster XL10+ kW**

Manufacturer Mastervolt

Characteristics Operating Voltage 230-440 V Unit Nom. Power 10.0 kW AC

Inverter pack Nb. of inverters 7 units Total Power 70.0 kW AC

PV Array loss factors

Thermal Loss factor U_c (const) 20.0 W/m²K U_v (wind) 0.0 W/m²K / m/s

Wiring Ohmic Loss Global array res. 17 mOhm Loss Fraction 1.5 % at STC

Module Quality Loss Loss Fraction 5.0 %

Module Mismatch Losses Loss Fraction 0.8 % at MPP

Incidence effect, ASHRAE parametrization IAM = $1 - b_0 (1/\cos i - 1)$ b₀ Param. 0.05

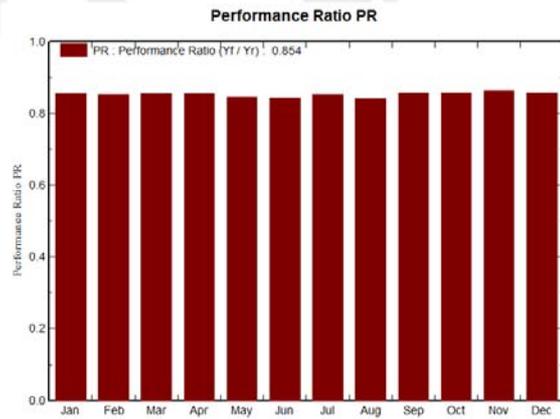
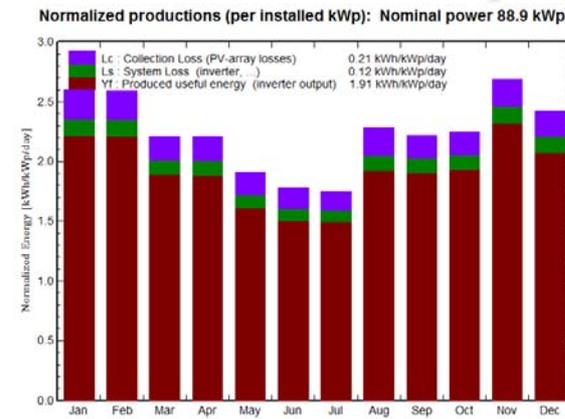
User's needs : Unlimited load (grid)

Grid-Connected System: Main results

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVT_Oeste_10S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth 90°
PV modules	Model	SOLIKER PV10S	Pnom 35 Wp
PV Array	Nb. of modules	2541	Pnom total 88.9 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	7.0	Pnom total 70.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Main simulation results
 System Production **Produced Energy 62077 kWh/year** Specific prod. 698 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR **85.4 %**



Thera PVT_Oeste_10S.
Balances and main results

	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	EffArrR	EffSysR
	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	%	%
January	139.9	23.07	80.49	77.20	6498	6117	4.02	3.78
February	139.7	23.11	72.55	69.53	5850	5507	4.01	3.78
March	125.6	22.57	68.60	65.67	5547	5214	4.03	3.78
April	108.0	21.37	66.28	63.33	5347	5035	4.02	3.78
May	98.8	18.23	59.16	56.36	4741	4453	3.99	3.75
June	88.6	17.55	53.44	50.80	4275	4009	3.98	3.73
July	99.7	16.57	54.29	51.44	4387	4115	4.02	3.77
August	114.9	17.94	70.88	67.76	5639	5304	3.96	3.73
September	112.3	18.52	66.56	63.84	5407	5081	4.04	3.80
October	124.9	20.12	69.70	66.98	5666	5321	4.05	3.80
November	149.7	20.77	80.64	77.35	6571	6195	4.06	3.82
December	140.3	22.25	75.16	71.96	6098	5726	4.04	3.79
Year	1442.4	20.16	817.73	782.24	66027	62077	4.02	3.78

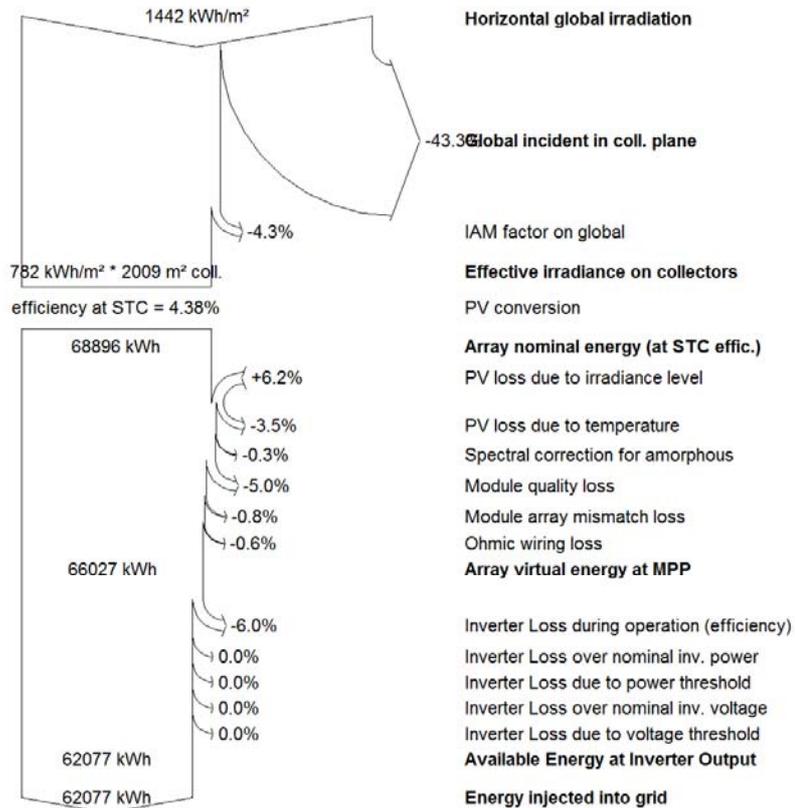
Legends: GlobHor Horizontal global irradiation EArray Effective energy at the output of the array
 T Amb Ambient Temperature E_Grid Energy injected into grid
 GlobInc Global incident in coll. plane EffArrR Effic. Eout array / rough area
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings EffSysR Effic. Eout system / rough area

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Oeste_10S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth 90°
PV modules	Model	SOLIKER PV10S	Pnom 35 Wp
PV Array	Nb. of modules	2541	Pnom total 88.9 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	7.0	Pnom total 70.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Loss diagram over the whole year



Grid-Connected System: CO2 Balance

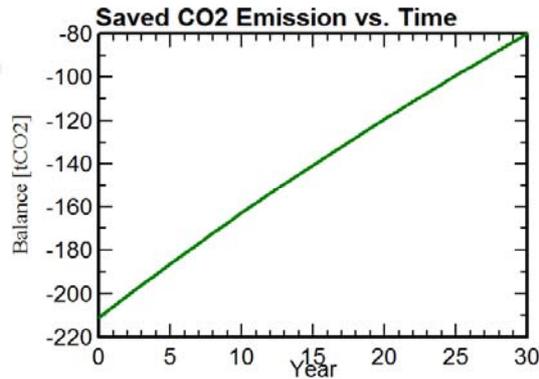
Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Oeste_10S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth 90°
PV modules	Model	SOLIKER PV10S	Pnom 35 Wp
PV Array	Nb. of modules	2541	Pnom total 88.9 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	7.0	Pnom total 70.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Produced Emissions	Total: 210.94 tCO2	
	Source: Detailed calculation from table below	
Replaced Emissions	Total: 150.8 tCO2	
	System production: 62.08 MWh/yr	Lifetime: 30 years
		Annual Degradation: 1.0 %
	Grid Lifecycle Emissions: 81 gCO2/kWh	
	Source: IEA List	Country: Brazil
CO2 Emission Balance	Total: -80.1 tCO2	

System Lifecycle Emissions Details:

Item	Modules	Supports
LCE	1713 kgCO2/kWp	0.54 kgCO2/kg
Quantity	113 kWp	32280 kg
Subtotal [kgCO2]	193503	17440



Grid-Connected System: Simulation parameters

Project : Thera Office

Geographical Site São Paulo Country **Brazil**

Situation Latitude 23.5°S Longitude 46.6°W
 Time defined as Legal Time Time zone UT-3 Altitude 760 m
 Albedo 0.20

Meteo data: São Paulo Synthetic - Meteonorm 6.1

Simulation variant : Thera PVt_Oeste_20S.
 Simulation date 16/11/14 14h54

Simulation parameters

Collector Plane Orientation Tilt 90° Azimuth 90°

Models used Transposition Perez Diffuse Erbs, Meteonorm

Horizon Free Horizon

Near Shadings No Shadings

PV Array Characteristics

PV module a-Si:H tandem Model **SOLIKER PV20S**

Manufacturer Soliker

Number of PV modules In series 7 modules In parallel 363 strings

Total number of PV modules Nb. modules 2541 Unit Nom. Power 30 Wp

Array global power Nominal (STC) **76.2 kWp** At operating cond. 73.3 kWp (50°C)

Array operating characteristics (50°C) U mpp 289 V I mpp 254 A

Total area Module area **2009 m²**

Inverter

Model **Sunmaster XL10+ kW**

Manufacturer Mastervolt

Characteristics Operating Voltage 230-440 V Unit Nom. Power 10.0 kW AC

Inverter pack Nb. of inverters 7 units Total Power 70.0 kW AC

PV Array loss factors

Thermal Loss factor U_c (const) 20.0 W/m²K U_v (wind) 0.0 W/m²K / m/s

Wiring Ohmic Loss Global array res. 19 mOhm Loss Fraction 1.5 % at STC

Module Quality Loss Loss Fraction 5.0 %

Module Mismatch Losses Loss Fraction 0.8 % at MPP

Incidence effect, ASHRAE parametrization IAM = 1 - bo (1/cos i - 1) bo Param. 0.05

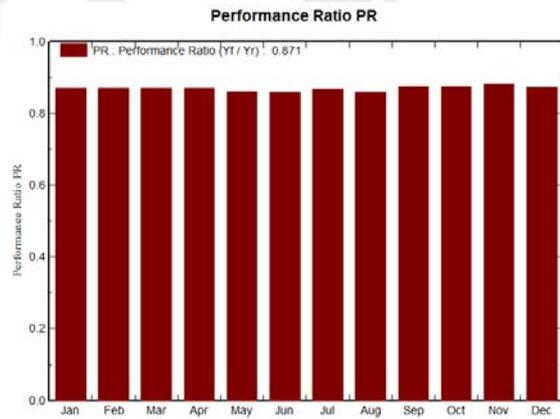
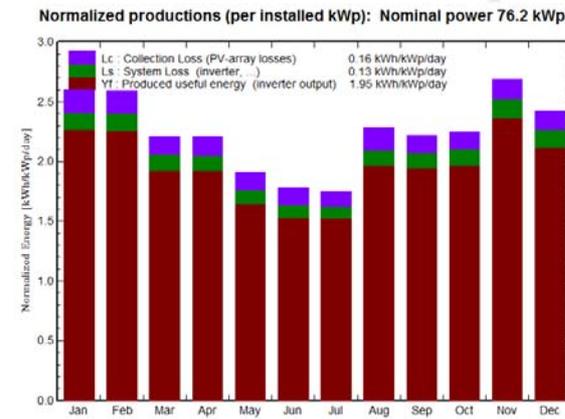
User's needs : Unlimited load (grid)

Grid-Connected System: Main results

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Oeste_20S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected		
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth	90°
PV modules	Model	SOLIKER PV20S	Pnom	30 Wp
PV Array	Nb. of modules	2541	Pnom total	76.2 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom	10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	7.0	Pnom total	70.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)			

Main simulation results
 System Production **Produced Energy 54266 kWh/year** Specific prod. 712 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR **87.1 %**



Thera PVt_Oeste_20S.
Balances and main results

	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	EffArrR	EffSysR
	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	%	%
January	139.9	23.07	80.49	77.20	5699	5347	3.52	3.31
February	139.7	23.11	72.55	69.53	5132	4817	3.52	3.31
March	125.6	22.57	68.60	65.67	4864	4557	3.53	3.31
April	108.0	21.37	66.28	63.33	4689	4401	3.52	3.31
May	98.8	18.23	59.16	56.36	4158	3891	3.50	3.27
June	88.6	17.55	53.44	50.80	3748	3501	3.49	3.26
July	99.7	16.57	54.29	51.44	3846	3593	3.53	3.29
August	114.9	17.94	70.88	67.76	4948	4641	3.48	3.26
September	112.3	18.52	66.56	63.84	4742	4442	3.55	3.32
October	124.9	20.12	69.70	66.98	4970	4650	3.55	3.32
November	149.7	20.77	80.64	77.35	5766	5421	3.56	3.35
December	140.3	22.25	75.16	71.96	5348	5004	3.54	3.31
Year	1442.4	20.16	817.73	782.24	57912	54266	3.53	3.30

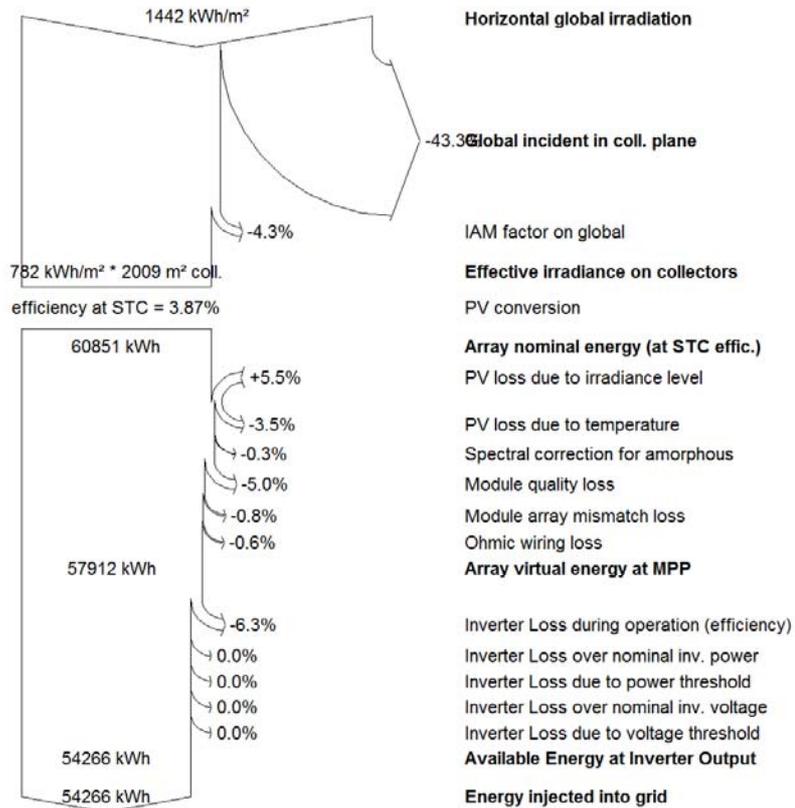
Legends: GlobHor Horizontal global irradiation EArray Effective energy at the output of the array
 T Amb Ambient Temperature E_Grid Energy injected into grid
 GlobInc Global incident in coll. plane EffArrR Effic. Eout array / rough area
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings EffSysR Effic. Eout system / rough area

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Oeste_20S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth 90°
PV modules	Model	SOLIKER PV20S	Pnom 30 Wp
PV Array	Nb. of modules	2541	Pnom total 76.2 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	7.0	Pnom total 70.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Loss diagram over the whole year



Grid-Connected System: CO2 Balance

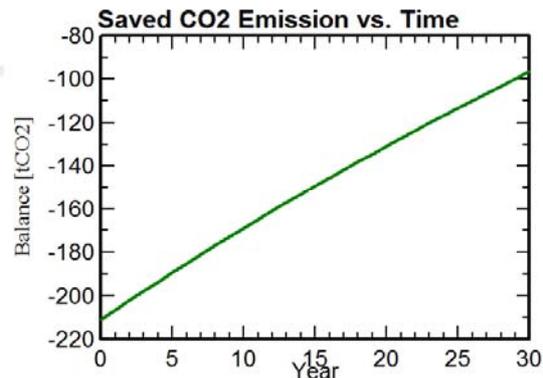
Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Oeste_20S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth 90°
PV modules	Model	SOLIKER PV20S	Pnom 30 Wp
PV Array	Nb. of modules	2541	Pnom total 76.2 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	7.0	Pnom total 70.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Produced Emissions	Total:	210.94 tCO2	
	Source:	Detailed calculation from table below	
Replaced Emissions	Total:	131.9 tCO2	
	System production:	54.27 MWh/yr	Lifetime: 30 years
			Annual Degradation: 1.0 %
	Grid Lifecycle Emissions:	81 gCO2/kWh	
	Source:	IEA List	Country: Brazil
CO2 Emission Balance	Total:	-96.5 tCO2	

System Lifecycle Emissions Details:

Item	Modules	Supports
LCE	1998 kgCO2/kWp	0.54 kgCO2/kg
Quantity	96.8 kWp	32280 kg
Subtotal [kgCO2]	193503	17440



Grid-Connected System: Simulation parameters

Project : Thera Office

Geographical Site São Paulo Country **Brazil**

Situation Latitude 23.5°S Longitude 46.6°W
 Time defined as Legal Time Time zone UT-3 Altitude 760 m
 Albedo 0.20

Meteo data: São Paulo Synthetic - Meteonorm 6.1

Simulation variant : Thera PVt_Oeste_30S.
 Simulation date 16/11/14 15h05

Simulation parameters

Collector Plane Orientation Tilt 90° Azimuth 90°

Models used Transposition Perez Diffuse Erbs, Meteonorm

Horizon Free Horizon

Near Shadings No Shadings

PV Array Characteristics

PV module a-Si:H tandem Model **SOLIKER PV30S**

Manufacturer Soliker

Number of PV modules In series 7 modules In parallel 363 strings

Total number of PV modules Nb. modules 2541 Unit Nom. Power 25 Wp

Array global power Nominal (STC) **63.5 kWp** At operating cond. 60.5 kWp (50°C)

Array operating characteristics (50°C) U mpp 295 V I mpp 205 A

Total area Module area **2009 m²**

Inverter

Model **Sunmaster XL10+ kW**

Manufacturer Mastervolt

Characteristics Operating Voltage 230-440 V Unit Nom. Power 10.0 kW AC

Inverter pack Nb. of inverters 5 units Total Power 50.0 kW AC

PV Array loss factors

Thermal Loss factor U_c (const) 20.0 W/m²K U_v (wind) 0.0 W/m²K / m/s

Wiring Ohmic Loss Global array res. 24 mOhm Loss Fraction 1.5 % at STC

Module Quality Loss Loss Fraction 5.0 %

Module Mismatch Losses Loss Fraction 0.8 % at MPP

Incidence effect, ASHRAE parametrization IAM = 1 - bo (1/cos i - 1) bo Param. 0.05

User's needs : Unlimited load (grid)

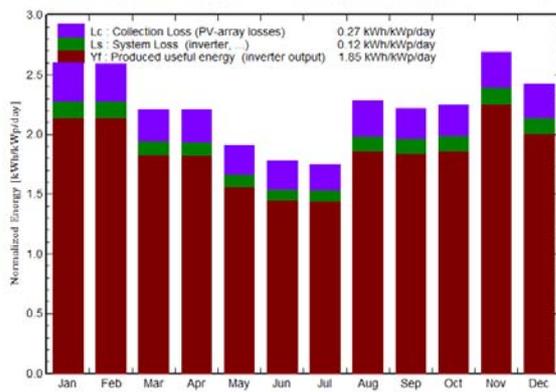
Grid-Connected System: Main results

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVT_Oeste_30S.

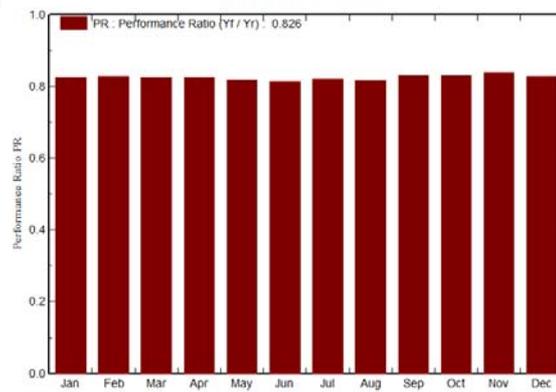
Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth 90°
PV modules	Model	SOLIKER PV30S	Pnom 25 Wp
PV Array	Nb. of modules	2541	Pnom total 63.5 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total 50.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Main simulation results
 System Production **Produced Energy 42.89 MWh/year** Specific prod. 675 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR **82.6 %**

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 63.5 kWp



Performance Ratio PR



Thera PVT_Oeste_30S.
Balances and main results

	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	EffArrR	EffSysR
	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	MWh	MWh	%	%
January	139.9	23.07	80.49	77.20	4.491	4.223	2.78	2.61
February	139.7	23.11	72.55	69.53	4.053	3.812	2.78	2.62
March	125.6	22.57	68.60	65.67	3.834	3.600	2.78	2.61
April	108.0	21.37	66.28	63.33	3.692	3.474	2.77	2.61
May	98.8	18.23	59.16	56.36	3.277	3.075	2.76	2.59
June	88.6	17.55	53.44	50.80	2.948	2.762	2.75	2.57
July	99.7	16.57	54.29	51.44	3.023	2.833	2.77	2.60
August	114.9	17.94	70.88	67.76	3.909	3.674	2.75	2.58
September	112.3	18.52	66.56	63.84	3.741	3.512	2.80	2.63
October	124.9	20.12	69.70	66.98	3.919	3.676	2.80	2.63
November	149.7	20.77	80.64	77.35	4.559	4.294	2.81	2.65
December	140.3	22.25	75.16	71.96	4.218	3.956	2.79	2.62
Year	1442.4	20.16	817.73	782.24	45.664	42.889	2.78	2.61

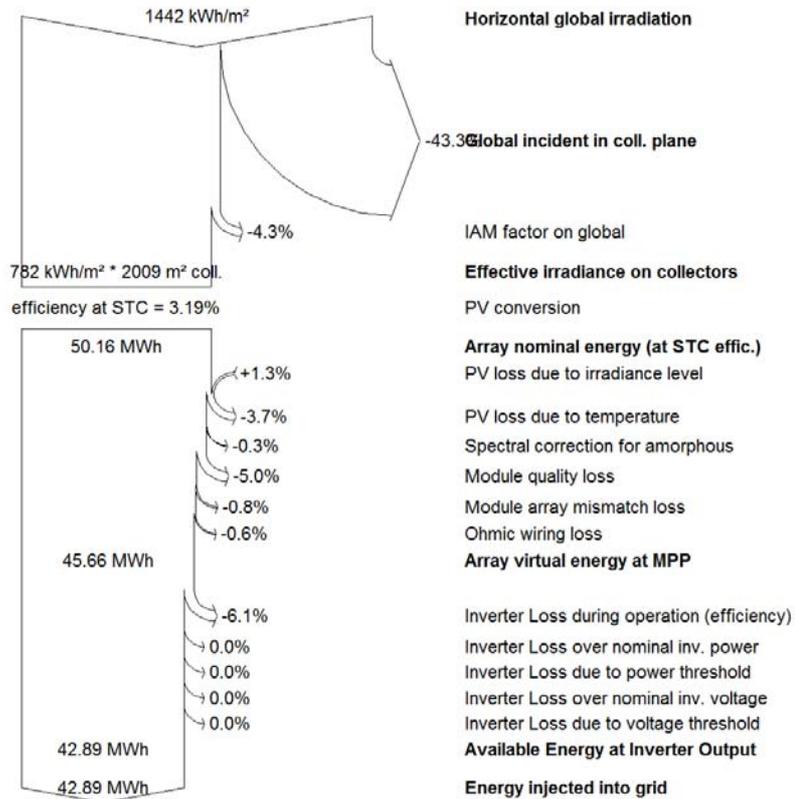
Legends: GlobHor Horizontal global irradiation EArray Effective energy at the output of the array
 T Amb Ambient Temperature E_Grid Energy injected into grid
 GlobInc Global incident in coll. plane EffArrR Effic. Eout array / rough area
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings EffSysR Effic. Eout system / rough area

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Oeste_30S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth 90°
PV modules	Model	SOLIKER PV30S	Pnom 25 Wp
PV Array	Nb. of modules	2541	Pnom total 63.5 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total 50.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Loss diagram over the whole year



Grid-Connected System: CO2 Balance

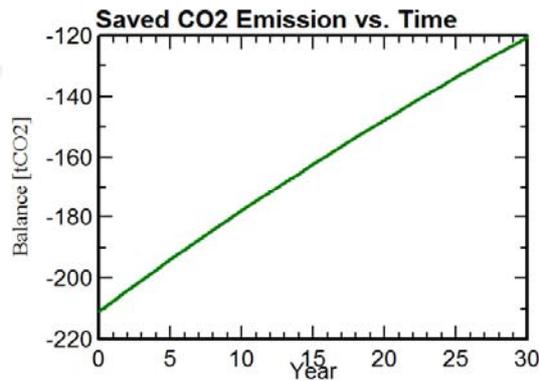
Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Oeste_30S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected
PV Field Orientation	tilt	90° azimuth 90°
PV modules	Model	SOLIKER PV30S Pnom 25 Wp
PV Array	Nb. of modules	2541 Pnom total 63.5 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0 Pnom total 50.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)	

Produced Emissions	Total: 210.94 tCO2
	Source: Detailed calculation from table below
Replaced Emissions	Total: 104.2 tCO2
	System production: 42.89 MWh/yr Lifetime: 30 years
	Annual Degradation: 1.0 %
	Grid Lifecycle Emissions: 81 gCO2/kWh
	Source: IEA List Country: Brazil
CO2 Emission Balance	Total: -120.5 tCO2

System Lifecycle Emissions Details:

Item	Modules	Supports
LCE	2398 kgCO2/kWp	0.54 kgCO2/kg
Quantity	80.7 kWp	32280 kg
Subtotal [kgCO2]	193503	17440



Grid-Connected System: Simulation parameters

Project : Thera Office

Geographical Site São Paulo Country **Brazil**

Situation Latitude 23.5°S Longitude 46.6°W
 Time defined as Legal Time Time zone UT-3 Altitude 760 m
 Albedo 0.20

Meteo data: São Paulo Synthetic - Meteonorm 6.1

Simulation variant : Thera PVt_Oeste_40S.
 Simulation date 16/11/14 15h11

Simulation parameters

Collector Plane Orientation Tilt 90° Azimuth 90°

Models used Transposition Perez Diffuse Erbs, Meteonorm

Horizon Free Horizon

Near Shadings No Shadings

PV Array Characteristics

PV module a-Si:H tandem Model **SOLIKER PV40S**

Manufacturer Soliker

Number of PV modules In series 7 modules In parallel 363 strings

Total number of PV modules Nb. modules 2541 Unit Nom. Power 20 Wp

Array global power Nominal (STC) **50.8 kWp** At operating cond. 47.5 kWp (50°C)

Array operating characteristics (50°C) U mpp 294 V I mpp 162 A

Total area Module area **2009 m²**

Inverter

Model **Sunmaster XL10+ kW**

Manufacturer Mastervolt

Characteristics Operating Voltage 230-440 V Unit Nom. Power 10.0 kW AC

Inverter pack Nb. of inverters 5 units Total Power 50.0 kW AC

PV Array loss factors

Thermal Loss factor U_c (const) 20.0 W/m²K U_v (wind) 0.0 W/m²K / m/s

Wiring Ohmic Loss Global array res. 29 mOhm Loss Fraction 1.5 % at STC

Module Quality Loss Loss Fraction 5.0 %

Module Mismatch Losses Loss Fraction 0.8 % at MPP

Incidence effect, ASHRAE parametrization IAM = $1 - b_0 (1/\cos i - 1)$ b₀ Param. 0.05

User's needs : Unlimited load (grid)

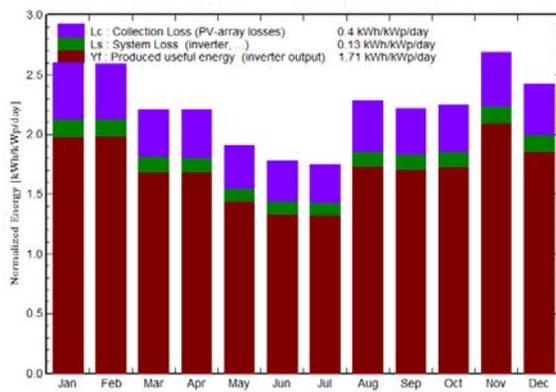
Grid-Connected System: Main results

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVT_Oeste_40S.

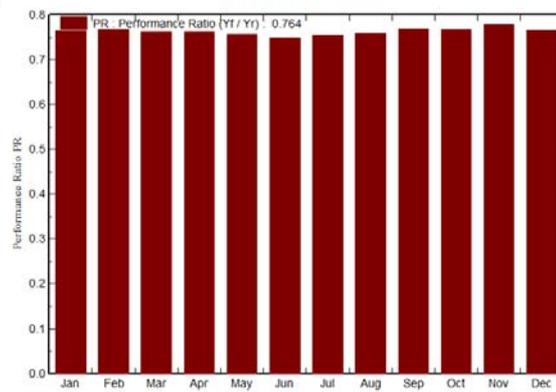
Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth 90°
PV modules	Model	SOLIKER PV40S	Pnom 20 Wp
PV Array	Nb. of modules	2541	Pnom total 50.8 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total 50.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Main simulation results
 System Production **Produced Energy 31740 kWh/year** Specific prod. 625 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR **76.4 %**

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 50.8 kWp



Performance Ratio PR



Thera PVT_Oeste_40S.
 Balances and main results

	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	EffArrR	EffSysR
	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	%	%
January	139.9	23.07	80.49	77.20	3350	3122	2.07	1.93
February	139.7	23.11	72.55	69.53	3032	2828	2.08	1.94
March	125.6	22.57	68.60	65.67	2860	2660	2.07	1.93
April	108.0	21.37	66.28	63.33	2753	2566	2.06	1.91
May	98.8	18.23	59.16	56.36	2447	2275	2.05	1.90
June	88.6	17.55	53.44	50.80	2196	2035	2.06	1.91
July	99.7	16.57	54.29	51.44	2250	2085	2.06	1.92
August	114.9	17.94	70.88	67.76	2928	2730	2.09	1.95
September	112.3	18.52	66.56	63.84	2795	2601	2.09	1.94
October	124.9	20.12	69.70	66.98	2926	2719	2.11	1.97
November	149.7	20.77	80.64	77.35	3417	3194	2.09	1.94
December	140.3	22.25	75.16	71.96	3149	2925	2.08	1.93
Year	1442.4	20.16	817.73	782.24	34103	31740		

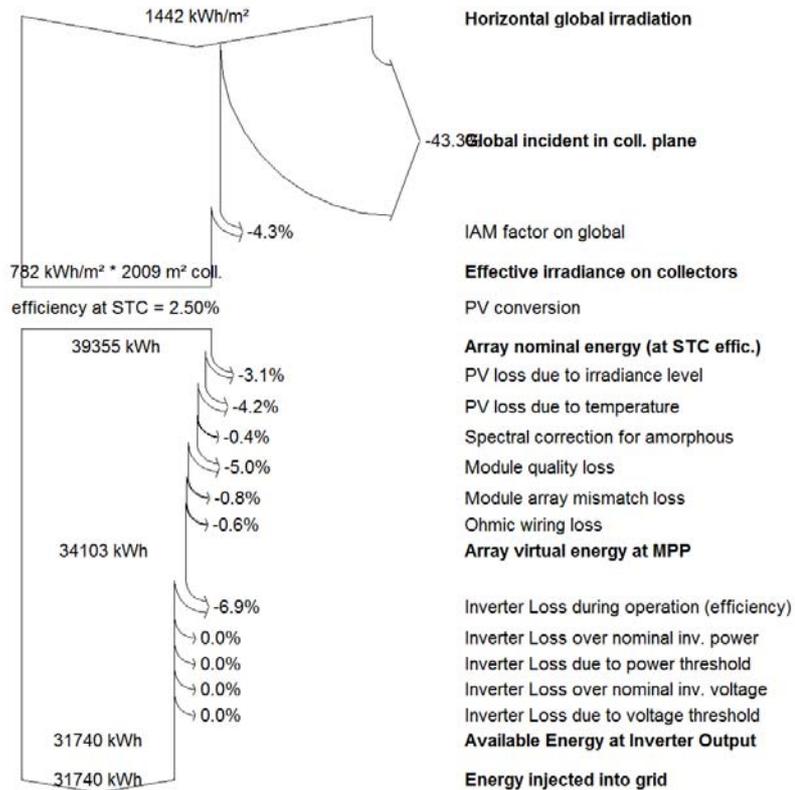
Legends: GlobHor Horizontal global irradiation EArray Effective energy at the output of the array
 T Amb Ambient Temperature E_Grid Energy injected into grid
 GlobInc Global incident in coll. plane EffArrR Effic. Eout array / rough area
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings EffSysR Effic. Eout system / rough area

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Oeste_40S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth 90°
PV modules	Model	SOLIKER PV40S	Pnom 20 Wp
PV Array	Nb. of modules	2541	Pnom total 50.8 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total 50.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Loss diagram over the whole year



Grid-Connected System: CO2 Balance

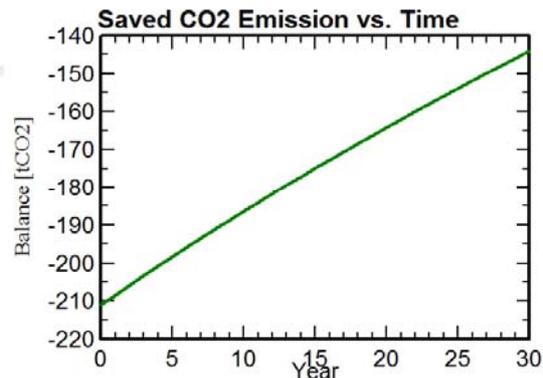
Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Oeste_40S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth 90°
PV modules	Model	SOLIKER PV40S	Pnom 20 Wp
PV Array	Nb. of modules	2541	Pnom total 50.8 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total 50.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Produced Emissions	Total:	210.94 tCO2	
	Source:	Detailed calculation from table below	
Replaced Emissions	Total:	77.1 tCO2	
	System production:	31.74 MWh/yr	Lifetime: 30 years
			Annual Degradation: 1.0 %
	Grid Lifecycle Emissions:	81 gCO2/kWh	
	Source:	IEA List	Country: Brazil
CO2 Emission Balance	Total:	-144.0 tCO2	

System Lifecycle Emissions Details:

Item	Modules	Supports
LCE	2997 kgCO2/kWp	0.54 kgCO2/kg
Quantity	64.6 kWp	32280 kg
Subtotal [kgCO2]	193503	17440



Orientação Leste

Grid-Connected System: Simulation parameters

Project : Thera Office

Geographical Site São Paulo Country **Brazil**

Situation Latitude 23.5°S Longitude 46.6°W
 Time defined as Legal Time Time zone UT-3 Altitude 760 m
 Albedo 0.20

Meteo data: São Paulo Synthetic - Meteonorm 6.1

Simulation variant : Thera PVt_Leste_10S.
 Simulation date 16/11/14 14h48

Simulation parameters

Collector Plane Orientation Tilt 90° Azimuth -90°

Models used Transposition Perez Diffuse Erbs, Meteonorm

Horizon Free Horizon

Near Shadings No Shadings

PV Array Characteristics

PV module a-Si:H tandem Model **SOLIKER PV10S**

Manufacturer Soliker

Number of PV modules In series 7 modules In parallel 363 strings

Total number of PV modules Nb. modules 2541 Unit Nom. Power 35 Wp

Array global power Nominal (STC) **88.9 kWp** At operating cond. 83.0 kWp (50°C)

Array operating characteristics (50°C) U mpp 290 V I mpp 286 A

Total area Module area **2009 m²**

Inverter

Model **Sunmaster XL10+ kW**

Manufacturer Mastervolt

Characteristics Operating Voltage 230-440 V Unit Nom. Power 10.0 kW AC

Inverter pack Nb. of inverters 7 units Total Power 70.0 kW AC

PV Array loss factors

Thermal Loss factor U_c (const) 20.0 W/m²K U_v (wind) 0.0 W/m²K / m/s

Wiring Ohmic Loss Global array res. 17 mOhm Loss Fraction 1.5 % at STC

Module Quality Loss Loss Fraction 5.0 %

Module Mismatch Losses Loss Fraction 0.8 % at MPP

Incidence effect, ASHRAE parametrization IAM = $1 - b_0 (1/\cos i - 1)$ b₀ Param. 0.05

User's needs : Unlimited load (grid)

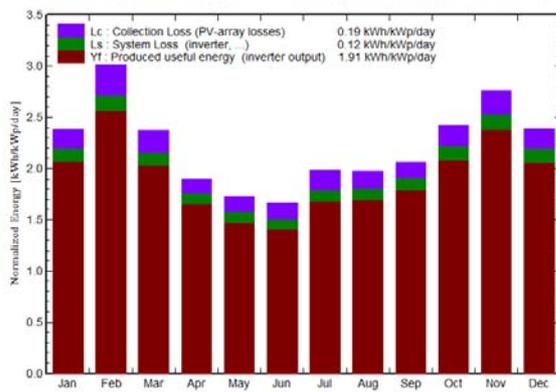
Grid-Connected System: Main results

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Leste_10S.

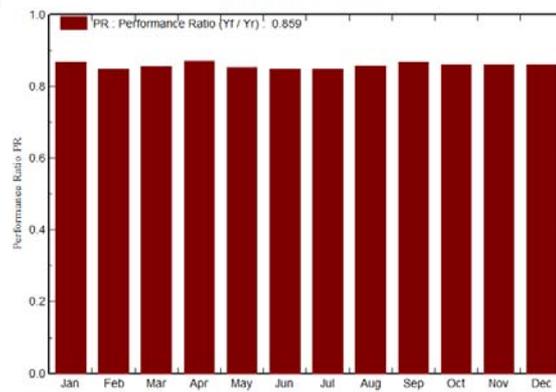
Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth -90°
PV modules	Model	SOLIKER PV10S	Pnom 35 Wp
PV Array	Nb. of modules	2541	Pnom total 88.9 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	7.0	Pnom total 70.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Main simulation results
 System Production **Produced Energy 61848 kWh/year** Specific prod. 695 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR **85.9 %**

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 88.9 kWp



Performance Ratio PR



Thera PVt_Leste_10S.
Balances and main results

	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	EfArrR	EfSysR
	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	%	%
January	139.9	23.07	73.73	70.70	6067	5700	4.10	3.85
February	139.7	23.11	84.57	81.36	6761	6383	3.98	3.76
March	125.6	22.57	73.61	70.70	5951	5599	4.02	3.79
April	108.0	21.37	56.95	54.41	4702	4415	4.11	3.86
May	98.8	18.23	53.69	51.11	4352	4077	4.03	3.78
June	88.6	17.55	50.01	47.54	4031	3773	4.01	3.76
July	99.7	16.57	61.45	58.66	4934	4640	4.00	3.76
August	114.9	17.94	61.25	58.52	4985	4675	4.05	3.80
September	112.3	18.52	61.87	59.26	5097	4784	4.10	3.85
October	124.9	20.12	75.11	72.09	6125	5761	4.06	3.82
November	149.7	20.77	82.94	79.48	6749	6358	4.05	3.82
December	140.3	22.25	74.08	70.92	6055	5682	4.07	3.82
Year	1442.4	20.16	809.25	774.74	65807	61848	4.05	3.80

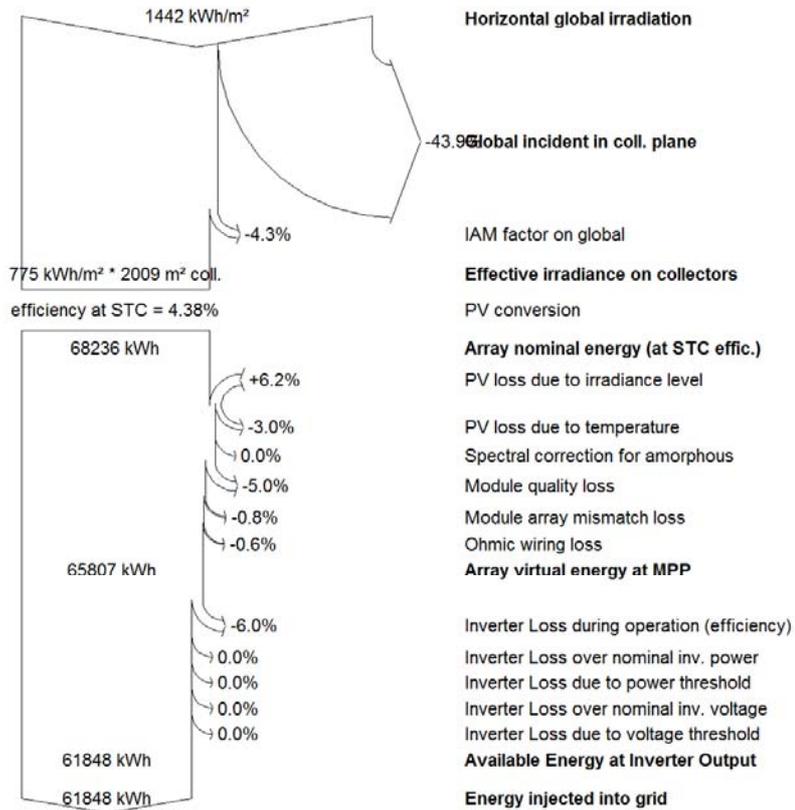
Legends: GlobHor Horizontal global irradiation EArray Effective energy at the output of the array
 T Amb Ambient Temperature E_Grid Energy injected into grid
 GlobInc Global incident in coll. plane EfArrR Effic. Eout array / rough area
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings EfSysR Effic. Eout system / rough area

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Leste_10S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth -90°
PV modules	Model	SOLIKER PV10S	Pnom 35 Wp
PV Array	Nb. of modules	2541	Pnom total 88.9 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	7.0	Pnom total 70.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Loss diagram over the whole year



Grid-Connected System: CO2 Balance

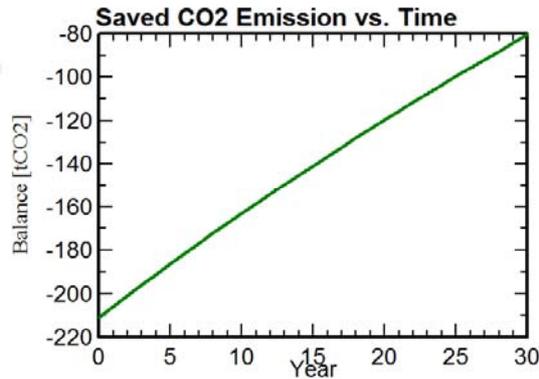
Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Leste_10S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth -90°
PV modules	Model	SOLIKER PV10S	Pnom 35 Wp
PV Array	Nb. of modules	2541	Pnom total 88.9 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	7.0	Pnom total 70.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Produced Emissions	Total:	210.94 tCO2	
	Source:	Detailed calculation from table below	
Replaced Emissions	Total:	150.3 tCO2	
	System production:	61.85 MWh/yr	Lifetime: 30 years
			Annual Degradation: 1.0 %
	Grid Lifecycle Emissions:	81 gCO2/kWh	
	Source:	IEA List	Country: Brazil
CO2 Emission Balance	Total:	-80.5 tCO2	

System Lifecycle Emissions Details:

Item	Modules	Supports
LCE	1713 kgCO2/kWp	0.54 kgCO2/kg
Quantity	113 kWp	32280 kg
Subtotal [kgCO2]	193503	17440



Grid-Connected System: Simulation parameters

Project : Thera Office

Geographical Site São Paulo Country **Brazil**

Situation Latitude 23.5°S Longitude 46.6°W
 Time defined as Legal Time Time zone UT-3 Altitude 760 m
 Albedo 0.20

Meteo data: São Paulo Synthetic - Meteonorm 6.1

Simulation variant : Thera PVt_Leste_20S.
 Simulation date 16/11/14 14h50

Simulation parameters

Collector Plane Orientation Tilt 90° Azimuth -90°

Models used Transposition Perez Diffuse Erbs, Meteonorm

Horizon Free Horizon

Near Shadings No Shadings

PV Array Characteristics

PV module a-Si:H tandem Model **SOLIKER PV20S**

Manufacturer Soliker

Number of PV modules In series 7 modules In parallel 363 strings

Total number of PV modules Nb. modules 2541 Unit Nom. Power 30 Wp

Array global power Nominal (STC) **76.2 kWp** At operating cond. 73.3 kWp (50°C)

Array operating characteristics (50°C) U mpp 289 V I mpp 254 A

Total area Module area **2009 m²**

Inverter

Model **Sunmaster XL10+ kW**

Manufacturer Mastervolt

Characteristics Operating Voltage 230-440 V Unit Nom. Power 10.0 kW AC

Inverter pack Nb. of inverters 7 units Total Power 70.0 kW AC

PV Array loss factors

Thermal Loss factor U_c (const) 20.0 W/m²K U_v (wind) 0.0 W/m²K / m/s

Wiring Ohmic Loss Global array res. 19 mOhm Loss Fraction 1.5 % at STC

Module Quality Loss Loss Fraction 5.0 %

Module Mismatch Losses Loss Fraction 0.8 % at MPP

Incidence effect, ASHRAE parametrization IAM = $1 - b_o (1/\cos i - 1)$ b_o Param. 0.05

User's needs : Unlimited load (grid)

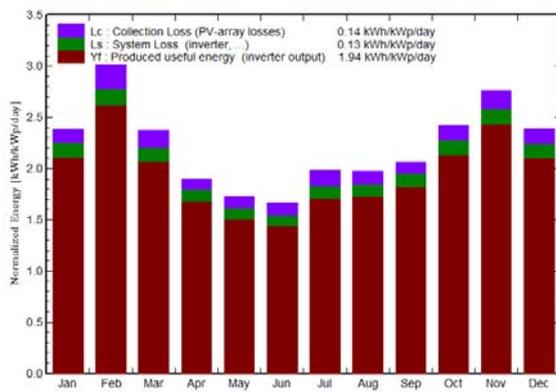
Grid-Connected System: Main results

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Leste_20S.

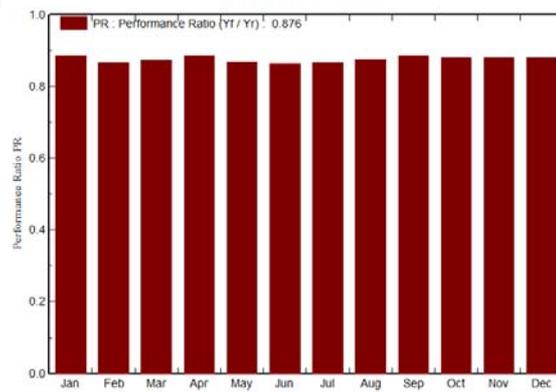
Main system parameters	System type	Grid-Connected		
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth	-90°
PV modules	Model	SOLIKER PV20S	Pnom	30 Wp
PV Array	Nb. of modules	2541	Pnom total	76.2 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom	10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	7.0	Pnom total	70.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)			

Main simulation results
 System Production **Produced Energy 54065 kWh/year** Specific prod. 709 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR **87.6 %**

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 76.2 kWp



Performance Ratio PR



Thera PVt_Leste_20S.
Balances and main results

	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	EffArrR	EffSysR
	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	%	%
January	139.9	23.07	73.73	70.70	5320	4980	3.59	3.36
February	139.7	23.11	84.57	81.36	5935	5591	3.49	3.29
March	125.6	22.57	73.61	70.70	5221	4897	3.53	3.31
April	108.0	21.37	56.95	54.41	4122	3854	3.60	3.37
May	98.8	18.23	53.69	51.11	3815	3560	3.54	3.30
June	88.6	17.55	50.01	47.54	3532	3292	3.52	3.28
July	99.7	16.57	61.45	58.66	4327	4056	3.51	3.29
August	114.9	17.94	61.25	58.52	4371	4085	3.55	3.32
September	112.3	18.52	61.87	59.26	4469	4180	3.60	3.36
October	124.9	20.12	75.11	72.09	5374	5040	3.56	3.34
November	149.7	20.77	82.94	79.48	5923	5564	3.55	3.34
December	140.3	22.25	74.08	70.92	5311	4967	3.57	3.34
Year	1442.4	20.16	809.25	774.74	57721	54065	3.55	3.33

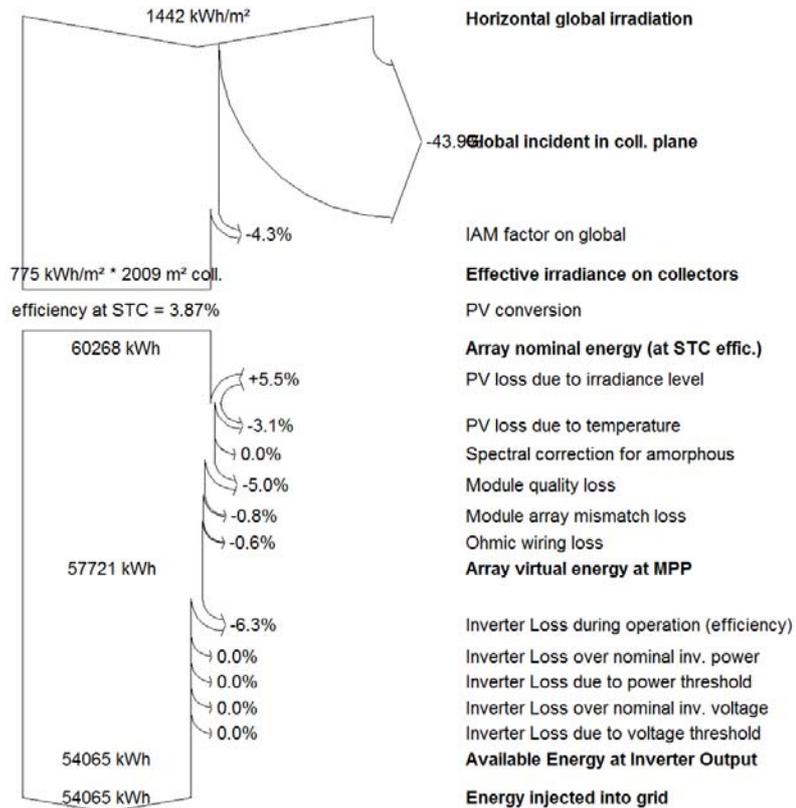
Legends: GlobHor Horizontal global irradiation EArray Effective energy at the output of the array
 T Amb Ambient Temperature E_Grid Energy injected into grid
 GlobInc Global incident in coll. plane EffArrR Effic. Eout array / rough area
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings EffSysR Effic. Eout system / rough area

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Leste_20S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth -90°
PV modules	Model	SOLIKER PV20S	Pnom 30 Wp
PV Array	Nb. of modules	2541	Pnom total 76.2 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	7.0	Pnom total 70.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Loss diagram over the whole year



Grid-Connected System: CO2 Balance

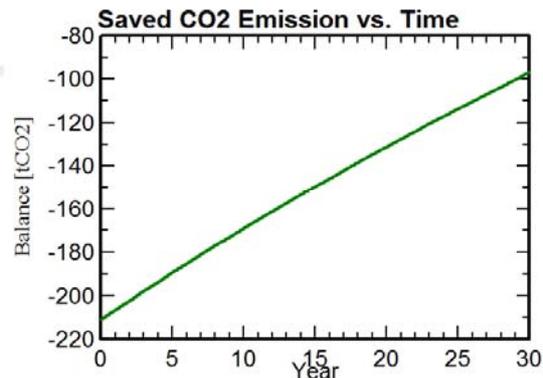
Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Leste_20S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected		
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth	-90°
PV modules	Model	SOLIKER PV20S	Pnom	30 Wp
PV Array	Nb. of modules	2541	Pnom total	76.2 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom	10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	7.0	Pnom total	70.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)			

Produced Emissions	Total:	210.94 tCO2		
	Source:	Detailed calculation from table below		
Replaced Emissions	Total:	131.4 tCO2		
	System production:	54.07 MWh/yr	Lifetime:	30 years
			Annual Degradation:	1.0 %
	Grid Lifecycle Emissions:	81 gCO2/kWh	Country:	Brazil
	Source:	IEA List		
CO2 Emission Balance	Total:	-97.0 tCO2		

System Lifecycle Emissions Details:

Item	Modules	Supports
LCE	1998 kgCO2/kWp	0.54 kgCO2/kg
Quantity	96.8 kWp	32280 kg
Subtotal [kgCO2]	193503	17440



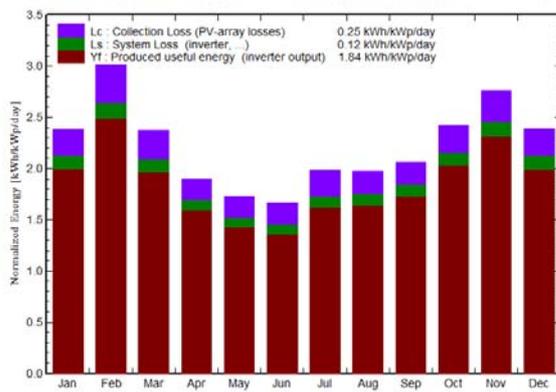
Grid-Connected System: Main results

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Leste_30S.

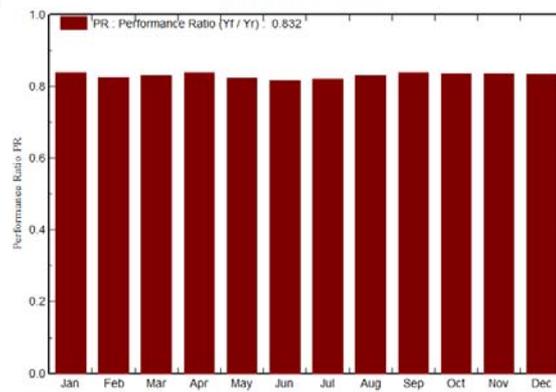
Main system parameters	System type	Grid-Connected		
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth	-90°
PV modules	Model	SOLIKER PV30S	Pnom	25 Wp
PV Array	Nb. of modules	2541	Pnom total	63.5 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom	10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total	50.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)			

Main simulation results
 System Production **Produced Energy 42755 kWh/year** Specific prod. 673 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR **83.2 %**

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 63.5 kWp



Performance Ratio PR



Thera PVt_Leste_30S.
Balances and main results

	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	EffArrR	EffSysR
	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	%	%
January	139.9	23.07	73.73	70.70	4190	3932	2.83	2.65
February	139.7	23.11	84.57	81.36	4705	4439	2.77	2.61
March	125.6	22.57	73.61	70.70	4126	3878	2.79	2.62
April	108.0	21.37	56.95	54.41	3237	3035	2.83	2.65
May	98.8	18.23	53.69	51.11	2999	2807	2.78	2.60
June	88.6	17.55	50.01	47.54	2774	2594	2.76	2.58
July	99.7	16.57	61.45	58.66	3410	3204	2.76	2.60
August	114.9	17.94	61.25	58.52	3446	3229	2.80	2.62
September	112.3	18.52	61.87	59.26	3519	3300	2.83	2.66
October	124.9	20.12	75.11	72.09	4251	3995	2.82	2.65
November	149.7	20.77	82.94	79.48	4688	4413	2.81	2.65
December	140.3	22.25	74.08	70.92	4191	3929	2.82	2.64
Year	1442.4	20.16	809.25	774.74	45538	42755	2.80	2.63

Legends: GlobHor Horizontal global irradiation EArray Effective energy at the output of the array
 T Amb Ambient Temperature E_Grid Energy injected into grid
 GlobInc Global incident in coll. plane EffArrR Effic. Eout array / rough area
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings EffSysR Effic. Eout system / rough area

Grid-Connected System: Simulation parameters

Project : Thera Office

Geographical Site São Paulo Country **Brazil**

Situation Latitude 23.5°S Longitude 46.6°W
 Time defined as Legal Time Time zone UT-3 Altitude 760 m
 Albedo 0.20

Meteo data: São Paulo Synthetic - Meteonorm 6.1

Simulation variant : Thera PVt_Leste_30S.
 Simulation date 16/11/14 15h07

Simulation parameters

Collector Plane Orientation Tilt 90° Azimuth -90°

Models used Transposition Perez Diffuse Erbs, Meteonorm

Horizon Free Horizon

Near Shadings No Shadings

PV Array Characteristics

PV module a-Si:H tandem Model **SOLIKER PV30S**

Manufacturer Soliker

Number of PV modules In series 7 modules In parallel 363 strings

Total number of PV modules Nb. modules 2541 Unit Nom. Power 25 Wp

Array global power Nominal (STC) **63.5 kWp** At operating cond. 60.5 kWp (50°C)

Array operating characteristics (50°C) U mpp 295 V I mpp 205 A

Total area Module area **2009 m²**

Inverter

Model **Sunmaster XL10+ kW**

Manufacturer Mastervolt

Characteristics Operating Voltage 230-440 V Unit Nom. Power 10.0 kW AC

Inverter pack Nb. of inverters 5 units Total Power 50.0 kW AC

PV Array loss factors

Thermal Loss factor U_c (const) 20.0 W/m²K U_v (wind) 0.0 W/m²K / m/s

Wiring Ohmic Loss Global array res. 24 mOhm Loss Fraction 1.5 % at STC

Module Quality Loss Loss Fraction 5.0 %

Module Mismatch Losses Loss Fraction 0.8 % at MPP

Incidence effect, ASHRAE parametrization IAM = $1 - b_0 (1/\cos i - 1)$ b₀ Param. 0.05

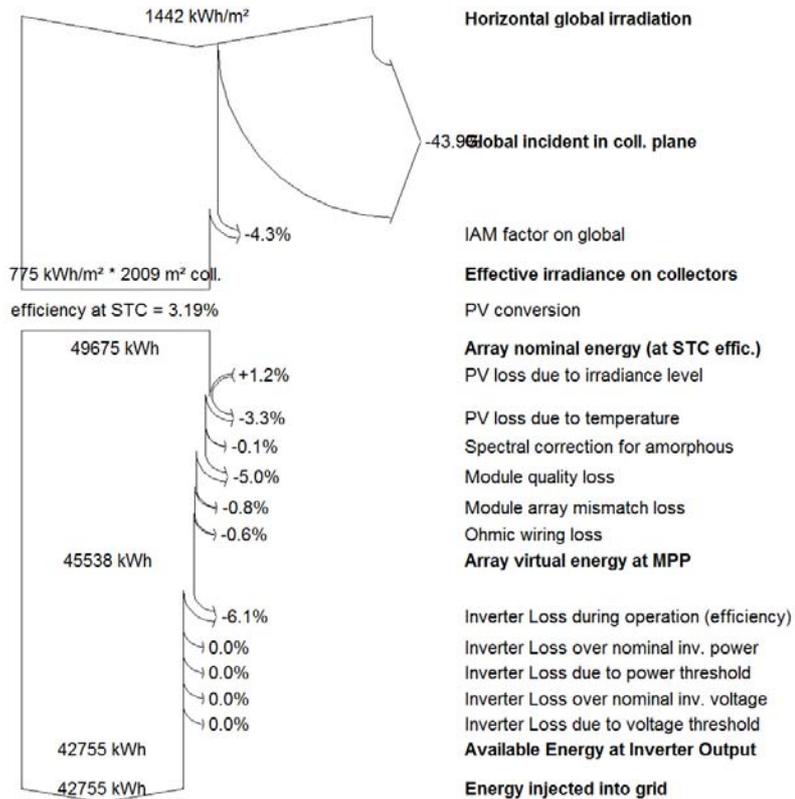
User's needs : Unlimited load (grid)

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Leste_30S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth -90°
PV modules	Model	SOLIKER PV30S	Pnom 25 Wp
PV Array	Nb. of modules	2541	Pnom total 63.5 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total 50.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Loss diagram over the whole year



Grid-Connected System: CO2 Balance

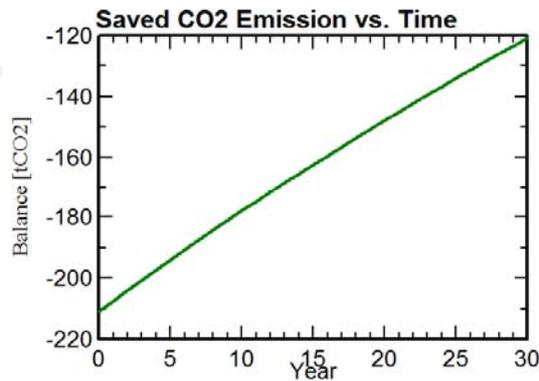
Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Leste_30S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth -90°
PV modules	Model	SOLIKER PV30S	Pnom 25 Wp
PV Array	Nb. of modules	2541	Pnom total 63.5 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total 50.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Produced Emissions	Total:	210.94 tCO2	
	Source:	Detailed calculation from table below	
Replaced Emissions	Total:	103.9 tCO2	
	System production:	42.75 MWh/yr	Lifetime: 30 years
			Annual Degradation: 1.0 %
	Grid Lifecycle Emissions:	81 gCO2/kWh	
	Source:	IEA List	Country: Brazil
CO2 Emission Balance	Total:	-120.8 tCO2	

System Lifecycle Emissions Details:

Item	Modules	Supports
LCE	2398 kgCO2/kWp	0.54 kgCO2/kg
Quantity	80.7 kWp	32280 kg
Subtotal [kgCO2]	193503	17440



Grid-Connected System: Simulation parameters

Project : Thera Office

Geographical Site São Paulo Country **Brazil**

Situation Latitude 23.5°S Longitude 46.6°W
 Time defined as Legal Time Time zone UT-3 Altitude 760 m
 Albedo 0.20

Meteo data: São Paulo Synthetic - Meteonorm 6.1

Simulation variant : Thera PVt_Leste_40S.
 Simulation date 16/11/14 15h10

Simulation parameters

Collector Plane Orientation Tilt 90° Azimuth -90°

Models used Transposition Perez Diffuse Erbs, Meteonorm

Horizon Free Horizon

Near Shadings No Shadings

PV Array Characteristics

PV module a-Si:H tandem Model **SOLIKER PV40S**

Manufacturer Soliker

Number of PV modules In series 7 modules In parallel 363 strings

Total number of PV modules Nb. modules 2541 Unit Nom. Power 20 Wp

Array global power Nominal (STC) **50.8 kWp** At operating cond. 47.5 kWp (50°C)

Array operating characteristics (50°C) U mpp 294 V I mpp 162 A

Total area Module area **2009 m²**

Inverter

Model **Sunmaster XL10+ kW**

Manufacturer Mastervolt

Characteristics Operating Voltage 230-440 V Unit Nom. Power 10.0 kW AC

Inverter pack Nb. of inverters 5 units Total Power 50.0 kW AC

PV Array loss factors

Thermal Loss factor U_c (const) 20.0 W/m²K U_v (wind) 0.0 W/m²K / m/s

Wiring Ohmic Loss Global array res. 29 mOhm Loss Fraction 1.5 % at STC

Module Quality Loss Loss Fraction 5.0 %

Module Mismatch Losses Loss Fraction 0.8 % at MPP

Incidence effect, ASHRAE parametrization IAM = $1 - b_0 (1/\cos i - 1)$ b₀ Param. 0.05

User's needs : Unlimited load (grid)

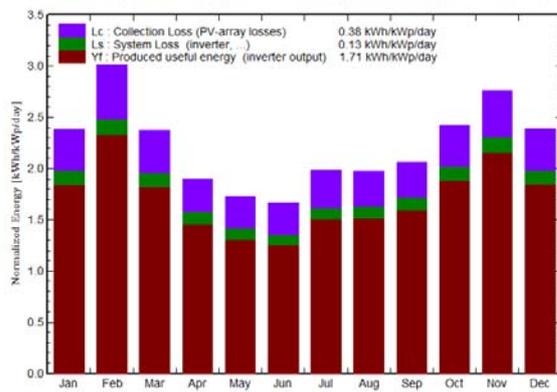
Grid-Connected System: Main results

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Leste_40S.

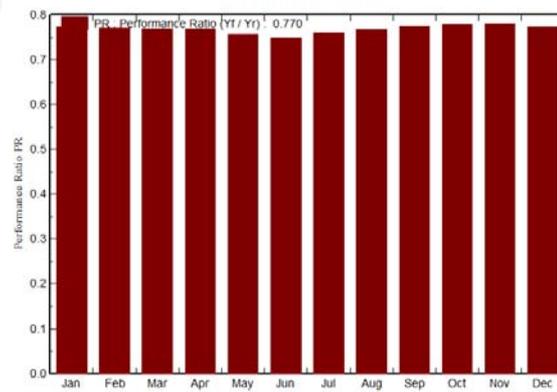
Main system parameters	System type	Grid-Connected		
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth	-90°
PV modules	Model	SOLIKER PV40S	Pnom	20 Wp
PV Array	Nb. of modules	2541	Pnom total	50.8 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom	10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total	50.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)			

Main simulation results
 System Production **Produced Energy 31657 kWh/year** Specific prod. 623 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR **77.0 %**

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 50.8 kWp



Performance Ratio PR



Thera PVt_Leste_40S.
Balances and main results

	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	EffArrR	EffSysR
	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	%	%
January	139.9	23.07	73.73	70.70	3121	2900	2.11	1.96
February	139.7	23.11	84.57	81.36	3537	3317	2.08	1.95
March	125.6	22.57	73.61	70.70	3088	2878	2.09	1.95
April	108.0	21.37	56.95	54.41	2404	2229	2.10	1.95
May	98.8	18.23	53.69	51.11	2232	2066	2.07	1.92
June	88.6	17.55	50.01	47.54	2062	1905	2.05	1.90
July	99.7	16.57	61.45	58.66	2547	2372	2.06	1.92
August	114.9	17.94	61.25	58.52	2573	2387	2.09	1.94
September	112.3	18.52	61.87	59.26	2624	2435	2.11	1.96
October	124.9	20.12	75.11	72.09	3187	2971	2.11	1.97
November	149.7	20.77	82.94	79.48	3518	3287	2.11	1.97
December	140.3	22.25	74.08	70.92	3131	2908	2.10	1.95
Year	1442.4	20.16	809.25	774.74	34026	31657	2.09	1.95

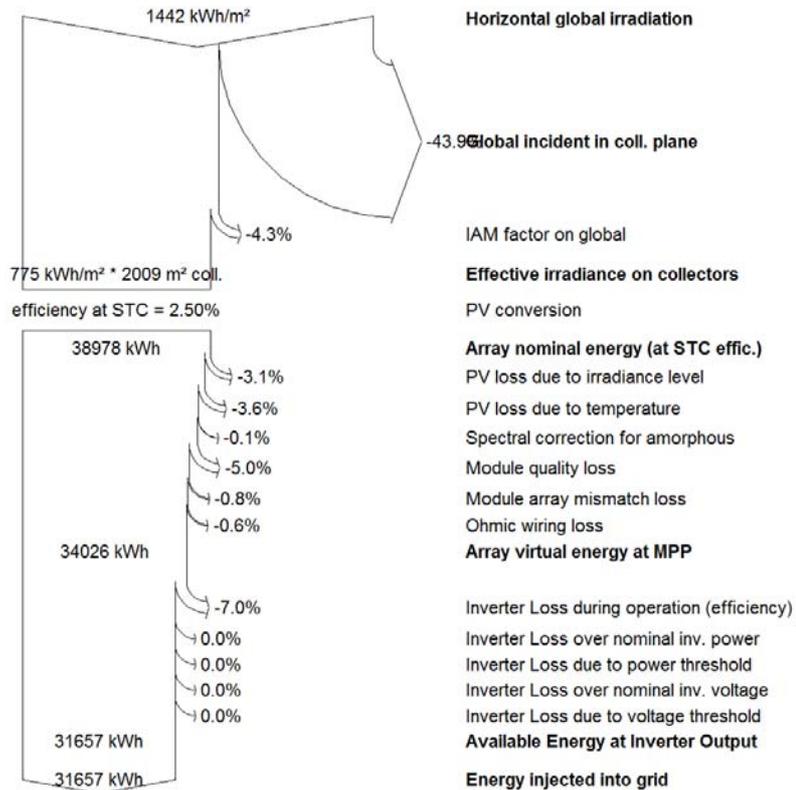
Legends: GlobHor Horizontal global irradiation EArray Effective energy at the output of the array
 T Amb Ambient Temperature E_Grid Energy injected into grid
 GlobInc Global incident in coll. plane EffArrR Effic. Eout array / rough area
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings EffSysR Effic. Eout system / rough area

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Leste_40S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth -90°
PV modules	Model	SOLIKER PV40S	Pnom 20 Wp
PV Array	Nb. of modules	2541	Pnom total 50.8 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total 50.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Loss diagram over the whole year



Grid-Connected System: CO2 Balance

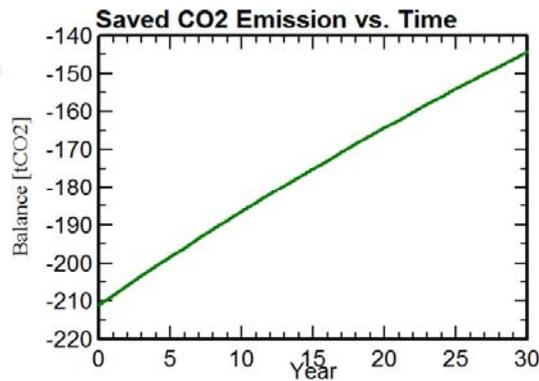
Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Leste_40S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth -90°
PV modules	Model	SOLIKER PV40S	Pnom 20 Wp
PV Array	Nb. of modules	2541	Pnom total 50.8 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total 50.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Produced Emissions	Total:	210.94 tCO2	
	Source:	Detailed calculation from table below	
Replaced Emissions	Total:	76.9 tCO2	
	System production:	31.66 MWh/yr	Lifetime: 30 years
			Annual Degradation: 1.0 %
	Grid Lifecycle Emissions:	81 gCO2/kWh	
	Source:	IEA List	Country: Brazil
CO2 Emission Balance	Total:	-144.2 tCO2	

System Lifecycle Emissions Details:

Item	Modules	Supports
LCE	2997 kgCO2/kWp	0.54 kgCO2/kg
Quantity	64.6 kWp	32280 kg
Subtotal [kgCO2]	193503	17440



Orientação Sul

Grid-Connected System: Simulation parameters

Project : Thera Office

Geographical Site São Paulo Country **Brazil**

Situation Latitude 23.5°S Longitude 46.6°W
 Time defined as Legal Time Time zone UT-3 Altitude 760 m
 Albedo 0.20

Meteo data: São Paulo Synthetic - Meteonorm 6.1

Simulation variant : Thera PVt_Sul_10S.
 Simulation date 16/11/14 14h41

Simulation parameters

Collector Plane Orientation Tilt 90° Azimuth 180°

Models used Transposition Perez Diffuse Erbs, Meteonorm

Horizon Free Horizon

Near Shadings No Shadings

PV Array Characteristics

PV module a-Si:H tandem Model **SOLIKER PV10S**

Manufacturer Soliker

Number of PV modules In series 8 modules In parallel 363 strings

Total number of PV modules Nb. modules 2904 Unit Nom. Power 35 Wp

Array global power Nominal (STC) **102 kWp** At operating cond. 94.8 kWp (50°C)

Array operating characteristics (50°C) U mpp 331 V I mpp 286 A

Total area Module area **2296 m²**

Inverter

Model **Sunmaster XL10+ kW**

Manufacturer Mastervolt

Characteristics Operating Voltage 230-440 V Unit Nom. Power 10.0 kW AC

Inverter pack Nb. of inverters 8 units Total Power 80.0 kW AC

PV Array loss factors

Thermal Loss factor U_c (const) 20.0 W/m²K U_v (wind) 0.0 W/m²K / m/s

Wiring Ohmic Loss Global array res. 19 mOhm Loss Fraction 1.5 % at STC

Module Quality Loss Loss Fraction 5.0 %

Module Mismatch Losses Loss Fraction 0.8 % at MPP

Incidence effect, ASHRAE parametrization IAM = $1 - b_0 (1/\cos i - 1)$ b₀ Param. 0.05

User's needs : Unlimited load (grid)

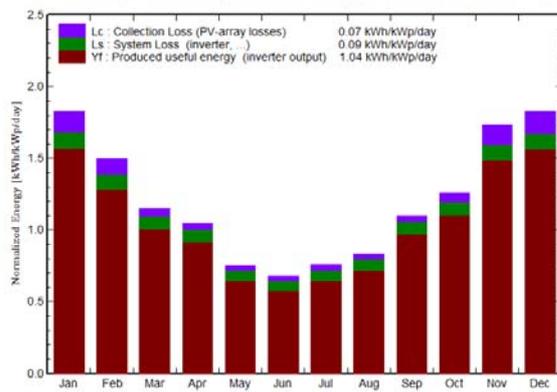
Grid-Connected System: Main results

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Sul_10S.

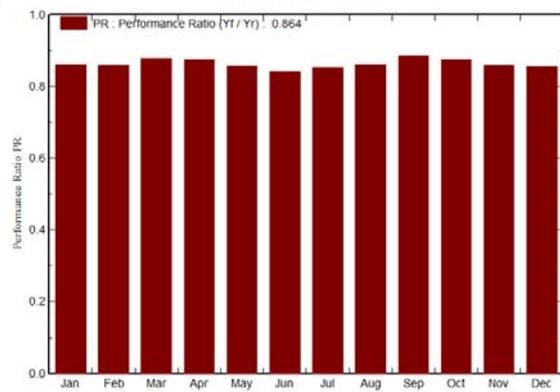
Main system parameters	System type	Grid-Connected		
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth	180°
PV modules	Model	SOLIKER PV10S	Pnom	35 Wp
PV Array	Nb. of modules	2904	Pnom total	102 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom	10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	8.0	Pnom total	80.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)			

Main simulation results
 System Production **Produced Energy 38572 kWh/year** Specific prod. 379 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR **86.4 %**

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 102 kWp



Performance Ratio PR



Thera PVt_Sul_10S.

Balances and main results

	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	EffArrR	EffSysR
	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	%	%
January	139.9	23.07	56.54	52.34	5299	4950	4.08	3.81
February	139.7	23.11	41.93	38.99	3952	3662	4.10	3.80
March	125.6	22.57	35.57	33.77	3461	3178	4.24	3.89
April	108.0	21.37	31.38	29.84	3049	2792	4.23	3.87
May	98.8	18.23	23.32	22.19	2265	2034	4.23	3.80
June	88.6	17.55	20.45	19.49	1970	1751	4.20	3.73
July	99.7	16.57	23.48	22.29	2264	2034	4.20	3.77
August	114.9	17.94	25.86	24.63	2512	2263	4.23	3.81
September	112.3	18.52	32.89	31.31	3238	2968	4.29	3.93
October	124.9	20.12	38.97	36.61	3769	3472	4.21	3.88
November	149.7	20.77	51.96	47.65	4870	4544	4.08	3.81
December	140.3	22.25	56.63	51.89	5273	4924	4.06	3.79
Year	1442.4	20.16	438.99	411.01	41921	38572	4.16	3.83

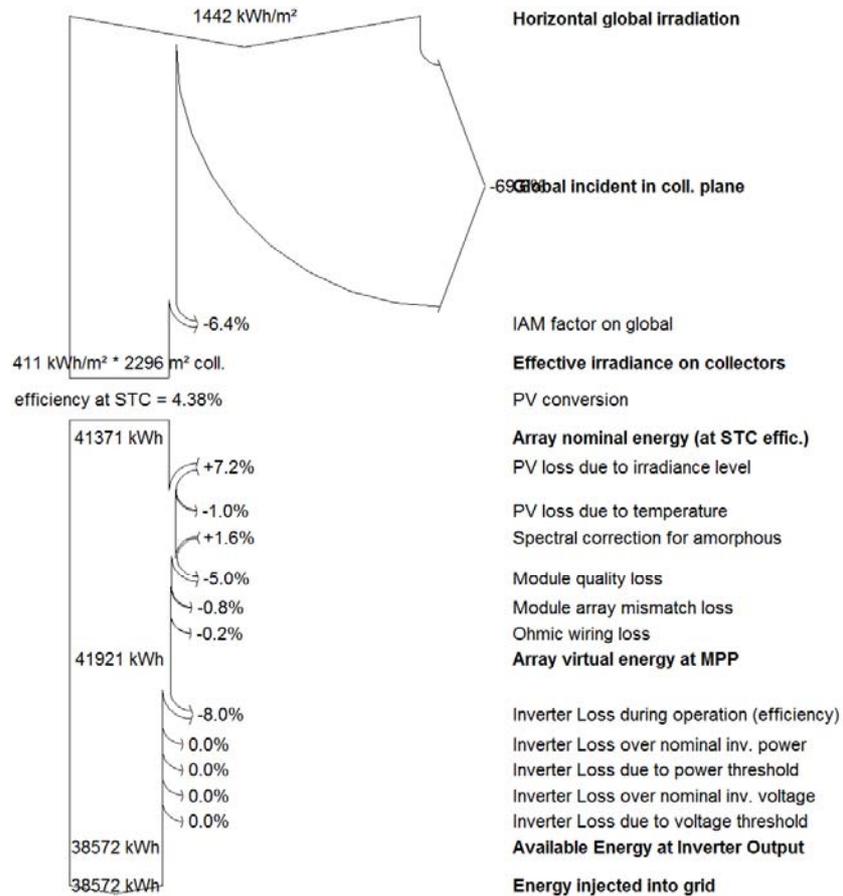
Legends: GlobHor Horizontal global irradiation EArray Effective energy at the output of the array
 T Amb Ambient Temperature E_Grid Energy injected into grid
 GlobInc Global incident in coll. plane EffArrR Effic. Eout array / rough area
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings EffSysR Effic. Eout system / rough area

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Sul_10S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected		
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth	180°
PV modules	Model	SOLIKER PV10S	Pnom	35 Wp
PV Array	Nb. of modules	2904	Pnom total	102 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom	10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	8.0	Pnom total	80.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)			

Loss diagram over the whole year



Grid-Connected System: CO2 Balance

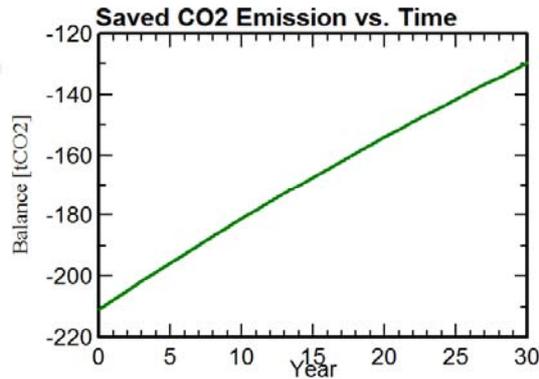
Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Sul_10S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth 180°
PV modules	Model	SOLIKER PV10S	Pnom 35 Wp
PV Array	Nb. of modules	2904	Pnom total 102 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	8.0	Pnom total 80.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Produced Emissions	Total:	210.94 tCO2	
	Source:	Detailed calculation from table below	
Replaced Emissions	Total:	93.7 tCO2	
	System production:	38.57 MWh/yr	Lifetime: 30 years
			Annual Degradation: 1.0 %
	Grid Lifecycle Emissions:	81 gCO2/kWh	
	Source:	IEA List	Country: Brazil
CO2 Emission Balance	Total:	-129.6 tCO2	

System Lifecycle Emissions Details:

Item	Modules	Supports
LCE	1713 kgCO2/kWp	0.54 kgCO2/kg
Quantity	113 kWp	32280 kg
Subtotal [kgCO2]	193503	17440



Grid-Connected System: Simulation parameters

Project : Thera Office

Geographical Site São Paulo Country **Brazil**

Situation Latitude 23.5°S Longitude 46.6°W
 Time defined as Legal Time Time zone UT-3 Altitude 760 m
 Albedo 0.20

Meteo data: São Paulo Synthetic - Meteonorm 6.1

Simulation variant : Thera PVt_Sul_20S.
 Simulation date 16/11/14 14h57

Simulation parameters

Collector Plane Orientation Tilt 90° Azimuth 180°

Models used Transposition Perez Diffuse Erbs, Meteonorm

Horizon Free Horizon

Near Shadings No Shadings

PV Array Characteristics

PV module a-Si:H tandem Model **SOLIKER PV20S**

Manufacturer Soliker

Number of PV modules In series 8 modules In parallel 363 strings

Total number of PV modules Nb. modules 2904 Unit Nom. Power 30 Wp

Array global power Nominal (STC) **87.1 kWp** At operating cond. 83.8 kWp (50°C)

Array operating characteristics (50°C) U mpp 330 V I mpp 254 A

Total area Module area **2296 m²**

Inverter

Model **Sunmaster XL10+ kW**

Manufacturer Mastervolt

Characteristics Operating Voltage 230-440 V Unit Nom. Power 10.0 kW AC

Inverter pack Nb. of inverters 7 units Total Power 70.0 kW AC

PV Array loss factors

Thermal Loss factor U_c (const) 20.0 W/m²K U_v (wind) 0.0 W/m²K / m/s

Wiring Ohmic Loss Global array res. 21 mOhm Loss Fraction 1.5 % at STC

Module Quality Loss Loss Fraction 5.0 %

Module Mismatch Losses Loss Fraction 0.8 % at MPP

Incidence effect, ASHRAE parametrization IAM = $1 - b_0 (1/\cos i - 1)$ b₀ Param. 0.05

User's needs : Unlimited load (grid)

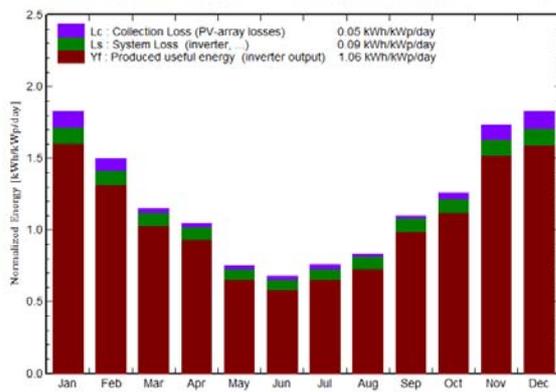
Grid-Connected System: Main results

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Sul_20S.

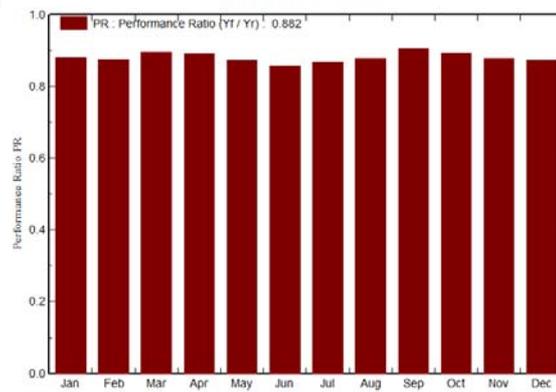
Main system parameters	System type	Grid-Connected		
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth	180°
PV modules	Model	SOLIKER PV20S	Pnom	30 Wp
PV Array	Nb. of modules	2904	Pnom total	87.1 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom	10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	7.0	Pnom total	70.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)			

Main simulation results
 System Production **Produced Energy 33721 kWh/year** Specific prod. 387 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR **88.2 %**

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 87.1 kWp



Performance Ratio PR



Thera PVt_Sul_20S.
Balances and main results

	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	EffArrR	EffSysR
	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	%	%
January	139.9	23.07	56.54	52.34	4637	4332	3.57	3.34
February	139.7	23.11	41.93	38.99	3455	3202	3.59	3.33
March	125.6	22.57	35.57	33.77	3025	2778	3.70	3.40
April	108.0	21.37	31.38	29.84	2664	2440	3.70	3.39
May	98.8	18.23	23.32	22.19	1977	1775	3.69	3.32
June	88.6	17.55	20.45	19.49	1719	1527	3.66	3.25
July	99.7	16.57	23.48	22.29	1977	1776	3.67	3.29
August	114.9	17.94	25.86	24.63	2194	1977	3.70	3.33
September	112.3	18.52	32.89	31.31	2830	2594	3.75	3.44
October	124.9	20.12	38.97	36.61	3295	3035	3.68	3.39
November	149.7	20.77	51.96	47.65	4261	3976	3.57	3.33
December	140.3	22.25	56.63	51.89	4615	4310	3.55	3.31
Year	1442.4	20.16	438.99	411.01	36650	33721	3.64	3.35

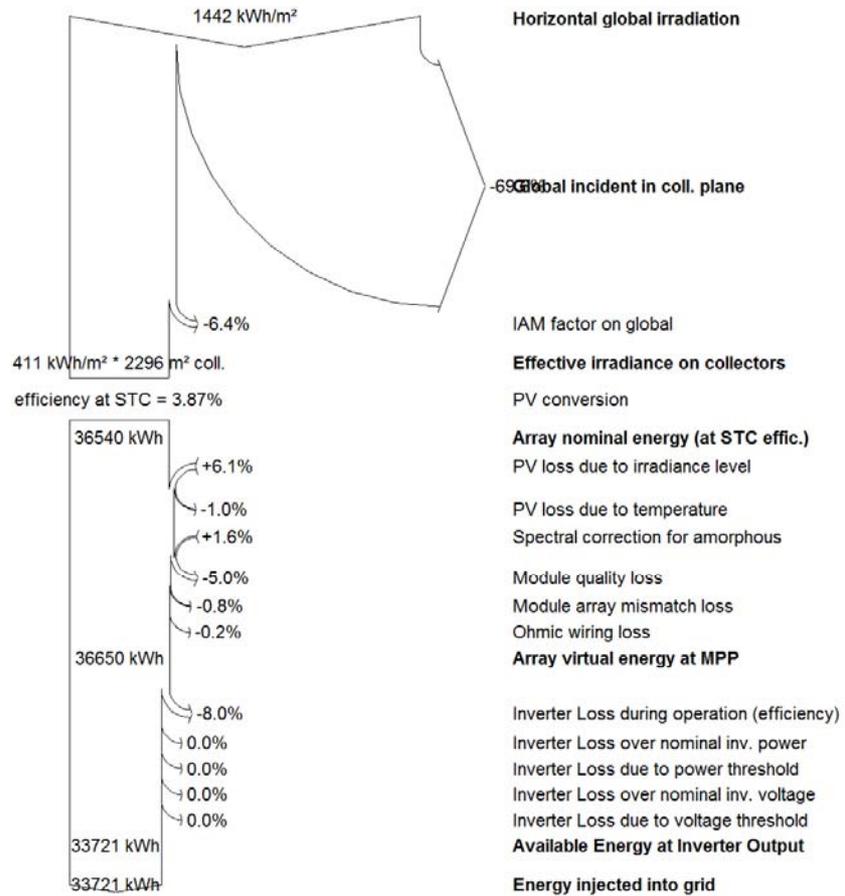
Legends: GlobHor Horizontal global irradiation EArray Effective energy at the output of the array
 T Amb Ambient Temperature E_Grid Energy injected into grid
 GlobInc Global incident in coll. plane EffArrR Effic. Eout array / rough area
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings EffSysR Effic. Eout system / rough area

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Sul_20S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected		
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth	180°
PV modules	Model	SOLIKER PV20S	Pnom	30 Wp
PV Array	Nb. of modules	2904	Pnom total	87.1 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom	10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	7.0	Pnom total	70.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)			

Loss diagram over the whole year



Grid-Connected System: CO2 Balance

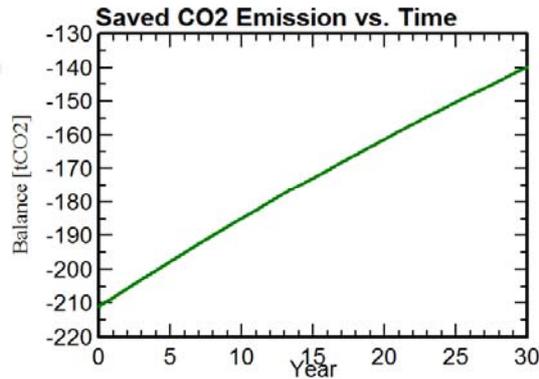
Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Sul_20S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth 180°
PV modules	Model	SOLIKER PV20S	Pnom 30 Wp
PV Array	Nb. of modules	2904	Pnom total 87.1 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	7.0	Pnom total 70.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Produced Emissions	Total:	210.94 tCO2	
	Source:	Detailed calculation from table below	
Replaced Emissions	Total:	81.9 tCO2	
	System production:	33.72 MWh/yr	Lifetime: 30 years
			Annual Degradation: 1.0 %
	Grid Lifecycle Emissions:	81 gCO2/kWh	
	Source:	IEA List	Country: Brazil
CO2 Emission Balance	Total:	-139.8 tCO2	

System Lifecycle Emissions Details:

Item	Modules	Supports
LCE	1998 kgCO2/kWp	0.54 kgCO2/kg
Quantity	96.8 kWp	32280 kg
Subtotal [kgCO2]	193503	17440



Grid-Connected System: Simulation parameters

Project : Thera Office

Geographical Site São Paulo Country **Brazil**

Situation Latitude 23.5°S Longitude 46.6°W
 Time defined as Legal Time Time zone UT-3 Altitude 760 m
 Albedo 0.20

Meteo data: São Paulo Synthetic - Meteonorm 6.1

Simulation variant : Thera PVt_Sul_30S.
 Simulation date 16/11/14 15h00

Simulation parameters

Collector Plane Orientation Tilt 90° Azimuth 180°

Models used Transposition Perez Diffuse Erbs, Meteonorm

Horizon Free Horizon

Near Shadings No Shadings

PV Array Characteristics

PV module a-Si:H tandem Model **SOLIKER PV30S**

Manufacturer Soliker

Number of PV modules In series 6 modules In parallel 484 strings

Total number of PV modules Nb. modules 2904 Unit Nom. Power 25 Wp

Array global power Nominal (STC) **72.6 kWp** At operating cond. 69.1 kWp (50°C)

Array operating characteristics (50°C) U mpp 253 V I mpp 273 A

Total area Module area **2296 m²**

Inverter

Model **Sunmaster XL10+ kW**

Manufacturer Mastervolt

Characteristics Operating Voltage 230-440 V Unit Nom. Power 10.0 kW AC

Inverter pack Nb. of inverters 7 units Total Power 70.0 kW AC

PV Array loss factors

Thermal Loss factor U_c (const) 20.0 W/m²K U_v (wind) 0.0 W/m²K / m/s

Wiring Ohmic Loss Global array res. 15 mOhm Loss Fraction 1.5 % at STC

Module Quality Loss Loss Fraction 5.0 %

Module Mismatch Losses Loss Fraction 0.8 % at MPP

Incidence effect, ASHRAE parametrization IAM = $1 - b_0 (1/\cos i - 1)$ b₀ Param. 0.05

User's needs : Unlimited load (grid)

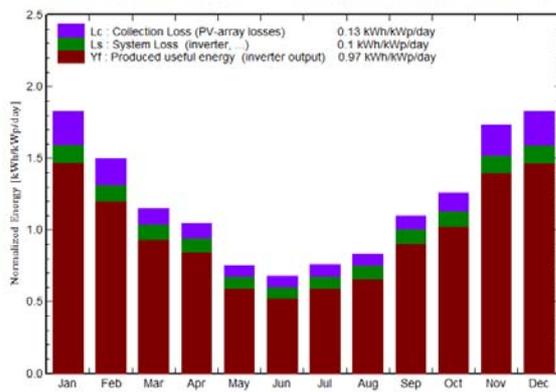
Grid-Connected System: Main results

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Sul_30S.

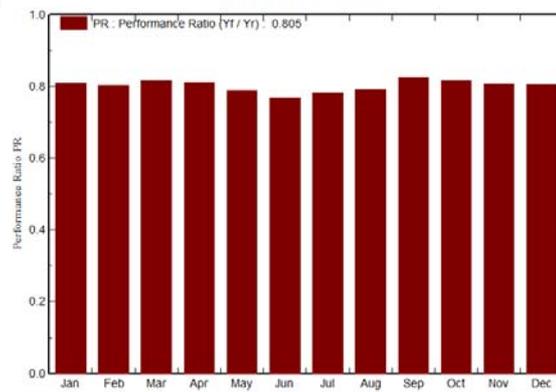
Main system parameters	System type	Grid-Connected		
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth	180°
PV modules	Model	SOLIKER PV30S	Pnom	25 Wp
PV Array	Nb. of modules	2904	Pnom total	72.6 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom	10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	7.0	Pnom total	70.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)			

Main simulation results
 System Production **Produced Energy 25662 kWh/year** Specific prod. 353 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR 80.5 %

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 72.6 kWp



Performance Ratio PR



Thera PVt_Sul_30S.
Balances and main results

	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	EffArrR	EffSysR
	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	%	%
January	139.9	23.07	56.54	52.34	3603	3322	2.78	2.56
February	139.7	23.11	41.93	38.99	2678	2442	2.78	2.54
March	125.6	22.57	35.57	33.77	2340	2109	2.87	2.58
April	108.0	21.37	31.38	29.84	2061	1851	2.86	2.57
May	98.8	18.23	23.32	22.19	1525	1335	2.85	2.49
June	88.6	17.55	20.45	19.49	1323	1142	2.82	2.43
July	99.7	16.57	23.48	22.29	1525	1335	2.83	2.48
August	114.9	17.94	25.86	24.63	1693	1488	2.85	2.51
September	112.3	18.52	32.89	31.31	2192	1971	2.90	2.61
October	124.9	20.12	38.97	36.61	2553	2309	2.85	2.58
November	149.7	20.77	51.96	47.65	3312	3048	2.78	2.56
December	140.3	22.25	56.63	51.89	3589	3309	2.76	2.55
Year	1442.4	20.16	438.99	411.01	28393	25662	2.82	2.55

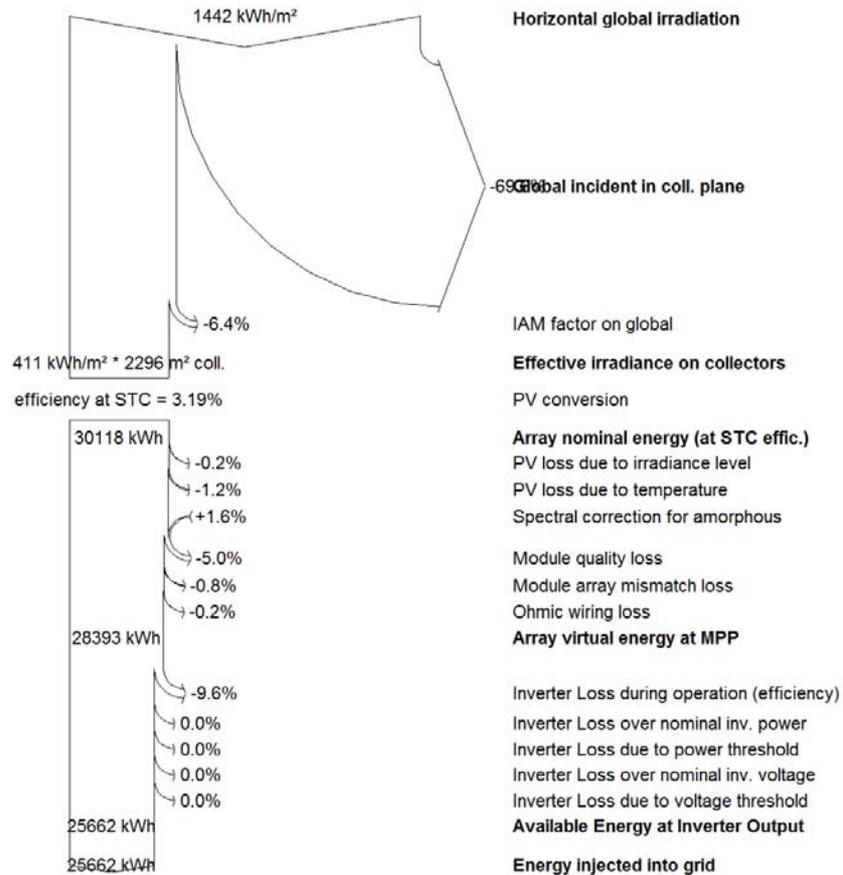
Legends: GlobHor Horizontal global irradiation EArray Effective energy at the output of the array
 T Amb Ambient Temperature E_Grid Energy injected into grid
 GlobInc Global incident in coll. plane EffArrR Effic. Eout array / rough area
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings EffSysR Effic. Eout system / rough area

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Sul_30S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected		
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth	180°
PV modules	Model	SOLIKER PV30S	Pnom	25 Wp
PV Array	Nb. of modules	2904	Pnom total	72.6 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom	10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	7.0	Pnom total	70.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)			

Loss diagram over the whole year



Grid-Connected System: CO2 Balance

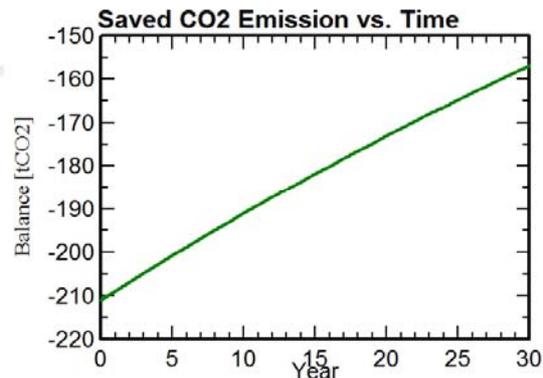
Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Sul_30S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected		
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth	180°
PV modules	Model	SOLIKER PV30S	Pnom	25 Wp
PV Array	Nb. of modules	2904	Pnom total	72.6 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom	10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	7.0	Pnom total	70.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)			

Produced Emissions	Total:	210.94 tCO2		
	Source:	Detailed calculation from table below		
Replaced Emissions	Total:	62.4 tCO2		
	System production:	25.66 MWh/yr	Lifetime:	30 years
			Annual Degradation:	1.0 %
	Grid Lifecycle Emissions:	81 gCO2/kWh	Country:	Brazil
	Source:	IEA List		
CO2 Emission Balance	Total:	-156.8 tCO2		

System Lifecycle Emissions Details:

Item	Modules	Supports
LCE	2398 kgCO2/kWp	0.54 kgCO2/kg
Quantity	80.7 kWp	32280 kg
Subtotal [kgCO2]	193503	17440



Grid-Connected System: Simulation parameters

Project : Thera Office

Geographical Site São Paulo Country **Brazil**

Situation Latitude 23.5°S Longitude 46.6°W
 Time defined as Legal Time Time zone UT-3 Altitude 760 m
 Albedo 0.20

Meteo data: São Paulo Synthetic - Meteonorm 6.1

Simulation variant : Thera PVt_Sul_40S.
 Simulation date 16/11/14 15h26

Simulation parameters

Collector Plane Orientation Tilt 90° Azimuth 180°

Models used Transposition Perez Diffuse Erbs, Meteonorm

Horizon Free Horizon

Near Shadings No Shadings

PV Array Characteristics

PV module a-Si:H tandem Model **SOLIKER PV40S**

Manufacturer Soliker

Number of PV modules In series 6 modules In parallel 484 strings

Total number of PV modules Nb. modules 2904 Unit Nom. Power 20 Wp

Array global power Nominal (STC) **58.1 kWp** At operating cond. 54.3 kWp (50°C)

Array operating characteristics (50°C) U mpp 252 V I mpp 216 A

Total area Module area **2296 m²**

Inverter

Model **Sunmaster XL10+ kW**

Manufacturer Mastervolt

Characteristics Operating Voltage 230-440 V Unit Nom. Power 10.0 kW AC

Inverter pack Nb. of inverters 5 units Total Power 50.0 kW AC

PV Array loss factors

Thermal Loss factor U_c (const) 20.0 W/m²K U_v (wind) 0.0 W/m²K / m/s

Wiring Ohmic Loss Global array res. 19 mOhm Loss Fraction 1.5 % at STC

Module Quality Loss Loss Fraction 5.0 %

Module Mismatch Losses Loss Fraction 0.8 % at MPP

Incidence effect, ASHRAE parametrization IAM = $1 - b_0 (1/\cos i - 1)$ b₀ Param. 0.05

User's needs : Unlimited load (grid)

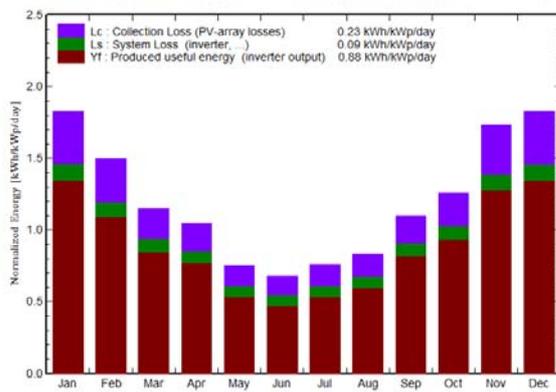
Grid-Connected System: Main results

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Sul_40S.

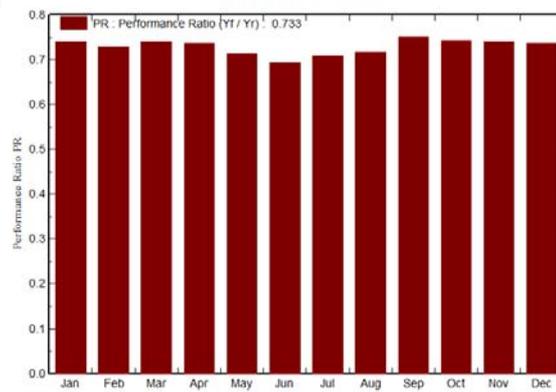
Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth 180°
PV modules	Model	SOLIKER PV40S	Pnom 20 Wp
PV Array	Nb. of modules	2904	Pnom total 58.1 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total 50.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Main simulation results
 System Production **Produced Energy 18689 kWh/year** Specific prod. 322 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR 73.3 %

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 58.1 kWp



Performance Ratio PR



Thera PVt_Sul_40S.
Balances and main results

	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	EffArrR	EffSysR
	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	%	%
January	139.9	23.07	56.54	52.34	2633	2432	2.03	1.87
February	139.7	23.11	41.93	38.99	1948	1779	2.02	1.85
March	125.6	22.57	35.57	33.77	1695	1530	2.08	1.87
April	108.0	21.37	31.38	29.84	1492	1343	2.07	1.86
May	98.8	18.23	23.32	22.19	1100	965	2.05	1.80
June	88.6	17.55	20.45	19.49	951	822	2.03	1.75
July	99.7	16.57	23.48	22.29	1102	967	2.04	1.79
August	114.9	17.94	25.86	24.63	1221	1076	2.06	1.81
September	112.3	18.52	32.89	31.31	1592	1435	2.11	1.90
October	124.9	20.12	38.97	36.61	1856	1682	2.08	1.88
November	149.7	20.77	51.96	47.65	2423	2234	2.03	1.87
December	140.3	22.25	56.63	51.89	2627	2426	2.02	1.87
Year	1442.4	20.16	438.99	411.01	20641	18689	2.05	1.85

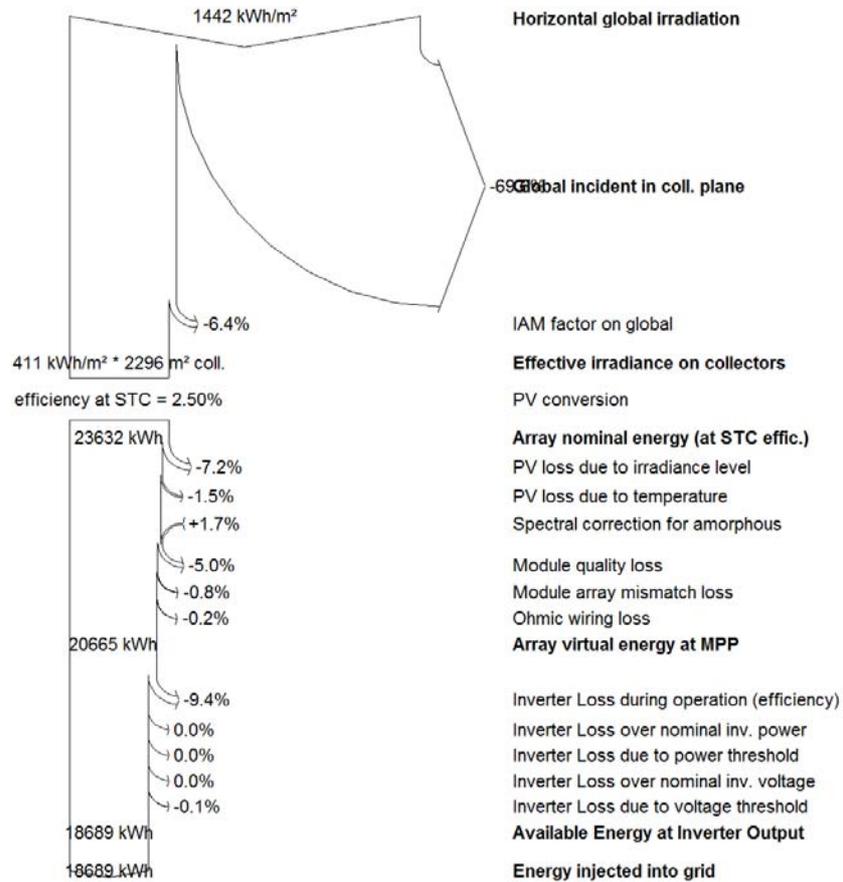
Legends: GlobHor Horizontal global irradiation EArray Effective energy at the output of the array
 T Amb Ambient Temperature E_Grid Energy injected into grid
 GlobInc Global incident in coll. plane EffArrR Effic. Eout array / rough area
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings EffSysR Effic. Eout system / rough area

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Sul_40S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth 180°
PV modules	Model	SOLIKER PV40S	Pnom 20 Wp
PV Array	Nb. of modules	2904	Pnom total 58.1 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total 50.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Loss diagram over the whole year



Grid-Connected System: CO2 Balance

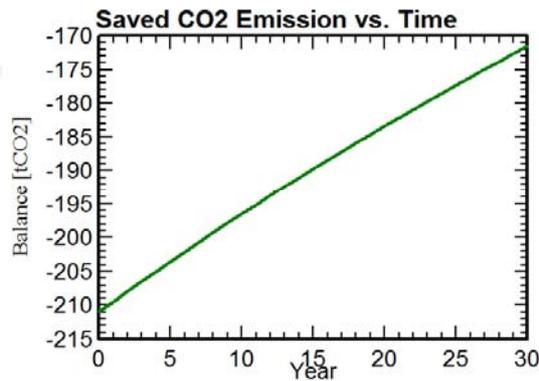
Project : Thera Office
Simulation variant : Thera PVt_Sul_40S.

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
PV Field Orientation	tilt	90°	azimuth 180°
PV modules	Model	SOLIKER PV40S	Pnom 20 Wp
PV Array	Nb. of modules	2904	Pnom total 58.1 kWp
Inverter	Model	Sunmaster XL10+ kW	Pnom 10.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total 50.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Produced Emissions	Total:	210.94 tCO2	
	Source:	Detailed calculation from table below	
Replaced Emissions	Total:	45.4 tCO2	
	System production:	18.69 MWh/yr	Lifetime: 30 years
			Annual Degradation: 1.0 %
	Grid Lifecycle Emissions:	81 gCO2/kWh	
	Source:	IEA List	Country: Brazil
CO2 Emission Balance	Total:	-171.5 tCO2	

System Lifecycle Emissions Details:

Item	Modules	Supports
LCE	2997 kgCO2/kWp	0.54 kgCO2/kg
Quantity	64.6 kWp	32280 kg
Subtotal [kgCO2]	193503	17440



Anexo VI – Resultados da Análise de Sensibilidade

Fachada Norte comparada com o vidro refletivo

		Diferença de preço/m ²																									
		\$50	\$60	\$70	\$80	\$90	\$100	\$110	\$120	\$130	\$140	\$150	\$160	\$170	\$180	\$190	\$200	\$210	\$220	\$230	\$240	\$250	\$260	\$270	\$280	\$290	\$300
40S	\$9,631	13.39	16.07	18.75	21.43	24.11	26.79	29.47	32.14	34.82	37.50	40.18	42.86	45.54	48.22	50.90	53.57	56.25	58.93	61.61	64.29	66.97	69.65	72.32	75.00	77.68	80.36
	\$10,173	12.58	15.09	17.61	20.12	22.64	25.15	27.67	30.18	32.70	35.21	37.73	40.24	42.76	45.27	47.79	50.30	52.82	55.34	57.85	60.37	62.88	65.40	67.91	70.43	72.94	75.46
	\$10,715	11.84	14.21	16.58	18.95	21.32	23.68	26.05	28.42	30.79	33.16	35.53	37.89	40.26	42.63	45.00	47.37	49.74	52.10	54.47	56.84	59.21	61.58	63.95	66.31	68.68	71.05
	\$11,258	11.18	13.41	15.65	17.88	20.12	22.36	24.59	26.83	29.06	31.30	33.53	35.77	38.00	40.24	42.48	44.71	46.95	49.18	51.42	53.65	55.89	58.13	60.36	62.60	64.83	67.07
	\$11,800	10.58	12.69	14.81	16.92	19.04	21.15	23.27	25.38	27.50	29.61	31.73	33.84	35.96	38.07	40.19	42.30	44.42	46.53	48.65	50.76	52.88	54.99	57.11	59.22	61.34	63.45
30S	\$12,342	10.03	12.03	14.04	16.04	18.05	20.05	22.06	24.06	26.07	28.07	30.08	32.08	34.09	36.09	38.10	40.10	42.11	44.11	46.12	48.12	50.13	52.13	54.14	56.14	58.15	60.15
	\$12,884	9.52	11.43	13.33	15.23	17.14	19.04	20.95	22.85	24.76	26.66	28.57	30.47	32.37	34.28	36.18	38.09	39.99	41.90	43.80	45.70	47.61	49.51	51.42	53.32	55.23	57.13
	\$13,427	9.05	10.86	12.67	14.48	16.29	18.10	19.91	21.72	23.53	25.34	27.15	28.96	30.77	32.58	34.39	36.20	38.01	39.81	41.62	43.43	45.24	47.05	48.86	50.67	52.48	54.29
	\$14,070	8.62	10.34	12.06	13.79	15.51	17.23	18.95	20.68	22.40	24.12	25.85	27.57	29.29	31.02	32.74	34.46	36.19	37.91	39.63	41.36	43.08	44.80	46.52	48.25	49.97	51.69
	\$14,663	8.22	9.86	11.50	13.15	14.79	16.44	18.08	19.72	21.37	23.01	24.65	26.30	27.94	29.58	31.23	32.87	34.51	36.16	37.80	39.44	41.09	42.73	44.38	46.02	47.66	49.31
20S	\$15,256	7.85	9.42	10.99	12.56	14.13	15.70	17.27	18.84	20.41	21.98	23.55	25.12	26.69	28.26	29.83	31.40	32.97	34.54	36.11	37.68	39.25	40.82	42.39	43.96	45.53	47.10
	\$15,849	7.51	9.01	10.52	12.02	13.52	15.02	16.52	18.03	19.53	21.03	22.53	24.03	25.54	27.04	28.54	30.04	31.55	33.05	34.55	36.05	37.55	39.06	40.56	42.06	43.56	45.06
	\$16,442	7.20	8.63	10.07	11.51	12.95	14.39	15.83	17.27	18.71	20.15	21.59	23.03	24.46	25.90	27.34	28.78	30.22	31.66	33.10	34.54	35.98	37.42	38.86	40.30	41.73	43.17
	\$16,826	7.00	8.40	9.80	11.19	12.59	13.99	15.39	16.79	18.19	19.59	20.99	22.39	23.79	25.19	26.59	27.99	29.39	30.78	32.18	33.58	34.98	36.38	37.78	39.18	40.58	41.98
	\$17,210	6.81	8.17	9.53	10.89	12.25	13.61	14.97	16.33	17.70	19.06	20.42	21.78	23.14	24.50	25.86	27.22	28.59	29.95	31.31	32.67	34.03	35.39	36.75	38.11	39.48	40.84
10S	\$17,593	6.62	7.95	9.27	10.60	11.92	13.25	14.57	15.90	17.22	18.55	19.87	21.20	22.52	23.85	25.17	26.50	27.82	29.15	30.47	31.80	33.12	34.45	35.77	37.10	38.42	39.75
	\$17,977	6.45	7.74	9.03	10.32	11.61	12.90	14.19	15.48	16.77	18.06	19.35	20.64	21.93	23.22	24.51	25.80	27.09	28.38	29.67	30.96	32.25	33.54	34.83	36.12	37.41	38.70
	\$18,361	6.28	7.54	8.80	10.05	11.31	12.57	13.82	15.08	16.34	17.59	18.85	20.11	21.36	22.62	23.88	25.13	26.39	27.65	28.90	30.16	31.42	32.67	33.93	35.19	36.44	37.70
	\$18,745	6.12	7.35	8.57	9.80	11.02	12.25	13.47	14.70	15.92	17.15	18.37	19.59	20.82	22.04	23.27	24.49	25.72	26.94	28.17	29.39	30.62	31.84	33.07	34.29	35.51	36.74

Receita de geração de energia pelo vidro

Fachada Norte comparado com Vidro Claro

		Diferença de preço/m ²																											
		\$50	\$60	\$70	\$80	\$90	\$100	\$110	\$120	\$130	\$140	\$150	\$160	\$170	\$180	\$190	\$200	\$210	\$220	\$230	\$240	\$250	\$260	\$270	\$280	\$290	\$300		
40S	\$9,631	10.46	12.55	14.64	16.74	18.83	20.92	23.01	25.10	27.19	29.29	31.38	33.47	35.56	37.65	39.75	41.84	43.93	46.02	48.11	50.21	52.30	54.39	56.48	58.57	60.67	62.76		
	\$10,173	9.82	11.79	13.75	15.71	17.68	19.64	21.61	23.57	25.54	27.50	29.46	31.43	33.39	35.36	37.32	39.29	41.25	43.21	45.18	47.14	49.11	51.07	53.04	55.00	56.96	58.93		
	\$10,715	9.25	11.10	12.95	14.80	16.65	18.50	20.34	22.19	24.04	25.89	27.74	29.59	31.44	33.29	35.14	36.99	38.84	40.69	42.54	44.39	46.24	48.09	49.94	51.79	53.64	55.49		
	\$11,258	8.73	10.48	12.22	13.97	15.71	17.46	19.20	20.95	22.70	24.44	26.19	27.93	29.68	31.43	33.17	34.92	36.66	38.41	40.15	41.90	43.65	45.39	47.14	48.88	50.63	52.38		
	\$11,800	8.26	9.91	11.56	13.21	14.87	16.52	18.17	19.82	21.47	23.12	24.78	26.43	28.08	29.73	31.38	33.03	34.69	36.34	37.99	39.64	41.29	42.94	44.60	46.25	47.90	49.55		
	\$12,342	7.83	9.40	10.96	12.53	14.09	15.66	17.22	18.79	20.36	21.92	23.49	25.05	26.62	28.19	29.75	31.32	32.88	34.45	36.01	37.58	39.15	40.71	42.28	43.84	45.41	46.98		
	\$12,884	7.44	8.92	10.41	11.90	13.38	14.87	16.36	17.85	19.33	20.82	22.31	23.80	25.28	26.77	28.26	29.74	31.23	32.72	34.21	35.69	37.18	38.67	40.15	41.64	43.13	44.62		
	\$13,427	7.07	8.48	9.89	11.31	12.72	14.13	15.55	16.96	18.37	19.79	21.20	22.61	24.03	25.44	26.85	28.27	29.68	31.09	32.51	33.92	35.33	36.75	38.16	39.57	40.99	42.40		
	\$14,070	6.73	8.07	9.42	10.77	12.11	13.46	14.80	16.15	17.49	18.84	20.19	21.53	22.88	24.22	25.57	26.91	28.26	29.61	30.95	32.30	33.64	34.99	36.33	37.68	39.02	40.37		
	\$14,663	6.42	7.70	8.98	10.27	11.55	12.84	14.12	15.40	16.69	17.97	19.25	20.54	21.82	23.10	24.39	25.67	26.95	28.24	29.52	30.80	32.09	33.37	34.65	35.94	37.22	38.51		
\$15,256	6.13	7.36	8.58	9.81	11.04	12.26	13.49	14.71	15.94	17.17	18.39	19.62	20.84	22.07	23.30	24.52	25.75	26.98	28.20	29.43	30.65	31.88	33.11	34.33	35.56	36.78			
20S	\$15,849	5.87	7.04	8.21	9.38	10.56	11.73	12.90	14.08	15.25	16.42	17.60	18.77	19.94	21.12	22.29	23.46	24.64	25.81	26.98	28.15	29.33	30.50	31.67	32.85	34.02	35.19		
	\$16,442	5.62	6.74	7.87	8.99	10.11	11.24	12.36	13.49	14.61	15.73	16.86	17.98	19.11	20.23	21.35	22.48	23.60	24.73	25.85	26.97	28.10	29.22	30.34	31.47	32.59	33.72		
	\$16,826	5.46	6.56	7.65	8.74	9.83	10.93	12.02	13.11	14.21	15.30	16.39	17.48	18.58	19.67	20.76	21.86	22.95	24.04	25.13	26.23	27.32	28.41	29.50	30.60	31.69	32.78		
	\$17,210	5.32	6.38	7.44	8.50	9.57	10.63	11.69	12.76	13.82	14.88	15.95	17.01	18.07	19.14	20.20	21.26	22.32	23.39	24.45	25.51	26.58	27.64	28.70	29.77	30.83	31.89		
	\$17,593	5.17	6.21	7.24	8.28	9.31	10.35	11.38	12.42	13.45	14.49	15.52	16.55	17.59	18.62	19.66	20.69	21.73	22.76	23.80	24.83	25.87	26.90	27.94	28.97	30.00	31.04		
10S	\$17,977	5.04	6.04	7.05	8.06	9.07	10.07	11.08	12.09	13.10	14.10	15.11	16.12	17.13	18.13	19.14	20.15	21.16	22.16	23.17	24.18	25.19	26.19	27.20	28.21	29.22	30.22		
	\$18,361	4.91	5.89	6.87	7.85	8.83	9.81	10.80	11.78	12.76	13.74	14.72	15.70	16.68	17.66	18.65	19.63	20.61	21.59	22.57	23.55	24.53	25.52	26.50	27.48	28.46	29.44		
	\$18,745	4.78	5.74	6.69	7.65	8.61	9.56	10.52	11.48	12.43	13.39	14.35	15.30	16.26	17.21	18.17	19.13	20.08	21.04	22.00	22.95	23.91	24.87	25.82	26.78	27.74	28.69		

Receita de geração de energia pelo vidro

Fachada Leste comparada com o vidro refletivo

		Diferença de preço/m ²																										
		\$50	\$60	\$70	\$80	\$90	\$100	\$110	\$120	\$130	\$140	\$150	\$160	\$170	\$180	\$190	\$200	\$210	\$220	\$230	\$240	\$250	\$260	\$270	\$280	\$290	\$300	
40S	\$7,788	14.49	17.39	20.29	23.19	26.09	28.99	31.88	34.78	37.68	40.58	43.48	46.38	49.28	52.17	55.07	57.97	60.87	63.77	66.67	69.57	72.46	75.36	78.26	81.16	84.06	86.96	
	\$8,243	13.58	16.30	19.01	21.73	24.45	27.16	29.88	32.59	35.31	38.03	40.74	43.46	46.18	48.89	51.61	54.32	57.04	59.76	62.47	65.19	67.91	70.62	73.34	76.05	78.77	81.49	
	\$8,698	12.77	15.32	17.87	20.42	22.98	25.53	28.08	30.64	33.19	35.74	38.30	40.85	43.40	45.95	48.51	51.06	53.61	56.17	58.72	61.27	63.83	66.38	68.93	71.48	74.04	76.59	
	\$9,153	12.03	14.44	16.84	19.25	21.65	24.06	26.47	28.87	31.28	33.68	36.09	38.50	40.90	43.31	45.71	48.12	50.53	52.93	55.34	57.74	60.15	62.56	64.96	67.37	69.77	72.18	
	\$9,608	11.36	13.64	15.91	18.18	20.46	22.73	25.00	27.27	29.55	31.82	34.09	36.37	38.64	40.91	43.19	45.46	47.73	50.00	52.28	54.55	56.82	59.10	61.37	63.64	65.91	68.19	
	\$10,063	10.76	12.91	15.06	17.21	19.37	21.52	23.67	25.82	27.97	30.13	32.28	34.43	36.58	38.73	40.89	43.04	45.19	47.34	49.49	51.64	53.80	55.95	58.10	60.25	62.40	64.56	
	\$10,518	10.21	12.25	14.29	16.33	18.37	20.41	22.45	24.50	26.54	28.58	30.62	32.66	34.70	36.74	38.78	40.83	42.87	44.91	46.95	48.99	51.03	53.07	55.11	57.16	59.20	61.24	
	\$10,981	9.72	11.66	13.60	15.55	17.49	19.43	21.38	23.32	25.27	27.21	29.15	31.10	33.04	34.98	36.93	38.87	40.81	42.76	44.70	46.64	48.59	50.53	52.47	54.42	56.36	58.30	
	\$11,445	9.27	11.12	12.98	14.83	16.68	18.54	20.39	22.24	24.10	25.95	27.80	29.66	31.51	33.36	35.22	37.07	38.93	40.78	42.63	44.49	46.34	48.19	50.05	51.90	53.75	55.61	
	\$11,909	8.85	10.62	12.39	14.17	15.94	17.71	19.48	21.25	23.02	24.79	26.56	28.33	30.10	31.87	33.64	35.41	37.18	38.95	40.73	42.50	44.27	46.04	47.81	49.58	51.35	53.12	
30S	\$12,373	8.47	10.16	11.86	13.55	15.25	16.94	18.63	20.33	22.02	23.72	25.41	27.10	28.80	30.49	32.19	33.88	35.57	37.27	38.96	40.66	42.35	44.04	45.74	47.43	49.13	50.82	
	\$12,836	8.11	9.74	11.36	12.98	14.61	16.23	17.85	19.47	21.10	22.72	24.34	25.97	27.59	29.21	30.83	32.46	34.08	35.70	37.33	38.95	40.57	42.19	43.82	45.44	47.06	48.69	
	\$13,300	7.78	9.34	10.90	12.45	14.01	15.57	17.12	18.68	20.24	21.79	23.35	24.91	26.46	28.02	29.58	31.13	32.69	34.25	35.80	37.36	38.92	40.47	42.03	43.59	45.14	46.70	
	\$13,619	7.56	9.08	10.59	12.10	13.61	15.13	16.64	18.15	19.66	21.18	22.69	24.20	25.72	27.23	28.74	30.25	31.77	33.28	34.79	36.30	37.82	39.33	40.84	42.35	43.87	45.38	
	\$13,938	7.35	8.82	10.29	11.77	13.24	14.71	16.18	17.65	19.12	20.59	22.06	23.53	25.00	26.47	27.94	29.41	30.88	32.35	33.82	35.30	36.77	38.24	39.71	41.18	42.65	44.12	
	\$14,257	7.15	8.58	10.01	11.44	12.87	14.31	15.74	17.17	18.60	20.03	21.46	22.89	24.32	25.75	27.18	28.61	30.04	31.47	32.90	34.33	35.76	37.19	38.62	40.05	41.48	42.92	
	\$14,576	6.96	8.35	9.74	11.14	12.53	13.92	15.31	16.71	18.10	19.49	20.88	22.27	23.67	25.06	26.45	27.84	29.23	30.63	32.02	33.41	34.80	36.20	37.59	38.98	40.37	41.76	
	\$14,896	6.78	8.13	9.49	10.84	12.20	13.55	14.91	16.26	17.62	18.98	20.33	21.69	23.04	24.40	25.75	27.11	28.46	29.82	31.17	32.53	33.89	35.24	36.60	37.95	39.31	40.66	
	\$15,215	6.60	7.92	9.24	10.56	11.88	13.20	14.52	15.84	17.16	18.48	19.80	21.12	22.44	23.76	25.08	26.40	27.72	29.05	30.37	31.69	33.01	34.33	35.65	36.97	38.29	39.61	
	20S	\$13,619	7.56	9.08	10.59	12.10	13.61	15.13	16.64	18.15	19.66	21.18	22.69	24.20	25.72	27.23	28.74	30.25	31.77	33.28	34.79	36.30	37.82	39.33	40.84	42.35	43.87	45.38
\$13,938		7.35	8.82	10.29	11.77	13.24	14.71	16.18	17.65	19.12	20.59	22.06	23.53	25.00	26.47	27.94	29.41	30.88	32.35	33.82	35.30	36.77	38.24	39.71	41.18	42.65	44.12	
\$14,257		7.15	8.58	10.01	11.44	12.87	14.31	15.74	17.17	18.60	20.03	21.46	22.89	24.32	25.75	27.18	28.61	30.04	31.47	32.90	34.33	35.76	37.19	38.62	40.05	41.48	42.92	
\$14,576		6.96	8.35	9.74	11.14	12.53	13.92	15.31	16.71	18.10	19.49	20.88	22.27	23.67	25.06	26.45	27.84	29.23	30.63	32.02	33.41	34.80	36.20	37.59	38.98	40.37	41.76	
\$14,896		6.78	8.13	9.49	10.84	12.20	13.55	14.91	16.26	17.62	18.98	20.33	21.69	23.04	24.40	25.75	27.11	28.46	29.82	31.17	32.53	33.89	35.24	36.60	37.95	39.31	40.66	
\$15,215		6.60	7.92	9.24	10.56	11.88	13.20	14.52	15.84	17.16	18.48	19.80	21.12	22.44	23.76	25.08	26.40	27.72	29.05	30.37	31.69	33.01	34.33	35.65	36.97	38.29	39.61	
10S		\$15,215	6.60	7.92	9.24	10.56	11.88	13.20	14.52	15.84	17.16	18.48	19.80	21.12	22.44	23.76	25.08	26.40	27.72	29.05	30.37	31.69	33.01	34.33	35.65	36.97	38.29	39.61

Receita de geração de energia pelo vidro

Fachada Leste comparado com Vidro Claro

		Diferença de preço/m ²																										
		\$50	\$60	\$70	\$80	\$90	\$100	\$110	\$120	\$130	\$140	\$150	\$160	\$170	\$180	\$190	\$200	\$210	\$220	\$230	\$240	\$250	\$260	\$270	\$280	\$290	\$300	
40S	\$7,788	11.32	13.58	15.85	18.11	20.37	22.64	24.90	27.16	29.43	31.69	33.95	36.22	38.48	40.75	43.01	45.27	47.54	49.80	52.06	54.33	56.59	58.85	61.12	63.38	65.64	67.91	
	\$8,243	10.61	12.73	14.85	16.97	19.09	21.21	23.33	25.45	27.58	29.70	31.82	33.94	36.06	38.18	40.30	42.42	44.55	46.67	48.79	50.91	53.03	55.15	57.27	59.39	61.52	63.64	
	\$8,698	9.97	11.96	13.96	15.95	17.94	19.94	21.93	23.93	25.92	27.91	29.91	31.90	33.89	35.89	37.88	39.88	41.87	43.86	45.86	47.85	49.84	51.84	53.83	55.83	57.82	59.81	
	\$9,153	9.39	11.27	13.15	15.03	16.91	18.79	20.67	22.55	24.43	26.31	28.18	30.06	31.94	33.82	35.70	37.58	39.46	41.34	43.22	45.09	46.97	48.85	50.73	52.61	54.49	56.37	
	\$9,608	8.88	10.65	12.43	14.20	15.98	17.75	19.53	21.30	23.08	24.85	26.63	28.40	30.18	31.95	33.73	35.50	37.28	39.05	40.83	42.60	44.38	46.15	47.93	49.70	51.48	53.25	
	\$10,063	8.40	10.08	11.76	13.44	15.12	16.80	18.49	20.17	21.85	23.53	25.21	26.89	28.57	30.25	31.93	33.61	35.29	36.97	38.65	40.33	42.01	43.69	45.37	47.05	48.73	50.41	
	\$10,518	7.97	9.56	11.16	12.75	14.35	15.94	17.54	19.13	20.72	22.32	23.91	25.51	27.10	28.69	30.29	31.88	33.48	35.07	36.67	38.26	39.85	41.45	43.04	44.64	46.23	47.82	
	\$10,981	7.59	9.11	10.62	12.14	13.66	15.18	16.70	18.21	19.73	21.25	22.77	24.28	25.80	27.32	28.84	30.35	31.87	33.39	34.91	36.43	37.94	39.46	40.98	42.50	44.01	45.53	
	\$11,445	7.24	8.69	10.13	11.58	13.03	14.48	15.92	17.37	18.82	20.27	21.71	23.16	24.61	26.06	27.50	28.95	30.40	31.85	33.29	34.74	36.19	37.64	39.08	40.53	41.98	43.43	
	\$11,909	6.91	8.30	9.68	11.06	12.45	13.83	15.21	16.59	17.98	19.36	20.74	22.12	23.51	24.89	26.27	27.66	29.04	30.42	31.80	33.19	34.57	35.95	37.34	38.72	40.10	41.48	
30S	\$12,373	6.61	7.94	9.26	10.58	11.91	13.23	14.55	15.88	17.20	18.52	19.84	21.17	22.49	23.81	25.14	26.46	27.78	29.10	30.43	31.75	33.07	34.40	35.72	37.04	38.36	39.69	
	\$12,836	6.34	7.60	8.87	10.14	11.41	12.67	13.94	15.21	16.48	17.74	19.01	20.28	21.55	22.81	24.08	25.35	26.61	27.88	29.15	30.42	31.68	32.95	34.22	35.49	36.75	38.02	
	\$13,300	6.08	7.29	8.51	9.73	10.94	12.16	13.37	14.59	15.80	17.02	18.24	19.45	20.67	21.88	23.10	24.31	25.53	26.74	27.96	29.18	30.39	31.61	32.82	34.04	35.25	36.47	
	\$13,619	5.91	7.09	8.27	9.45	10.63	11.81	12.99	14.18	15.36	16.54	17.72	18.90	20.08	21.26	22.44	23.63	24.81	25.99	27.17	28.35	29.53	30.71	31.90	33.08	34.26	35.44	
	\$13,938	5.74	6.89	8.04	9.19	10.34	11.48	12.63	13.78	14.93	16.08	17.23	18.38	19.52	20.67	21.82	22.97	24.12	25.27	26.42	27.56	28.71	29.86	31.01	32.16	33.31	34.45	
	\$14,257	5.59	6.70	7.82	8.94	10.05	11.17	12.29	13.41	14.52	15.64	16.76	17.87	18.99	20.11	21.23	22.34	23.46	24.58	25.69	26.81	27.93	29.05	30.16	31.28	32.40	33.51	
	\$14,576	5.44	6.52	7.61	8.70	9.78	10.87	11.96	13.05	14.13	15.22	16.31	17.40	18.48	19.57	20.66	21.74	22.83	23.92	25.01	26.09	27.18	28.27	29.35	30.44	31.53	32.62	
	\$14,896	5.29	6.35	7.41	8.47	9.53	10.59	11.64	12.70	13.76	14.82	15.88	16.94	17.99	19.05	20.11	21.17	22.23	23.29	24.35	25.40	26.46	27.52	28.58	29.64	30.70	31.76	
	\$15,215	5.16	6.19	7.22	8.25	9.28	10.31	11.34	12.37	13.40	14.43	15.47	16.50	17.53	18.56	19.59	20.62	21.65	22.68	23.71	24.74	25.78	26.81	27.84	28.87	29.90	30.93	
	20S	\$13,300	6.08	7.29	8.51	9.73	10.94	12.16	13.37	14.59	15.80	17.02	18.24	19.45	20.67	21.88	23.10	24.31	25.53	26.74	27.96	29.18	30.39	31.61	32.82	34.04	35.25	36.47
\$13,619		5.91	7.09	8.27	9.45	10.63	11.81	12.99	14.18	15.36	16.54	17.72	18.90	20.08	21.26	22.44	23.63	24.81	25.99	27.17	28.35	29.53	30.71	31.90	33.08	34.26	35.44	
\$13,938		5.74	6.89	8.04	9.19	10.34	11.48	12.63	13.78	14.93	16.08	17.23	18.38	19.52	20.67	21.82	22.97	24.12	25.27	26.42	27.56	28.71	29.86	31.01	32.16	33.31	34.45	
\$14,257		5.59	6.70	7.82	8.94	10.05	11.17	12.29	13.41	14.52	15.64	16.76	17.87	18.99	20.11	21.23	22.34	23.46	24.58	25.69	26.81	27.93	29.05	30.16	31.28	32.40	33.51	
\$14,576		5.44	6.52	7.61	8.70	9.78	10.87	11.96	13.05	14.13	15.22	16.31	17.40	18.48	19.57	20.66	21.74	22.83	23.92	25.01	26.09	27.18	28.27	29.35	30.44	31.53	32.62	
\$14,896		5.29	6.35	7.41	8.47	9.53	10.59	11.64	12.70	13.76	14.82	15.88	16.94	17.99	19.05	20.11	21.17	22.23	23.29	24.35	25.40	26.46	27.52	28.58	29.64	30.70	31.76	
\$15,215		5.16	6.19	7.22	8.25	9.28	10.31	11.34	12.37	13.40	14.43	15.47	16.50	17.53	18.56	19.59	20.62	21.65	22.68	23.71	24.74	25.78	26.81	27.84	28.87	29.90	30.93	
10S		\$15,215	5.16	6.19	7.22	8.25	9.28	10.31	11.34	12.37	13.40	14.43	15.47	16.50	17.53	18.56	19.59	20.62	21.65	22.68	23.71	24.74	25.78	26.81	27.84	28.87	29.90	30.93

Receita de geração de energia pelo vidro

Fachada Oeste comparada com o vidro refletivo

		Diferença de preço/m²																											
		\$50	\$60	\$70	\$80	\$90	\$100	\$110	\$120	\$130	\$140	\$150	\$160	\$170	\$180	\$190	\$200	\$210	\$220	\$230	\$240	\$250	\$260	\$270	\$280	\$290	\$300		
40S	\$7.808	14.45	17.35	20.24	23.13	26.02	28.91	31.80	34.69	37.58	40.47	43.36	46.26	49.15	52.04	54.93	57.82	60.71	63.60	66.49	69.38	72.27	75.17	78.06	80.95	83.84	86.73		
	\$8.265	13.54	16.25	18.96	21.67	24.38	27.09	29.80	32.51	35.21	37.92	40.63	43.34	46.05	48.76	51.47	54.18	56.89	59.59	62.30	65.01	67.72	70.43	73.14	75.85	78.56	81.27		
	\$8.722	12.73	15.27	17.82	20.37	22.91	25.46	28.00	30.55	33.10	35.64	38.19	40.73	43.28	45.82	48.37	50.92	53.46	56.01	58.55	61.10	63.64	66.19	68.74	71.28	73.83	76.37		
	\$9.179	11.99	14.39	16.79	19.19	21.59	23.99	26.39	28.79	31.19	33.59	35.98	38.38	40.78	43.18	45.58	47.98	50.38	52.78	55.18	57.58	59.97	62.37	64.77	67.17	69.57	71.97		
	\$9.637	11.33	13.60	15.86	18.13	20.39	22.66	24.93	27.19	29.46	31.73	33.99	36.26	38.52	40.79	43.06	45.32	47.59	49.85	52.12	54.39	56.65	58.92	61.18	63.45	65.72	67.98		
	\$10.094	10.73	12.87	15.02	17.16	19.31	21.45	23.60	25.74	27.89	30.03	32.18	34.32	36.47	38.61	40.76	42.90	45.05	47.20	49.34	51.49	53.63	55.78	57.92	60.07	62.21	64.36		
	\$10.551	10.17	12.21	14.24	16.28	18.31	20.35	22.38	24.42	26.45	28.49	30.52	32.56	34.59	36.63	38.66	40.70	42.73	44.77	46.80	48.84	50.87	52.91	54.94	56.98	59.01	61.05		
	\$11.017	9.69	11.62	13.56	15.50	17.43	19.37	21.31	23.25	25.18	27.12	29.06	30.99	32.93	34.87	36.81	38.74	40.68	42.62	44.55	46.49	48.43	50.37	52.30	54.24	56.18	58.11		
	\$11.484	9.24	11.08	12.93	14.78	16.63	18.47	20.32	22.17	24.02	25.86	27.71	29.56	31.40	33.25	35.10	36.95	38.79	40.64	42.49	44.34	46.18	48.03	49.88	51.73	53.57	55.42		
	\$11.950	8.82	10.59	12.35	14.12	15.88	17.65	19.41	21.17	22.94	24.70	26.47	28.23	30.00	31.76	33.53	35.29	37.06	38.82	40.58	42.35	44.11	45.88	47.64	49.41	51.17	52.94		
30S	\$12.417	8.44	10.13	11.82	13.50	15.19	16.88	18.57	20.26	21.94	23.63	25.32	27.01	28.70	30.38	32.07	33.76	35.45	37.14	38.82	40.51	42.20	43.89	45.58	47.26	48.95	50.64		
	\$12.883	8.08	9.70	11.32	12.94	14.55	16.17	17.79	19.40	21.02	22.64	24.25	25.87	27.49	29.11	30.72	32.34	33.96	35.57	37.19	38.81	40.42	42.04	43.66	45.28	46.89	48.51		
	\$13.349	7.75	9.31	10.86	12.41	13.96	15.51	17.06	18.61	20.16	21.71	23.26	24.81	26.37	27.92	29.47	31.02	32.57	34.12	35.67	37.22	38.77	40.32	41.87	43.43	44.98	46.53		
	\$13.670	7.54	9.04	10.55	12.06	13.56	15.07	16.58	18.08	19.59	21.10	22.61	24.11	25.62	27.13	28.63	30.14	31.65	33.16	34.66	36.17	37.68	39.18	40.69	42.20	43.70	45.21		
	\$13.990	7.33	8.79	10.26	11.72	13.19	14.65	16.12	17.58	19.05	20.51	21.98	23.44	24.91	26.37	27.84	29.30	30.77	32.23	33.70	35.16	36.63	38.10	39.56	41.03	42.49	43.96		
	\$14.310	7.13	8.55	9.98	11.40	12.83	14.25	15.68	17.10	18.53	19.95	21.38	22.80	24.23	25.65	27.08	28.50	29.93	31.35	32.78	34.21	35.63	37.06	38.48	39.91	41.33	42.76		
	\$14.630	6.93	8.32	9.71	11.10	12.48	13.87	15.26	16.64	18.03	19.42	20.80	22.19	23.58	24.97	26.35	27.74	29.13	30.51	31.90	33.29	34.67	36.06	37.45	38.84	40.22	41.61		
	\$14.951	6.75	8.10	9.45	10.80	12.15	13.50	14.85	16.20	17.56	18.91	20.26	21.61	22.96	24.31	25.66	27.01	28.36	29.71	31.06	32.41	33.76	35.11	36.46	37.81	39.16	40.51		
	\$15.271	6.58	7.89	9.21	10.52	11.84	13.15	14.47	15.78	17.10	18.42	19.73	21.05	22.36	23.68	24.99	26.31	27.62	28.94	30.25	31.57	32.88	34.20	35.51	36.83	38.15	39.46		
	20S	Receita de geração de energia pelo vidro																											
\$13.349		7.75	9.31	10.86	12.41	13.96	15.51	17.06	18.61	20.16	21.71	23.26	24.81	26.37	27.92	29.47	31.02	32.57	34.12	35.67	37.22	38.77	40.32	41.87	43.43	44.98	46.53		
\$13.670		7.54	9.04	10.55	12.06	13.56	15.07	16.58	18.08	19.59	21.10	22.61	24.11	25.62	27.13	28.63	30.14	31.65	33.16	34.66	36.17	37.68	39.18	40.69	42.20	43.70	45.21		
\$13.990		7.33	8.79	10.26	11.72	13.19	14.65	16.12	17.58	19.05	20.51	21.98	23.44	24.91	26.37	27.84	29.30	30.77	32.23	33.70	35.16	36.63	38.10	39.56	41.03	42.49	43.96		
\$14.310		7.13	8.55	9.98	11.40	12.83	14.25	15.68	17.10	18.53	19.95	21.38	22.80	24.23	25.65	27.08	28.50	29.93	31.35	32.78	34.21	35.63	37.06	38.48	39.91	41.33	42.76		
\$14.630		6.93	8.32	9.71	11.10	12.48	13.87	15.26	16.64	18.03	19.42	20.80	22.19	23.58	24.97	26.35	27.74	29.13	30.51	31.90	33.29	34.67	36.06	37.45	38.84	40.22	41.61		
\$14.951		6.75	8.10	9.45	10.80	12.15	13.50	14.85	16.20	17.56	18.91	20.26	21.61	22.96	24.31	25.66	27.01	28.36	29.71	31.06	32.41	33.76	35.11	36.46	37.81	39.16	40.51		
\$15.271		6.58	7.89	9.21	10.52	11.84	13.15	14.47	15.78	17.10	18.42	19.73	21.05	22.36	23.68	24.99	26.31	27.62	28.94	30.25	31.57	32.88	34.20	35.51	36.83	38.15	39.46		
10S		Receita de geração de energia pelo vidro																											
		\$15.271	6.58	7.89	9.21	10.52	11.84	13.15	14.47	15.78	17.10	18.42	19.73	21.05	22.36	23.68	24.99	26.31	27.62	28.94	30.25	31.57	32.88	34.20	35.51	36.83	38.15	39.46	

Fachada Oeste comparado com vidro claro

		Diferença de preço/m²																										
		\$50	\$60	\$70	\$80	\$90	\$100	\$110	\$120	\$130	\$140	\$150	\$160	\$170	\$180	\$190	\$200	\$210	\$220	\$230	\$240	\$250	\$260	\$270	\$280	\$290	\$300	
40S	\$7,808	11.29	13.55	15.80	18.06	20.32	22.58	24.83	27.09	29.35	31.61	33.87	36.12	38.38	40.64	42.90	45.15	47.41	49.67	51.93	54.18	56.44	58.70	60.96	63.22	65.47	67.73	
	\$8,265	10.58	12.69	14.81	16.92	19.04	21.15	23.27	25.39	27.50	29.62	31.73	33.85	35.96	38.08	40.19	42.31	44.42	46.54	48.66	50.77	52.89	55.00	57.12	59.23	61.35	63.46	
	\$8,722	9.94	11.93	13.92	15.90	17.89	19.88	21.87	23.86	25.85	27.83	29.82	31.81	33.80	35.79	37.77	39.76	41.75	43.74	45.73	47.71	49.70	51.69	53.68	55.67	57.66	59.64	
	\$9,179	9.37	11.24	13.11	14.99	16.86	18.73	20.61	22.48	24.36	26.23	28.10	29.98	31.85	33.72	35.60	37.47	39.34	41.22	43.09	44.96	46.84	48.71	50.58	52.46	54.33	56.20	
	\$9,637	8.85	10.62	12.39	14.16	15.93	17.70	19.47	21.24	23.01	24.78	26.55	28.32	30.08	31.85	33.62	35.39	37.16	38.93	40.70	42.47	44.24	46.01	47.78	49.55	51.32	53.09	
	\$10,094	8.38	10.05	11.73	13.40	15.08	16.75	18.43	20.10	21.78	23.45	25.13	26.81	28.48	30.16	31.83	33.51	35.18	36.86	38.53	40.21	41.88	43.56	45.23	46.91	48.58	50.26	
	\$10,551	7.95	9.53	11.12	12.71	14.30	15.89	17.48	19.07	20.66	22.25	23.84	25.43	27.02	28.60	30.19	31.78	33.37	34.96	36.55	38.14	39.73	41.32	42.91	44.50	46.08	47.67	
	\$11,017	7.56	9.08	10.59	12.10	13.62	15.13	16.64	18.15	19.67	21.18	22.69	24.20	25.72	27.23	28.74	30.26	31.77	33.28	34.79	36.31	37.82	39.33	40.85	42.36	43.87	45.38	
	\$11,484	7.21	8.66	10.10	11.54	12.98	14.43	15.87	17.31	18.75	20.20	21.64	23.08	24.53	25.97	27.41	28.85	30.30	31.74	33.18	34.62	36.07	37.51	38.95	40.39	41.84	43.28	
	\$11,950	6.89	8.27	9.65	11.02	12.40	13.78	15.16	16.54	17.91	19.29	20.67	22.05	23.43	24.80	26.18	27.56	28.94	30.32	31.69	33.07	34.45	35.83	37.21	38.58	39.96	41.34	
\$12,417	6.59	7.91	9.23	10.55	11.86	13.18	14.50	15.82	17.14	18.46	19.77	21.09	22.41	23.73	25.05	26.36	27.68	29.00	30.32	31.64	32.96	34.27	35.59	36.91	38.23	39.55		
20S	\$12,883	6.31	7.58	8.84	10.10	11.36	12.63	13.89	15.15	16.42	17.68	18.94	20.20	21.47	22.73	23.99	25.26	26.52	27.78	29.04	30.31	31.57	32.83	34.09	35.36	36.62	37.88	
	\$13,349	6.06	7.27	8.48	9.69	10.90	12.11	13.32	14.53	15.75	16.96	18.17	19.38	20.59	21.80	23.01	24.22	25.43	26.65	27.86	29.07	30.28	31.49	32.70	33.91	35.12	36.34	
	\$13,670	5.88	7.06	8.24	9.42	10.59	11.77	12.95	14.12	15.30	16.48	17.65	18.83	20.01	21.18	22.36	23.54	24.72	25.89	27.07	28.25	29.42	30.60	31.78	32.95	34.13	35.31	
	\$13,990	5.72	6.87	8.01	9.15	10.30	11.44	12.59	13.73	14.88	16.02	17.16	18.31	19.45	20.60	21.74	22.88	24.03	25.17	26.32	27.46	28.61	29.75	30.89	32.04	33.18	34.33	
	\$14,310	5.57	6.68	7.79	8.90	10.02	11.13	12.24	13.36	14.47	15.58	16.70	17.81	18.92	20.03	21.15	22.26	23.37	24.49	25.60	26.71	27.83	28.94	30.05	31.16	32.28	33.39	
	\$14,630	5.42	6.50	7.58	8.67	9.75	10.83	11.91	13.00	14.08	15.16	16.25	17.33	18.41	19.50	20.58	21.66	22.75	23.83	24.91	26.00	27.08	28.16	29.25	30.33	31.41	32.50	
	\$14,951	5.27	6.33	7.38	8.44	9.49	10.55	11.60	12.66	13.71	14.76	15.82	16.87	17.93	18.98	20.04	21.09	22.15	23.20	24.26	25.31	26.36	27.42	28.47	29.53	30.58	31.64	
	10S	\$15,271	5.14	6.16	7.19	8.22	9.25	10.27	11.30	12.33	13.35	14.38	15.41	16.44	17.46	18.49	19.52	20.54	21.57	22.60	23.63	24.65	25.68	26.71	27.74	28.76	29.79	30.82

Receita de geração de energia pelo vidro

Fachada Sul comparada com o vidro refletivo

		Diferença de preço/m²																											
		\$50	\$60	\$70	\$80	\$90	\$100	\$110	\$120	\$130	\$140	\$150	\$160	\$170	\$180	\$190	\$200	\$210	\$220	\$230	\$240	\$250	\$260	\$270	\$280	\$290	\$300		
40S	\$4.597	28,06	33,67	39,28	44,89	50,50	56,11	61,72	67,33	72,95	78,56	84,17	89,78	95,39	101,00	106,61	112,22	117,84	123,45	129,06	134,67	140,28	145,89	151,50	157,11	162,73	168,34		
	\$4.883	26,20	31,44	36,68	41,92	47,16	52,40	57,64	62,88	68,12	73,36	78,60	83,84	89,07	94,31	99,55	104,79	110,03	115,27	120,51	125,75	130,99	136,23	141,47	146,71	151,95	157,19		
	\$5.169	24,55	29,46	34,36	39,27	44,18	49,09	54,00	58,91	63,82	68,73	73,64	78,55	83,46	88,37	93,28	98,19	103,09	108,00	112,91	117,82	122,73	127,64	132,55	137,46	142,37	147,28		
	\$5.455	23,07	27,68	32,29	36,91	41,52	46,13	50,75	55,36	59,97	64,59	69,20	73,82	78,43	83,04	87,66	92,27	96,88	101,50	106,11	110,72	115,34	119,95	124,56	129,18	133,79	138,40		
	\$5.741	21,74	26,08	30,43	34,78	39,12	43,47	47,82	52,17	56,51	60,86	65,21	69,55	73,90	78,25	82,60	86,94	91,29	95,64	99,98	104,33	108,68	113,03	117,37	121,72	126,07	130,41		
	\$6.027	20,53	24,64	28,74	32,85	36,95	41,06	45,17	49,27	53,38	57,48	61,59	65,70	69,80	73,91	78,01	82,12	86,23	90,33	94,44	98,55	102,65	106,76	110,86	114,97	119,08	123,18		
	\$6.313	19,43	23,32	27,21	31,09	34,98	38,87	42,75	46,64	50,53	54,42	58,30	62,19	66,08	69,96	73,85	77,74	81,62	85,51	89,40	93,28	97,17	101,06	104,94	108,83	112,72	116,60		
	\$6.643	18,36	22,03	25,70	29,37	33,04	36,72	40,39	44,06	47,73	51,40	55,07	58,74	62,42	66,09	69,76	73,43	77,10	80,77	84,45	88,12	91,79	95,46	99,13	102,80	106,47	110,15		
	\$6.974	17,38	20,86	24,34	27,81	31,29	34,77	38,24	41,72	45,20	48,67	52,15	55,63	59,10	62,58	66,06	69,53	73,01	76,49	79,96	83,44	86,92	90,39	93,87	97,35	100,82	104,30		
	\$7.304	16,50	19,80	23,10	26,40	29,69	32,99	36,29	39,59	42,89	46,19	49,49	52,79	56,09	59,39	62,69	65,99	69,29	72,59	75,89	79,19	82,48	85,78	89,08	92,38	95,68	98,98		
\$7.635	15,69	18,82	21,96	25,10	28,24	31,37	34,51	37,65	40,79	43,92	47,06	50,20	53,34	56,47	59,61	62,75	65,89	69,02	72,16	75,30	78,44	81,57	84,71	87,85	90,99	94,12			
20S	\$7.965	14,95	17,93	20,92	23,91	26,90	29,89	32,88	35,87	38,86	41,85	44,84	47,82	50,81	53,80	56,79	59,78	62,77	65,76	68,75	71,74	74,73	77,71	80,70	83,69	86,68	89,67		
	\$8.295	14,26	17,11	19,97	22,82	25,67	28,52	31,38	34,23	37,08	39,93	42,79	45,64	48,49	51,34	54,19	57,05	59,90	62,75	65,60	68,46	71,31	74,16	77,01	79,87	82,72	85,57		
	\$8.494	13,86	16,63	19,40	22,17	24,95	27,72	30,49	33,26	36,03	38,80	41,58	44,35	47,12	49,89	52,66	55,43	58,21	60,98	63,75	66,52	69,29	72,07	74,84	77,61	80,38	83,15		
	\$8.693	13,47	16,17	18,86	21,56	24,25	26,95	29,64	32,34	35,03	37,73	40,42	43,12	45,81	48,51	51,20	53,90	56,59	59,29	61,98	64,68	67,37	70,07	72,76	75,45	78,15	80,84		
	\$8.892	13,11	15,73	18,35	20,97	23,59	26,21	28,83	31,46	34,08	36,70	39,32	41,94	44,56	47,18	49,81	52,43	55,05	57,67	60,29	62,91	65,53	68,15	70,78	73,40	76,02	78,64		
10S	\$9.091	12,76	15,31	17,86	20,41	22,96	25,51	28,06	30,61	33,16	35,71	38,27	40,82	43,37	45,92	48,47	51,02	53,57	56,12	58,67	61,22	63,78	66,33	68,88	71,43	73,98	76,53		
	\$9.290	12,42	14,90	17,39	19,87	22,35	24,84	27,32	29,81	32,29	34,77	37,26	39,74	42,22	44,71	47,19	49,68	52,16	54,64	57,13	59,61	62,09	64,58	67,06	69,55	72,03	74,51		
	\$9.489	12,10	14,52	16,94	19,35	21,77	24,19	26,61	29,03	31,45	33,87	36,29	38,71	41,13	43,55	45,97	48,39	50,81	53,23	55,64	58,06	60,48	62,90	65,32	67,74	70,16	72,58		

Receita de geração de energia pelo vidro

Combinação das fachadas Norte e Leste comparada com o vidro refletivo

		Diferença de preço/m ²																											
		\$50	\$60	\$70	\$80	\$90	\$100	\$110	\$120	\$130	\$140	\$150	\$160	\$170	\$180	\$190	\$200	\$210	\$220	\$230	\$240	\$250	\$260	\$270	\$280	\$290	\$300		
40S	\$17,418	13.88	16.66	19.44	22.22	24.99	27.77	30.55	33.32	36.10	38.88	41.65	44.43	47.21	49.99	52.76	55.54	58.32	61.09	63.87	66.65	69.42	72.20	74.98	77.76	80.53	83.31		
	\$18,416	13.03	15.63	18.24	20.84	23.45	26.05	28.66	31.26	33.87	36.47	39.08	41.68	44.29	46.89	49.50	52.10	54.71	57.31	59.92	62.53	65.13	67.74	70.34	72.95	75.55	78.16		
	\$19,413	12.26	14.71	17.16	19.61	22.06	24.51	26.96	29.41	31.86	34.32	36.77	39.22	41.67	44.12	46.57	49.02	51.47	53.92	56.37	58.83	61.28	63.73	66.18	68.63	71.08	73.53		
	\$20,410	11.56	13.87	16.18	18.50	20.81	23.12	25.43	27.74	30.06	32.37	34.68	36.99	39.30	41.62	43.93	46.24	48.55	50.86	53.18	55.49	57.80	60.11	62.42	64.74	67.05	69.36		
	\$21,408	10.93	13.12	15.30	17.49	19.67	21.86	24.04	26.23	28.42	30.60	32.79	34.97	37.16	39.35	41.53	43.72	45.90	48.09	50.28	52.46	54.65	56.83	59.02	61.20	63.39	65.58		
	\$22,405	10.36	12.43	14.50	16.57	18.64	20.71	22.78	24.85	26.92	28.99	31.07	33.14	35.21	37.28	39.35	41.42	43.49	45.56	47.63	49.70	51.78	53.85	55.92	57.99	60.06	62.13		
	\$23,402	9.83	11.80	13.76	15.73	17.69	19.66	21.62	23.59	25.56	27.52	29.49	31.45	33.42	35.39	37.35	39.32	41.28	43.25	45.22	47.18	49.15	51.11	53.08	55.05	57.01	58.98		
	\$24,459	9.35	11.22	13.09	14.96	16.83	18.70	20.57	22.44	24.31	26.18	28.05	29.92	31.79	33.66	35.53	37.40	39.27	41.14	43.01	44.88	46.74	48.61	50.48	52.35	54.22	56.09		
	\$25,515	8.91	10.69	12.47	14.25	16.03	17.82	19.60	21.38	23.16	24.94	26.72	28.51	30.29	32.07	33.85	35.63	37.41	39.20	40.98	42.76	44.54	46.32	48.10	49.89	51.67	53.45		
	\$26,572	8.50	10.20	11.90	13.60	15.30	17.01	18.71	20.41	22.11	23.81	25.51	27.21	28.91	30.61	32.31	34.01	35.71	37.41	39.11	40.81	42.51	44.21	45.91	47.61	49.31	51.02		
\$27,629	8.13	9.75	11.38	13.00	14.63	16.26	17.88	19.51	21.13	22.76	24.38	26.01	27.63	29.26	30.89	32.51	34.14	35.76	37.39	39.01	40.64	42.27	43.89	45.52	47.14	48.77			
20S	\$28,685	7.78	9.34	10.89	12.45	14.01	15.56	17.12	18.67	20.23	21.79	23.34	24.90	26.45	28.01	29.57	31.12	32.68	34.24	35.79	37.35	38.90	40.46	42.02	43.57	45.13	46.69		
	\$29,742	7.46	8.95	10.44	11.93	13.43	14.92	16.41	17.90	19.39	20.88	22.38	23.87	25.36	26.85	28.34	29.83	31.33	32.82	34.31	35.80	37.29	38.78	40.28	41.77	43.26	44.75		
	\$30,445	7.25	8.70	10.15	11.60	13.05	14.50	15.95	17.40	18.85	20.30	21.75	23.20	24.65	26.10	27.55	29.00	30.45	31.90	33.35	34.80	36.25	37.70	39.15	40.60	42.05	43.50		
	\$31,148	7.05	8.46	9.87	11.28	12.69	14.10	15.51	16.92	18.33	19.74	21.15	22.56	23.97	25.38	26.79	28.20	29.61	31.02	32.43	33.84	35.25	36.67	38.08	39.49	40.90	42.31		
	\$31,851	6.86	8.23	9.61	10.98	12.35	13.72	15.09	16.47	17.84	19.21	20.58	21.95	23.33	24.70	26.07	27.44	28.82	30.19	31.56	32.93	34.30	35.68	37.05	38.42	39.79	41.16		
10S	\$32,554	6.68	8.01	9.35	10.69	12.02	13.36	14.69	16.03	17.36	18.70	20.04	21.37	22.71	24.04	25.38	26.72	28.05	29.39	30.72	32.06	33.39	34.73	36.07	37.40	38.74	40.07		
	\$33,257	6.50	7.81	9.11	10.41	11.71	13.01	14.31	15.61	16.91	18.21	19.51	20.81	22.12	23.42	24.72	26.02	27.32	28.62	29.92	31.22	32.52	33.82	35.12	36.42	37.73	39.03		
	\$33,960	6.34	7.60	8.87	10.14	11.41	12.67	13.94	15.21	16.48	17.74	19.01	20.28	21.55	22.81	24.08	25.35	26.62	27.88	29.15	30.42	31.69	32.95	34.22	35.49	36.76	38.02		
Receita de geração de energia pelo vidro																													

Combinação das fachadas Norte e Leste comparada com o vidro claro

		Diferença de preço/m ²																										
		\$50	\$60	\$70	\$80	\$90	\$100	\$110	\$120	\$130	\$140	\$150	\$160	\$170	\$180	\$190	\$200	\$210	\$220	\$230	\$240	\$250	\$260	\$270	\$280	\$290	\$300	
40S	\$17,418	10,84	13,01	15,18	17,35	19,52	21,69	23,86	26,02	28,19	30,36	32,53	34,70	36,87	39,04	41,21	43,37	45,54	47,71	49,88	52,05	54,22	56,39	58,55	60,72	62,89	65,06	
	\$18,416	10,17	12,21	14,24	16,28	18,31	20,35	22,38	24,41	26,45	28,48	30,52	32,55	34,59	36,62	38,66	40,69	42,73	44,76	46,79	48,83	50,86	52,90	54,93	56,97	59,00	61,04	
	\$19,413	9,57	11,48	13,40	15,31	17,23	19,14	21,06	22,97	24,88	26,80	28,71	30,63	32,54	34,45	36,37	38,28	40,20	42,11	44,03	45,94	47,85	49,77	51,68	53,60	55,51	57,42	
	\$20,410	9,03	10,83	12,64	14,44	16,25	18,06	19,86	21,67	23,47	25,28	27,08	28,89	30,69	32,50	34,31	36,11	37,92	39,72	41,53	43,33	45,14	46,94	48,75	50,56	52,36	54,17	
	\$21,408	8,54	10,24	11,95	13,66	15,36	17,07	18,78	20,48	22,19	23,90	25,61	27,31	29,02	30,73	32,43	34,14	35,85	37,56	39,26	40,97	42,68	44,38	46,09	47,80	49,50	51,21	
	\$22,405	8,09	9,70	11,32	12,94	14,56	16,17	17,79	19,41	21,03	22,64	24,26	25,88	27,49	29,11	30,73	32,35	33,96	35,58	37,20	38,82	40,43	42,05	43,67	45,29	46,90	48,52	
	\$23,402	7,68	9,21	10,75	12,28	13,82	15,35	16,89	18,42	19,96	21,49	23,03	24,56	26,10	27,63	29,17	30,71	32,24	33,78	35,31	36,85	38,38	39,92	41,45	42,99	44,52	46,06	
	\$24,459	7,30	8,76	10,22	11,68	13,14	14,60	16,06	17,52	18,98	20,44	21,90	23,36	24,82	26,28	27,74	29,20	30,66	32,12	33,58	35,05	36,51	37,97	39,43	40,89	42,35	43,81	
	\$25,515	6,96	8,35	9,74	11,13	12,52	13,91	15,31	16,70	18,09	19,48	20,87	22,26	23,65	25,04	26,44	27,83	29,22	30,61	32,00	33,39	34,78	36,18	37,57	38,96	40,35	41,74	
	\$26,572	6,64	7,97	9,30	10,62	11,95	13,28	14,61	15,94	17,26	18,59	19,92	21,25	22,58	23,90	25,23	26,56	27,89	29,22	30,54	31,87	33,20	34,53	35,86	37,18	38,51	39,84	
\$27,629	6,35	7,62	8,89	10,16	11,43	12,69	13,96	15,23	16,50	17,77	19,04	20,31	21,58	22,85	24,12	25,39	26,66	27,93	29,20	30,47	31,74	33,01	34,28	35,55	36,82	38,08		
\$28,685	6,08	7,29	8,51	9,72	10,94	12,15	13,37	14,58	15,80	17,01	18,23	19,44	20,66	21,88	23,09	24,31	25,52	26,74	27,95	29,17	30,38	31,60	32,81	34,03	35,24	36,46		
20S	\$29,742	5,82	6,99	8,15	9,32	10,48	11,65	12,81	13,98	15,14	16,31	17,47	18,64	19,80	20,97	22,13	23,30	24,46	25,63	26,79	27,96	29,12	30,29	31,45	32,62	33,78	34,95	
	\$30,445	5,66	6,79	7,93	9,06	10,19	11,32	12,46	13,59	14,72	15,85	16,99	18,12	19,25	20,38	21,52	22,65	23,78	24,91	26,04	27,18	28,31	29,44	30,57	31,71	32,84	33,97	
	\$31,148	5,51	6,61	7,71	8,81	9,91	11,01	12,11	13,22	14,32	15,42	16,52	17,62	18,72	19,82	20,92	22,03	23,13	24,23	25,33	26,43	27,53	28,63	29,73	30,84	31,94	33,04	
	\$31,851	5,36	6,43	7,50	8,57	9,64	10,72	11,79	12,86	13,93	15,00	16,07	17,15	18,22	19,29	20,36	21,43	22,50	23,57	24,65	25,72	26,79	27,86	28,93	30,00	31,08	32,15	
	\$32,554	5,22	6,26	7,30	8,35	9,39	10,43	11,47	12,52	13,56	14,60	15,65	16,69	17,73	18,78	19,82	20,86	21,91	22,95	23,99	25,04	26,08	27,12	28,17	29,21	30,25	31,29	
	\$33,257	5,08	6,10	7,11	8,13	9,14	10,16	11,18	12,19	13,21	14,22	15,24	16,25	17,27	18,29	19,30	20,32	21,33	22,35	23,37	24,38	25,40	26,41	27,43	28,45	29,46	30,48	
	\$33,960	4,95	5,94	6,93	7,92	8,91	9,90	10,89	11,88	12,87	13,86	14,85	15,84	16,83	17,82	18,81	19,80	20,79	21,78	22,77	23,76	24,75	25,74	26,73	27,72	28,70	29,69	
	30S	\$23,402	7,68	9,21	10,75	12,28	13,82	15,35	16,89	18,42	19,96	21,49	23,03	24,56	26,10	27,63	29,17	30,71	32,24	33,78	35,31	36,85	38,38	39,92	41,45	42,99	44,52	46,06
		\$24,459	7,30	8,76	10,22	11,68	13,14	14,60	16,06	17,52	18,98	20,44	21,90	23,36	24,82	26,28	27,74	29,20	30,66	32,12	33,58	35,05	36,51	37,97	39,43	40,89	42,35	43,81
		\$25,515	6,96	8,35	9,74	11,13	12,52	13,91	15,31	16,70	18,09	19,48	20,87	22,26	23,65	25,04	26,44	27,83	29,22	30,61	32,00	33,39	34,78	36,18	37,57	38,96	40,35	41,74
\$26,572		6,64	7,97	9,30	10,62	11,95	13,28	14,61	15,94	17,26	18,59	19,92	21,25	22,58	23,90	25,23	26,56	27,89	29,22	30,54	31,87	33,20	34,53	35,86	37,18	38,51	39,84	
\$27,629		6,35	7,62	8,89	10,16	11,43	12,69	13,96	15,23	16,50	17,77	19,04	20,31	21,58	22,85	24,12	25,39	26,66	27,93	29,20	30,47	31,74	33,01	34,28	35,55	36,82	38,08	
\$28,685		6,08	7,29	8,51	9,72	10,94	12,15	13,37	14,58	15,80	17,01	18,23	19,44	20,66	21,88	23,09	24,31	25,52	26,74	27,95	29,17	30,38	31,60	32,81	34,03	35,24	36,46	
\$29,742		5,82	6,99	8,15	9,32	10,48	11,65	12,81	13,98	15,14	16,31	17,47	18,64	19,80	20,97	22,13	23,30	24,46	25,63	26,79	27,96	29,12	30,29	31,45	32,62	33,78	34,95	
\$30,445		5,66	6,79	7,93	9,06	10,19	11,32	12,46	13,59	14,72	15,85	16,99	18,12	19,25	20,38	21,52	22,65	23,78	24,91	26,04	27,18	28,31	29,44	30,57	31,71	32,84	33,97	
\$31,148		5,51	6,61	7,71	8,81	9,91	11,01	12,11	13,22	14,32	15,42	16,52	17,62	18,72	19,82	20,92	22,03	23,13	24,23	25,33	26,43	27,53	28,63	29,73	30,84	31,94	33,04	
\$31,851		5,36	6,43	7,50	8,57	9,64	10,72	11,79	12,86	13,93	15,00	16,07	17,15	18,22	19,29	20,36	21,43	22,50	23,57	24,65	25,72	26,79	27,86	28,93	30,00	31,08	32,15	
\$32,554	5,22	6,26	7,30	8,35	9,39	10,43	11,47	12,52	13,56	14,60	15,65	16,69	17,73	18,78	19,82	20,86	21,91	22,95	23,99	25,04	26,08	27,12	28,17	29,21	30,25	31,29		
\$33,257	5,08	6,10	7,11	8,13	9,14	10,16	11,18	12,19	13,21	14,22	15,24	16,25	17,27	18,29	19,30	20,32	21,33	22,35	23,37	24,38	25,40	26,41	27,43	28,45	29,46	30,48		
\$33,960	4,95	5,94	6,93	7,92	8,91	9,90	10,89	11,88	12,87	13,86	14,85	15,84	16,83	17,82	18,81	19,80	20,79	21,78	22,77	23,76	24,75	25,74	26,73	27,72	28,70	29,69		

Receita de geração de energia pelo vidro

Combinação das fachadas Norte e Oeste comparada com o vidro refletivo

		Diferença de preço/m ²																									
		\$50	\$60	\$70	\$80	\$90	\$100	\$110	\$120	\$130	\$140	\$150	\$160	\$170	\$180	\$190	\$200	\$210	\$220	\$230	\$240	\$250	\$260	\$270	\$280	\$290	\$300
40S	\$17,439	13,87	16,64	19,42	22,19	24,96	27,74	30,51	33,28	36,06	38,83	41,61	44,38	47,15	49,93	52,70	55,47	58,25	61,02	63,80	66,57	69,34	72,12	74,89	77,66	80,44	83,21
	\$18,438	13,01	15,61	18,21	20,82	23,42	26,02	28,62	31,22	33,83	36,43	39,03	41,63	44,23	46,84	49,44	52,04	54,64	57,24	59,85	62,45	65,05	67,65	70,25	72,86	75,46	78,06
	\$19,438	12,24	14,69	17,14	19,58	22,03	24,48	26,93	29,38	31,82	34,27	36,72	39,17	41,62	44,06	46,51	48,96	51,41	53,86	56,30	58,75	61,20	63,65	66,09	68,54	70,99	73,44
	\$20,437	11,54	13,85	16,16	18,47	20,78	23,09	25,40	27,71	30,02	32,33	34,63	36,94	39,25	41,56	43,87	46,18	48,49	50,80	53,11	55,42	57,72	60,03	62,34	64,65	66,96	69,27
	\$21,437	10,91	13,10	15,28	17,46	19,65	21,83	24,01	26,20	28,38	30,56	32,74	34,93	37,11	39,29	41,48	43,66	45,84	48,02	50,21	52,39	54,57	56,76	58,94	61,12	63,31	65,49
	\$22,436	10,34	12,41	14,48	16,55	18,61	20,68	22,75	24,82	26,89	28,95	31,02	33,09	35,16	37,23	39,29	41,36	43,43	45,50	47,57	49,64	51,70	53,77	55,84	57,91	59,98	62,04
	\$23,435	9,82	11,78	13,74	15,70	17,67	19,63	21,59	23,56	25,52	27,48	29,45	31,41	33,37	35,34	37,30	39,26	41,23	43,19	45,15	47,11	49,08	51,04	53,00	54,97	56,93	58,89
	\$24,495	9,34	11,20	13,07	14,94	16,80	18,67	20,54	22,40	24,27	26,14	28,01	29,87	31,74	33,61	35,47	37,34	39,21	41,08	42,94	44,81	46,68	48,54	50,41	52,28	54,14	56,01
	\$25,564	8,89	10,67	12,45	14,23	16,01	17,79	19,57	21,35	23,13	24,91	26,68	28,46	30,24	32,02	33,80	35,58	37,36	39,14	40,92	42,69	44,47	46,25	48,03	49,81	51,59	53,37
	\$26,613	8,49	10,19	11,89	13,58	15,28	16,98	18,68	20,37	22,07	23,77	25,47	27,17	28,86	30,56	32,26	33,96	35,66	37,35	39,05	40,75	42,45	44,14	45,84	47,54	49,24	50,94
\$27,673	8,11	9,74	11,36	12,98	14,61	16,23	17,85	19,48	21,10	22,72	24,34	25,97	27,59	29,21	30,84	32,46	34,08	35,71	37,33	38,95	40,57	42,20	43,82	45,44	47,07	48,69	
20S	\$28,732	7,77	9,32	10,88	12,43	13,98	15,54	17,09	18,64	20,20	21,75	23,30	24,86	26,41	27,97	29,52	31,07	32,63	34,18	35,73	37,29	38,84	40,39	41,95	43,50	45,06	46,61
	\$29,791	7,45	8,94	10,42	11,91	13,40	14,89	16,38	17,87	19,36	20,85	22,34	23,83	25,32	26,81	28,29	29,78	31,27	32,76	34,25	35,74	37,23	38,72	40,21	41,70	43,19	44,68
	\$30,495	7,24	8,69	10,13	11,58	13,03	14,48	15,92	17,37	18,82	20,27	21,71	23,16	24,61	26,06	27,50	28,95	30,40	31,85	33,29	34,74	36,19	37,64	39,09	40,53	41,98	43,43
	\$31,199	7,04	8,45	9,86	11,26	12,67	14,08	15,49	16,89	18,30	19,71	21,12	22,53	23,93	25,34	26,75	28,16	29,57	30,97	32,38	33,79	35,20	36,60	38,01	39,42	40,83	42,24
10S	\$31,904	6,85	8,22	9,59	10,96	12,33	13,70	15,07	16,44	17,81	19,18	20,55	21,92	23,29	24,66	26,03	27,40	28,77	30,14	31,51	32,88	34,25	35,62	36,99	38,36	39,73	41,10
	\$32,608	6,67	8,00	9,33	10,67	12,00	13,34	14,67	16,00	17,34	18,67	20,00	21,34	22,67	24,00	25,34	26,67	28,00	29,34	30,67	32,00	33,34	34,67	36,01	37,34	38,67	40,01
	\$33,312	6,49	7,79	9,09	10,39	11,69	12,99	14,29	15,58	16,88	18,18	19,48	20,78	22,08	23,38	24,68	25,97	27,27	28,57	29,87	31,17	32,47	33,77	35,07	36,36	37,66	38,96
	\$34,016	6,33	7,59	8,86	10,12	11,39	12,65	13,92	15,18	16,45	17,72	18,98	20,25	21,51	22,78	24,04	25,31	26,57	27,84	29,10	30,37	31,63	32,90	34,17	35,43	36,70	37,96

Receita de geração de energia pelo vidro

Combinação das fachadas Norte, Leste e Oeste comparada com o vidro refletivo

		Diferença de preço/m ²																													
		\$50	\$60	\$70	\$80	\$90	\$100	\$110	\$120	\$130	\$140	\$150	\$160	\$170	\$180	\$190	\$200	\$210	\$220	\$230	\$240	\$250	\$260	\$270	\$280	\$290	\$300				
40S	\$25,226	14.06	16.87	19.69	22.50	25.31	28.12	30.94	33.75	36.56	39.37	42.18	45.00	47.81	50.62	53.43	56.25	59.06	61.87	64.68	67.49	70.31	73.12	75.93	78.74	81.56	84.37				
	\$26,681	13.19	15.82	18.46	21.10	23.74	26.37	29.01	31.65	34.29	36.92	39.56	42.20	44.83	47.47	50.11	52.75	55.38	58.02	60.66	63.30	65.93	68.57	71.21	73.84	76.48	79.12				
	\$28,135	12.40	14.88	17.36	19.84	22.32	24.80	27.28	29.77	32.25	34.73	37.21	39.69	42.17	44.65	47.13	49.61	52.09	54.57	57.05	59.53	62.01	64.49	66.97	69.45	71.93	74.41				
	\$29,590	11.69	14.03	16.37	18.71	21.05	23.39	25.73	28.07	30.41	32.75	35.08	37.42	39.76	42.10	44.44	46.78	49.12	51.46	53.80	56.14	58.47	60.81	63.15	65.49	67.83	70.17				
	\$31,044	11.05	13.26	15.48	17.69	19.90	22.11	24.32	26.53	28.74	30.95	33.16	35.37	37.58	39.79	42.00	44.22	46.43	48.64	50.85	53.06	55.27	57.48	59.69	61.90	64.11	66.32				
	\$32,499	10.47	12.56	14.66	16.75	18.85	20.94	23.03	25.13	27.22	29.32	31.41	33.50	35.60	37.69	39.79	41.88	43.98	46.07	48.16	50.26	52.35	54.45	56.54	58.63	60.73	62.82				
	\$33,953	9.94	11.92	13.91	15.90	17.89	19.87	21.86	23.85	25.84	27.82	29.81	31.80	33.78	35.77	37.76	39.75	41.73	43.72	45.71	47.70	49.68	51.67	53.66	55.65	57.63	59.62				
	\$35,476	9.45	11.34	13.23	15.13	17.02	18.91	20.80	22.69	24.58	26.47	28.36	30.25	32.14	34.03	35.92	37.81	39.70	41.60	43.49	45.38	47.27	49.16	51.05	52.94	54.83	56.72				
	\$36,999	9.01	10.81	12.61	14.42	16.22	18.02	19.82	21.62	23.43	25.23	27.03	28.83	30.63	32.44	34.24	36.04	37.84	39.64	41.45	43.25	45.05	46.85	48.66	50.46	52.26	54.06				
	\$38,522	8.60	10.32	12.04	13.76	15.48	17.20	18.92	20.64	22.36	24.09	25.81	27.53	29.25	30.97	32.69	34.41	36.13	37.85	39.57	41.29	43.01	44.73	46.45	48.17	49.89	51.61				
	\$40,045	8.22	9.87	11.51	13.16	14.80	16.45	18.09	19.74	21.38	23.03	24.67	26.32	27.96	29.61	31.25	32.90	34.54	36.19	37.83	39.48	41.12	42.77	44.41	46.06	47.70	49.35				
	\$41,568	7.88	9.45	11.03	12.60	14.18	15.75	17.33	18.90	20.48	22.05	23.63	25.20	26.78	28.35	29.93	31.50	33.08	34.65	36.23	37.80	39.38	40.95	42.53	44.10	45.68	47.25				
20S	\$43,091	7.55	9.06	10.57	12.08	13.59	15.10	16.61	18.12	19.63	21.14	22.65	24.16	25.67	27.18	28.69	30.20	31.71	33.22	34.73	36.24	37.75	39.26	40.77	42.28	43.79	45.30				
	\$44,114	7.34	8.81	10.27	11.74	13.21	14.68	16.14	17.61	19.08	20.55	22.02	23.48	24.95	26.42	27.89	29.35	30.82	32.29	33.76	35.22	36.69	38.16	39.63	41.10	42.56	44.03				
	\$45,138	7.14	8.56	9.99	11.42	12.85	14.27	15.70	17.13	18.55	19.98	21.41	22.84	24.26	25.69	27.12	28.54	29.97	31.40	32.83	34.25	35.68	37.11	38.54	39.96	41.39	42.82				
	\$46,161	6.94	8.33	9.72	11.11	12.50	13.89	15.27	16.66	18.05	19.44	20.83	22.22	23.61	24.99	26.38	27.77	29.16	30.55	31.94	33.33	34.72	36.10	37.49	38.88	40.27	41.66				
	\$47,184	6.76	8.11	9.46	10.81	12.16	13.52	14.87	16.22	17.57	18.92	20.27	21.63	22.98	24.33	25.68	27.03	28.38	29.74	31.09	32.44	33.79	35.14	36.49	37.85	39.20	40.55				
	\$48,207	6.58	7.90	9.21	10.53	11.85	13.16	14.48	15.79	17.11	18.43	19.74	21.06	22.38	23.69	25.01	26.32	27.64	28.96	30.27	31.59	32.91	34.22	35.54	36.85	38.17	39.49				
10S	\$49,231	6.41	7.69	8.98	10.26	11.54	12.82	14.11	15.39	16.67	17.95	19.23	20.52	21.80	23.08	24.36	25.65	26.93	28.21	29.49	30.78	32.06	33.34	34.62	35.91	37.19	38.47				

Receita de geração de energia pelo vidro

Combinação das fachadas Norte, Leste e Oeste comparada com o vidro claro

		Diferença de preço/m²																									
		\$50	\$60	\$70	\$80	\$90	\$100	\$110	\$120	\$130	\$140	\$150	\$160	\$170	\$180	\$190	\$200	\$210	\$220	\$230	\$240	\$250	\$260	\$270	\$280	\$290	\$300
40S	\$25,226	10,98	13,18	15,37	17,57	19,77	21,96	24,16	26,35	28,55	30,75	32,94	35,14	37,34	39,53	41,73	43,92	46,12	48,32	50,51	52,71	54,91	57,10	59,30	61,49	63,69	65,89
	\$26,681	10,30	12,36	14,42	16,48	18,54	20,60	22,66	24,72	26,77	28,83	30,89	32,95	35,01	37,07	39,13	41,19	43,25	45,31	47,37	49,43	51,49	53,55	55,61	57,67	59,73	61,79
	\$28,135	9,69	11,62	13,56	15,50	17,43	19,37	21,31	23,25	25,18	27,12	29,06	30,99	32,93	34,87	36,80	38,74	40,68	42,62	44,55	46,49	48,43	50,36	52,30	54,24	56,18	58,11
	\$29,590	9,13	10,96	12,79	14,61	16,44	18,27	20,09	21,92	23,75	25,57	27,40	29,23	31,05	32,88	34,71	36,53	38,36	40,19	42,01	43,84	45,67	47,49	49,32	51,15	52,97	54,80
	\$31,044	8,63	10,36	12,09	13,81	15,54	17,27	18,99	20,72	22,44	24,17	25,90	27,62	29,35	31,08	32,80	34,53	36,26	37,98	39,71	41,44	43,16	44,89	46,62	48,34	50,07	51,80
	\$32,499	8,18	9,81	11,45	13,08	14,72	16,35	17,99	19,62	21,26	22,89	24,53	26,17	27,80	29,44	31,07	32,71	34,34	35,98	37,61	39,25	40,88	42,52	44,15	45,79	47,43	49,06
	\$33,953	7,76	9,31	10,86	12,42	13,97	15,52	17,07	18,62	20,18	21,73	23,28	24,83	26,38	27,94	29,49	31,04	32,59	34,14	35,70	37,25	38,80	40,35	41,90	43,46	45,01	46,56
	\$35,476	7,38	8,86	10,34	11,81	13,29	14,77	16,24	17,72	19,20	20,67	22,15	23,62	25,10	26,58	28,05	29,53	31,01	32,48	33,96	35,44	36,91	38,39	39,87	41,34	42,82	44,30
	\$36,999	7,04	8,44	9,85	11,26	12,67	14,07	15,48	16,89	18,29	19,70	21,11	22,52	23,92	25,33	26,74	28,15	29,55	30,96	32,37	33,78	35,18	36,59	38,00	39,40	40,81	42,22
	\$38,522	6,72	8,06	9,40	10,75	12,09	13,44	14,78	16,12	17,47	18,81	20,15	21,50	22,84	24,18	25,53	26,87	28,21	29,56	30,90	32,24	33,59	34,93	36,28	37,62	38,96	40,31
\$40,045	6,42	7,71	8,99	10,28	11,56	12,85	14,13	15,42	16,70	17,98	19,27	20,55	21,84	23,12	24,41	25,69	26,98	28,26	29,55	30,83	32,12	33,40	34,68	35,97	37,25	38,54	
20S	\$41,568	6,15	7,38	8,61	9,84	11,07	12,30	13,53	14,76	15,99	17,22	18,45	19,68	20,91	22,14	23,37	24,60	25,83	27,06	28,29	29,52	30,75	31,98	33,21	34,44	35,67	36,90
	\$43,091	5,90	7,08	8,25	9,43	10,61	11,79	12,97	14,15	15,33	16,51	17,69	18,87	20,05	21,23	22,41	23,59	24,76	25,94	27,12	28,30	29,48	30,66	31,84	33,02	34,20	35,38
	\$44,114	5,73	6,88	8,02	9,17	10,32	11,46	12,61	13,75	14,90	16,05	17,19	18,34	19,49	20,63	21,78	22,92	24,07	25,22	26,36	27,51	28,65	29,80	30,95	32,09	33,24	34,39
	\$45,138	5,57	6,69	7,80	8,92	10,03	11,15	12,26	13,38	14,49	15,60	16,72	17,83	18,95	20,06	21,18	22,29	23,41	24,52	25,64	26,75	27,87	28,98	30,09	31,21	32,32	33,44
	\$46,161	5,42	6,51	7,59	8,68	9,76	10,84	11,93	13,01	14,10	15,18	16,27	17,35	18,44	19,52	20,60	21,69	22,77	23,86	24,94	26,03	27,11	28,20	29,28	30,36	31,45	32,53
10S	\$47,184	5,28	6,33	7,39	8,44	9,50	10,56	11,61	12,67	13,72	14,78	15,83	16,89	17,94	19,00	20,06	21,11	22,17	23,22	24,28	25,33	26,39	27,44	28,50	29,56	30,61	31,67
	\$48,207	5,14	6,17	7,20	8,22	9,25	10,28	11,31	12,34	13,36	14,39	15,42	16,45	17,47	18,50	19,53	20,56	21,59	22,61	23,64	24,67	25,70	26,73	27,75	28,78	29,81	30,84
	\$49,231	5,01	6,01	7,01	8,01	9,01	10,01	11,02	12,02	13,02	14,02	15,02	16,02	17,02	18,03	19,03	20,03	21,03	22,03	23,03	24,03	25,04	26,04	27,04	28,04	29,04	30,04

Receita de geração de energia pelo vidro