



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA.
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DA
INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM
RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES EM SC**

ANDRIGO FILIPPO GONÇALVES ANTONIOLLI

Florianópolis – 2012

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DA INTEGRAÇÃO DE
SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES
EM SC**

ANDRIGO FILIPPO GONÇALVES ANTONIOLLI

RICARDO RÜTHER, PhD
PROFESSOR ORIENTADOR

**Trabalho de conclusão de curso
submetido à Universidade Federal
de Santa Catarina como parte dos
requisitos para a obtenção do
título de Engenheiro Civil.**

ANDRIGO FILIPPO GONÇALVES ANTONIOLLI

AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DA INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES EM SC

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro, e aprovado em sua forma final de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 28 de junho de 2012.

Prof. Glicério Triches, Dr.
Coordenador do Curso

Prof. Ricardo Rütther, PhD
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Banca Examinadora:

Prof. Trajano de Souza Viana, Dr.
Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca / RJ

Prof. Luis Alberto Gómez, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar meu caminho e me dar forças para seguir sempre em frente.

Aos familiares, especialmente aos pais, pelo amor e paciência, principalmente nos últimos meses da faculdade, pelo incentivo e apoio nos momentos de desânimo. Sem eles, teria sido muito difícil chegar até aqui.

A minha irmã Mabiane, pelo companheirismo durante este período de estudos longe de casa.

Meus amigos e colegas da universidade, em especial aqueles que sempre estiveram do meu lado, desde as melhores festa as piores provas e maratonas de estudo. Aos que sempre acreditam em mim seja eles onde estiverem, meu muito obrigado.

À turma de 2007/2 pelo companheirismo, apoio e por todos os momentos felizes que passamos juntos. Já sinto certa nostalgia.

Ao Professor Ricardo Rütther, pela disponibilidade, orientação precisa e liberdade na condução deste trabalho. Também pela oportunidade de participar da equipe do LabEEE e Labsolar durante este semestre.

A oportunidade de ser membro da equipe ÉkoHouse junto ao departamento de arquitetura, no qual posso acompanhar o projeto de painéis fotovoltaicos da casa. Me proporcionou um novo conhecimento no qual não está incluso ao longo do currículo da minha graduação.

Ao longo do trabalho enfrentei várias dificuldades, nas quais grande parte superei por estar em constante aprendizado junto das equipes e de meu orientador. Meu muito obrigado pela oportunidade.

Desde já, agradeço aos professores que aceitaram o convite para participar da banca examinadora.

“Tente mover o mundo - o primeiro passo será mover a si mesmo”

Platão, 428 a.C. - 347 a.C.

RESUMO

Com o crescimento da tecnologia de geração fotovoltaica, adotou-se como tema deste trabalho a implantação de sistemas em residências unifamiliares. O objetivo é verificar a viabilidade de instalação de tecnologias fotovoltaicas em diferentes arquiteturas de telhados em residências do estado de Santa Catarina. Para o mesmo, foi feito um levantamento de dados reais em residências localizadas em diferentes regiões do estado, coletando informações sobre contas de energia elétrica, projeto arquitetônico, coordenadas e inclinação do telhado. Estudando o banco de dados encontrou-se uma demanda média anual de cada casa, e com isso verificou-se a potência necessária que o sistema deve ter e se as diferentes arquiteturas de telhado serão capazes de atender a área necessária que o sistema exige. Em questões financeiras, criaram-se três cenários diferentes para análise, nos quais foram calculados o custo inicial de investimento e a taxa anual de manutenção, fixou-se um tempo de 25 anos para calcular o valor presente líquido. Foram analisados os *paybacks* e *paybacks* descontados de cada amostra, o que permitiu concluir se o sistema é ou não economicamente atraente para cada uma das residências.

Palavras-chave: Tecnologia fotovoltaica, recurso renovável, sustentabilidade.

ABSTRACT

With the growth of technology of the photovoltaic generation, the idea of this project was to embrace and implant the system in uni family residences. The objective is to verify the availability to install the photovoltaic technologies in different types of roof architectures in the state of Santa Catarina. In order to do that, a survey was made with real data collected by information of the electricity bill, the architectural Project, coordinates and inclination of the roof in different parts of the state. After a study of the data basis, an annual demand of each house was made, and was confirmed that in that area there was the necessary power that the photovoltaic system should have, and that the different roof architectures are going to be able to support the needed size that the system requires. In matter of financial issues, three different profiles were made for analisis. The inicial cost of primary investing and the price of maintenence, was fixed as a 25 year timing to calculate the actual value after the paybacks and paybacks of each sample. The coclusion of this is that the system is both good and bad economically.

Keywords: Photovoltaic technology, renewable resource, sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Órbita da Terra em torno do Sol, com seu eixo N-S inclinado de um ângulo de 23,5°	18
Figura 2 - Variação da posição do sol com as estações do ano	19
Figura 3 - Representação das estações do ano e do movimento da Terra em torno do Sol	20
Figura 4 – Diagrama simbólico dos processos de interação da radiação solar com a atmosfera terrestre	23
Figura 5 - sistema solar fotovoltaico isolado	24
Figura 6 - sistema solar fotovoltaico híbrido	26
Figura 7 - sistema solar fotovoltaico conectado à rede	26
Figura 8 - estrutura de uma célula monocristalina	27
Figura 9 - estrutura de uma célula multicristalina	28
Figura 10 - estrutura de uma célula de silício amorfo	29
Figura 11 - Filme fino sobre um substrato plástico	29
Figura 12 - Fluxograma de atividades do estudo de caso	36
Figura 13 - Interface inicial do programa Radiasol. Em realce, os valores de entrada para os cálculos	40
Figura 14 - Segunda interface do Radiasol 1	40
Figura 15 - Planta de cobertura CASA 01	46
Figura 16 – Fachada da CASA 01	47
Figura 17 - Planta de cobertura CASA 02	48
Figura 18 – Fachada da CASA 02	49
Figura 19 - Planta de cobertura CASA 03	50
Figura 20 – Fachada da CASA 03	51
Figura 21 - Planta de cobertura CASA 04	52
Figura 22 – Fachada da CASA 04	53
Figura 23 - Planta de cobertura CASA 05	54
Figura 24 – Fachada da CASA 05	55
Figura 25 - Planta de cobertura CASA 06	56
Figura 26 – Fachada da CASA 06	57
Figura 27 - Planta de cobertura CASA 07	58
Figura 28 – Fachada da CASA 07	59
Figura 29 - Planta de cobertura CASA 08	60
Figura 30 – Fachada da CASA 08	61
Figura 31 - Planta de cobertura CASA 09	62
Figura 32 – Fachada da CASA 09	63
Figura 33 - Planta de cobertura CASA 10	64

Figura 34 – Fachada da CASA 10	65
Figura 35 - Planta de cobertura CASA 11	66
Figura 36 – Fachada da CASA 11	67
Figura 37 - Planta de cobertura CASA 12	68
Figura 38 – Fachada da CASA 12	69
Figura 39 - Planta de cobertura CASA 13	70
Figura 40 – Fachada da CASA 13	71
Figura 41 - Planta de cobertura CASA 14	72
Figura 41 – Fachada da CASA 14	73
Figura 43 - Planta de cobertura CASA 15	74
Figura 44 – Fachada da CASA 15	75
Figura 45 - Planta de cobertura CASA 16	76
Figura 46 – Fachada da CASA 16	77
Figura 47 - Planta de cobertura CASA 17	78
Figura 48 – Fachada da CASA 17	79
Figura 49 - Planta de cobertura CASA 18	80
Figura 50 – Fachada da CASA 18	81
Figura 51 - Planta de cobertura CASA 19	82
Figura 52 – Fachada da CASA 19	83
Figura 53 - Planta de cobertura CASA 20	84
Figura 54 – Fachada da CASA 20	85

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – (a) Irradiação média anual e (b) Variabilidade mensal da irradiação anual	21
Gráfico 2 – Os dez maiores mercados de energia solar fotovoltaica	31
Gráfico 3 - Mercado mundial, potência total acumulada e potência total instalada	32
Gráfico 4 - Comparativo entre produção de energia eólica e solar na Alemanha	33
Gráfico 5 – Evolução da área de coletores solares instalados no Brasil entre 2001 e 2010	34
Gráfico 6 - Análise entre consumo de energia elétrica e geração de energia fotovoltaica para CASA 01	47
Gráfico 7 - Análise entre consumo de energia elétrica e geração de energia fotovoltaica para CASA 02	49
Gráfico 08 - Análise entre consumo de energia elétrica e geração de energia fotovoltaica para CASA 03	51
Gráfico 09 - Análise entre consumo de energia elétrica e geração de energia fotovoltaica para CASA 04	53
Gráfico 10 - Análise entre consumo de energia elétrica e geração de energia fotovoltaica para CASA 05	55
Gráfico 11 - Análise entre consumo de energia elétrica e geração de energia fotovoltaica para CASA 06	57
Gráfico 12 - Análise entre consumo de energia elétrica e geração de energia fotovoltaica para CASA 07	59
Gráfico 13 - Análise entre consumo de energia elétrica e geração de energia fotovoltaica para CASA 08	61
Gráfico 14 - Análise entre consumo de energia elétrica e geração de energia fotovoltaica para CASA 09	63
Gráfico 15 - Análise entre consumo de energia elétrica e geração de energia fotovoltaica para CASA 10	65
Gráfico 16 - Análise entre consumo de energia elétrica e geração de energia fotovoltaica para CASA 11	67
Gráfico 17 - Análise entre consumo de energia elétrica e geração de energia fotovoltaica para CASA 12	69
Gráfico 18 - Análise entre consumo de energia elétrica e geração de energia fotovoltaica para CASA 13	71
Gráfico 19 - Análise entre consumo de energia elétrica e geração de energia fotovoltaica para CASA 14	73
Gráfico 20 - Análise entre consumo de energia elétrica e geração de energia fotovoltaica para CASA 15	75

Gráfico 21 - Análise entre consumo de energia elétrica e geração de energia fotovoltaica para CASA 16	77
Gráfico 22 - Análise entre consumo de energia elétrica e geração de energia fotovoltaica para CASA 17	79
Gráfico 23 - Análise entre consumo de energia elétrica e geração de energia fotovoltaica para CASA 18	81
Gráfico 24 - Análise entre consumo de energia elétrica e geração de energia fotovoltaica para CASA 19	83
Gráfico 25 - Análise entre consumo de energia elétrica e geração de energia fotovoltaica para CASA 20	85
Gráfico 26 - Área necessária de telhado para a instalação do sistema FV das 20 residências comparando 3 tecnologias diferentes	87
Gráfico 27 - Capacidade de instalação das diferentes tecnologias Mono, Policristalina e Filme Fino nas 20 residências	87
Gráfico 28 - Total anual consumido X total anual de geração estimada para cada casa	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção Solar Fotovoltaica até 2011	32
Tabela 2 – Histórico de 12 meses de consumo das 20 residências	37
Tabela 3 - Consumo diário de cada residência	38
Tabela 4 - Pontos próximos às coordenadas de Curitiba com valores mensais de radiação global em Wh/m ²	39
Tabela 5 – Médias anuais do total diário de radiação solar	41
Tabela 6 - Resultados de potência nominal para cada residência	41
Tabela 7 - Módulos Fotovoltaicos adotados para o trabalho	42
Tabela 8 – Custo fixado para cada cenário	44
Tabela 9 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 01	47
Tabela 10 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 02	49
Tabela 11 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 03	51
Tabela 12 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 04	53
Tabela 13 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 05	55
Tabela 14 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 06	57
Tabela 15 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 07	59
Tabela 16 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 08	61
Tabela 17 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 09	63
Tabela 18 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 10	65
Tabela 19 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 11	67
Tabela 20 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 12	69
Tabela 21 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 13	71
Tabela 22 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 14	73
Tabela 23 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 15	75
Tabela 24 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 16	77
Tabela 25 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 17	79
Tabela 26 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 18	81
Tabela 27 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 19	83
Tabela 28 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 20	85
Tabela 29 - Resumo com os resultados das análises econômicas de cada residência	90
Tabela 30 - Resumo com os resultados das análises econômicas de cada residência	91
Tabela 31 - Resumo com os resultados das análises econômicas de cada residência	92
Tabela 32 - Média do <i>Payback</i> descontado das vinte residências para cada cenário	93

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES	14
1.2	OBJETIVOS	16
1.2.1	Objetivo Geral	16
1.2.2	Objetivos Específicos	16
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	RADIAÇÃO SOLAR	18
2.1.1	Espectro solar, constante solar e distribuição da insolação no topo da atmosfera.....	19
2.1.2	Instrumentos de medição	21
2.2	TRANSFERÊNCIA RADIATIVA	21
2.3	FONTES ALTERNATIVAS PROVINDAS DO SOL	23
2.3.1	Energia Fotovoltaica	24
2.3.1.1	<i>Sistemas Fotovoltaicos</i>	26
2.3.1.2	<i>Células Fotovoltaicas</i>	27
2.4	FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS	28
2.5	A IMPORTÂNCIA DE INCENTIVOS E PROGRAMAS GOVERNAMENTAIS.....	29
2.5.1	Regras nacionais para energia alternativa	30
2.6	DADOS DE MERCADO	31
2.6.1	Módulos Fotovoltaicos	32
2.6.1.1	<i>Situação da energia solar na atualidade</i>	33
2.6.2	Coletores solares	34
2.7	Considerações finais	35
3	MÉTODO	36
3.1	COLETA E LEVANTAMENTO DE DADOS	37
3.2	DEMANDA DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	37
3.3	POTÊNCIA NECESSÁRIA PARA INSTALAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO	38
3.4	ÁREA NECESSÁRIA DE PAINÉIS	42
3.4.1	Técnicas de módulos adotada	42
3.5	CONSUMO x GERAÇÃO	42
3.6	LEVANTAMENTO DE CUSTOS	43
3.6.1	Parâmetros para viabilidade econômica	44
4	RESULTADOS	45
4.1	ANÁLISE GERAL DAS ÁREAS DOS TELHADOS	86
4.2	ANÁLISE GERAL DE CONSUMO X GERAÇÃO	88

4.3	VIABILIDADE ECONÔMICA	90
5	CONCLUSÕES	94
	REFERÊNCIAS	97
	ANEXO A – (Módulo monocristalino)	101
	ANEXO B – (Módulo policristalino)	103
	ANEXO C – (Módulo de filme fino)	105
	ANEXO D – (Questionário)	107

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

Desde a revolução industrial no século XVIII a humanidade começou a usar os combustíveis fósseis com mais intensidade, uma consequência da utilização da máquina a vapor, que tinha como combustível básico o carvão mineral. No século XIX, o petróleo entrou na matriz energética dos países industrializados, de modo que esses dois combustíveis formaram a base energética do mundo de hoje, movimentando aviões, automóveis, navios e gerando a energia elétrica utilizada por grande parte da humanidade através das usinas termelétricas a carvão, óleo diesel e gás natural (VASCONCELLOS & VIDAL, 2004).

No entanto, os combustíveis fósseis não são renováveis. Estimativas apontam que o petróleo teria cerca de 50 anos de disponibilidade nas atuais taxas de consumo e o carvão mineral cerca de 400 anos. Por outro lado, a quantidade de energia necessária para atender a demanda mundial vem aumentando continuamente, pois o crescimento populacional se dá num ritmo exponencial (SEED, 2011). Considerando as taxas atuais de fertilidade, estima-se que a população mundial passará dos atuais 6,5 bilhões para 9 a 12 bilhões em 2050.

Outro fator complicador para o uso dos combustíveis fósseis pelas gerações futuras é o fenômeno do aquecimento global. O uso indiscriminado de combustíveis fósseis nos últimos 300 anos aumentou consideravelmente a concentração de gás carbônico (CO₂) na atmosfera terrestre. O CO₂ é um gás de efeito estufa, que impede a liberação para o espaço da radiação de onda longa (infravermelho), que fica retida na atmosfera e colabora para o aumento da temperatura da Terra (CAMPOS, 2002). O efeito estufa em si não é prejudicial, pois mantém a temperatura média da Terra por volta dos 15°C. No entanto, a emissão de gases poluentes na atmosfera, como o CO₂ e o metano (CH₄), tende a provocar um aumento da temperatura média de até 5°C até o final do século XXI, o que pode gerar uma série de efeitos indesejáveis, como a elevação do nível médio dos oceanos, e conseqüentemente a submersão das regiões costeiras, o que inviabilizaria as regiões agrícolas em todo o planeta, resultando em catástrofes sociais generalizadas, fenômenos climáticos mais severos, etc. (CAMPOS, 2001).

Para contornar esse problema, busca-se mudar urgentemente a matriz energética mundial, reduzindo o uso dos combustíveis fósseis. Neste contexto, as fontes de energias alternativas, como a solar, a biomassa e a eólica, vêm crescendo mundialmente de forma significativa nos últimos 10 anos, impulsionadas pela pressão ambiental que gera mecanismos econômicos de incentivo às fontes alternativas de energia (FANTINELLI, 2002).

A cada dia mais o aproveitamento da energia solar na construção civil apresenta-se como uma alternativa possível, tecnicamente viável e economicamente promissora, com rendimentos e eficiência maiores, fazendo com que o aproveitamento da energia solar se torne uma alternativa competitiva (LOPO, 2010).

A energia solar, além de inesgotável, é uma energia limpa, capaz de reverter os efeitos nocivos criados pelo uso dos combustíveis fósseis, evitando os impactos negativos das grandes centrais de produção de energia (LOPO, 2010). Esta energia pode ser aproveitada tanto como fonte de calor quanto de luz. O calor pode ser utilizado diretamente para aquecimento de ambientes, aquecimento de fluídos ou para geração de energia elétrica. A luz diurna pode ser aproveitada para iluminação natural através de uma arquitetura adaptada para tal (FANTINELLI, 2002).

Na utilização da luz solar para fins de geração de energia elétrica, há o efeito fotovoltaico, que ocorre quando fótons contidos na energia do sol incidem sobre um material semicondutor, tipicamente silício, excitando elétrons e gerando uma corrente elétrica (RÜTHER, 2004). Graças aos progressos tecnológicos já alcançados e em desenvolvimento, principalmente na área de fotovoltaicos, o aproveitamento de energia solar é hoje uma alternativa energética promissora para enfrentar os desafios provocados pela demanda de energia.

Os painéis fotovoltaicos além de gerarem energia elétrica, também podem ser utilizados como parte arquitetônica da edificação, servindo de detalhes em fachadas, telhados, coberturas, entre outras finalidades que variam conforme a criatividade do projetista (RÜTHER, 2004).

No Brasil, ainda é comum o uso de energia elétrica para o aquecimento de água, tanto em torneiras quanto em chuveiros. O consumo excessivo desta energia pode resultar em uma sobrecarga da rede elétrica, fato já recorrente nos dias de hoje. O povo brasileiro costuma passar o dia fora de casa e retorna à noite, por volta das 19 horas, provável horário de banho. No período desta atividade o chuveiro elétrico se torna responsável pelo horário de pico, pois esse possui uma parcela considerável de consumo de energia elétrica residencial, cerca de 25%, conforme dados de LIGHT (2011).

Segundo dados do Balanço Energético Brasileiro (EPE/MME, 2010), o consumo total anual de energia elétrica é de 429.741 GWh. A demanda residencial está entre 22% do consumo total (94.543 GWh/ano). Dentro do setor residencial, o chuveiro elétrico sozinho consome 23.635 GWh/ano (25% conforme comentado anteriormente). Considerando o ano

com 365 dias, a parcela diária dos chuueiros é de 64,75 GWh. Esse gasto poderia ser minimizado com a utilização da energia solar, resultando em vantagens socioeconômicas e ambientais.

O Brasil é privilegiado quando o assunto é energia solar, pois a capacidade de irradiação é alta. Relatos de DASOL (2009) mostram que o menor potencial de irradiação do país está em Santa Catarina, que, mesmo assim, é 30% maior que a média da Alemanha (considerada a segunda nação que mais utiliza o sol como fonte de energia, ficando atrás apenas do Japão).

É evidente que há um grande potencial brasileiro para o uso da energia solar, possibilitando um bom crescimento do setor de fontes alternativas, que já vem aumentando a cada ano.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo geral verificar a viabilidade técnica e econômica de instalação de sistemas fotovoltaicos em diferentes arquiteturas de telhados de residências do estado de Santa Catarina comparando os dados de consumo de energia elétrica de um conjunto de residências uni familiares com o potencial de geração fotovoltaica na cobertura destas edificações.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral determinado no item anterior, definiu-se como objetivos específicos:

- a) Coleta de dados (contas de luz, projetos arquitetônicos);
- b) Análise do consumo das residências;
- c) Dimensionamento do SFVCR;
- d) Cálculo de geração de energia fotovoltaica;
- e) Área necessária de telhado para integração do sistema FV;
- f) Comparativo entre consumo de energia elétrica e geração fotovoltaica;
- g) Custos com energia fotovoltaica x energia de concessionária.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em cinco capítulos: Introdução, Revisão Bibliográfica, Método, Resultados e Conclusões. O primeiro capítulo apresenta uma introdução sobre o tema do trabalho, abordando sua importância econômica e sustentável. Em seguida são apresentados os objetivos gerais e específicos.

No segundo capítulo há uma revisão bibliográfica sobre as condições de radiação solar no Brasil e do aproveitamento da radiação solar em residências e os diferentes tipos de materiais utilizados.

O terceiro capítulo contém o método da pesquisa, trazendo a exposição dos critérios e processos utilizados para realização do trabalho. No quarto capítulo são apresentados os resultados obtidos. O quinto e último capítulo apresenta as considerações finais e as conclusões do trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 RADIAÇÃO SOLAR

A órbita da Terra ao redor do Sol e a rotação da Terra em torno do seu próprio eixo são os principais fatores que determinam a quantidade de energia solar que chega à Terra e as mudanças do clima do sistema Terra-atmosfera. A órbita terrestre é elíptica e o eixo de rotação é inclinado, em $23,5^\circ$, como mostra a figura 1 (PEREIRA e COLLE, 1997).

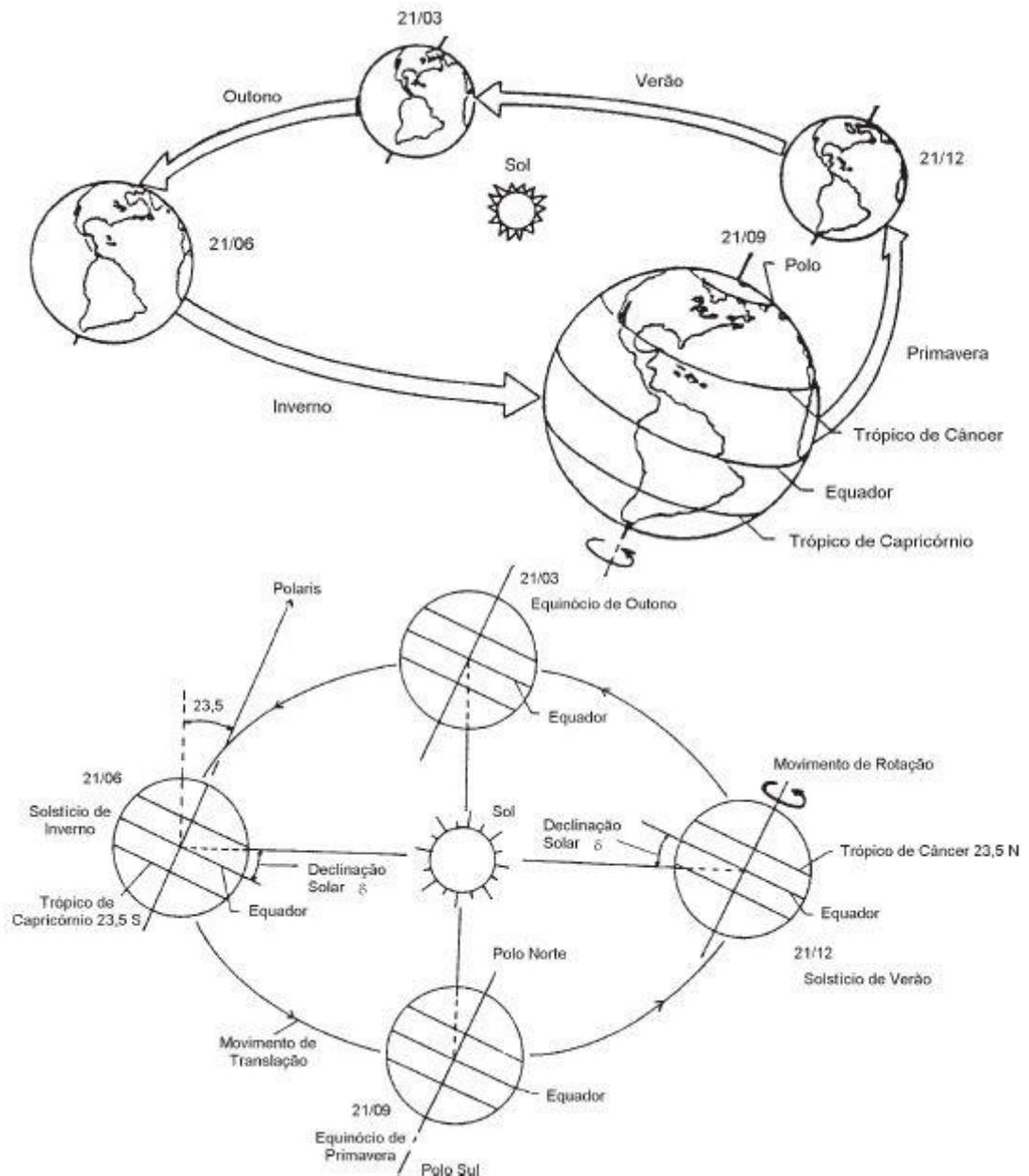


Figura 1 - Órbita da Terra em torno do Sol, com seu eixo N-S inclinado de um ângulo de $23,5^\circ$.

Fonte: Photovoltaic System Technology - An European Handbook, 1992.

A órbita da Terra varia segundo três fatores: a excentricidade, a inclinação do eixo de rotação e a precessão (BERGAMASCHI, 2011).

A característica mais destacável das variações climáticas, causadas pela inclinação do eixo de rotação, é a mudança das estações do ano. Durante o solstício de verão (no hemisfério norte), que acontece no dia 22 de junho, o Sol se posiciona diretamente acima da latitude $23,5^{\circ}\text{N}$ ao meio dia, chamada de trópico de Câncer. A elevação do sol acima do horizonte e a duração dos dias atingem os valores máximos no hemisfério norte durante o solstício de verão, e todas as latitudes acima do círculo Ártico ($66,5^{\circ}\text{N}$) tem o Sol acima do horizonte por vários dias ao longo do verão. No hemisfério Sul, a elevação do Sol é mínima nessa ocasião, os dias são mais curtos e para as latitudes abaixo do círculo Antártico ($66,5^{\circ}\text{S}$) o Sol não nasce. Este é o começo do verão no hemisfério Norte, sendo que no hemisfério Sul o verão começa no dia 22 de dezembro, correspondendo ao solstício de inverno do hemisfério Norte (BERGAMASCHI, 2011).

Desta forma, a posição de um coletor de radiação ajustado conforme a latitude local e o período do ano para que há necessidade de mais energia coletada de modo a obter maior aproveitamento da radiação solar (INMET – LABSOLAR, 1998).

Para a captação dos raios solares recomenda-se que no hemisfério sul os coletores fiquem orientadas para o norte geográfico, e que no hemisfério norte os coletores fiquem voltadas para o sul. A figura 2 mostra um exemplo de uma casa com coletores solares localizada no hemisfério sul e a respectiva trajetória do sol durante o ano.

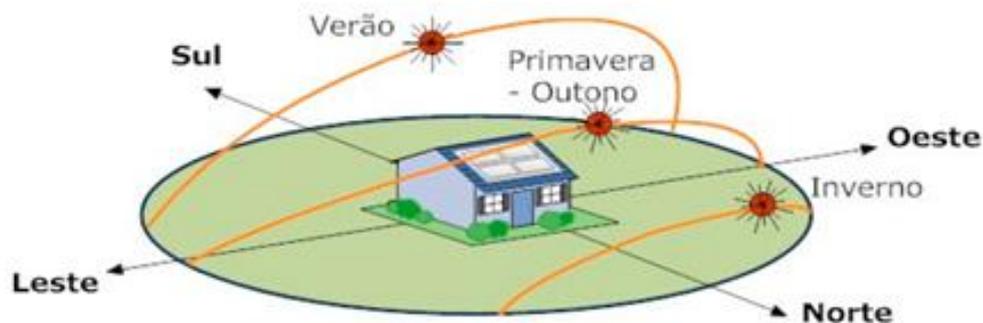


Figura 2 - Variação da posição do sol com as estações do ano no hemisfério sul.
Fonte: SERRÃO, 2010.

2.1.1 Espectro solar, constante solar e distribuição da radiação no topo da atmosfera

A distribuição da radiação eletromagnética emitida pelo Sol, em função do comprimento de onda, incidente no topo da atmosfera é chamada de espectro solar. A constante solar é a densidade superficial de potência solar no topo da atmosfera. Esta constante é definida como o fluxo de energia solar (energia por tempo) que cruza uma

unidade de área normal a um raio solar na distância média entre o Sol e a Terra (GUIMARÃES, 2003).

O Sol é composto por 75% de hidrogênio e 25% de hélio, e transmite a radiação solar através de “raios de luz”, sendo uma fonte de energia limpa e renovável para o planeta terra (LIOU, 1980): a energia eletromagnética que deixa o Sol situa-se aproximadamente 50% em comprimentos de onda além da região do visível (infravermelho), cerca de 40% na região do visível e os 10% restantes na região do ultravioleta (GUIMARÃES, 2003).

A incidência de radiação solar sobre a superfície terrestre depende da latitude local e da posição no tempo (hora do dia e dia do ano). Isso se deve à inclinação do eixo imaginário em torno do qual a terra gira diariamente e a trajetória elíptica que a Terra faz ao redor do Sol (ANEEL, 2003), conforme mostra a figura 3.



Figura 3 - Representação das estações do ano e do movimento da Terra em torno do Sol.
Fonte: ANEEL, 2003.

O Brasil apresenta um grande potencial para aplicações de energia solar durante o ano todo, devido a sua grande área superficial e elevada irradiação solar com pequena variabilidade anual (TIRADENTES, 2006).

Segundo publicação da ANEEL (2008), no Atlas de Energia os níveis de radiação solar global das regiões do Brasil variam em uma média anual entre 4.500 Wh/m².dia a 6.100 Wh/m².dia, respectivamente do Sul até o Nordeste. Conclui-se que, mesmo com o clima mais temperado da região sul, ainda ocorre um potencial considerável para a utilização da energia solar para todos os fins.

No gráfico 1 observar-se imagens das irradiações médias anuais para o período e os respectivos níveis de variabilidade mensais, calculados de forma análoga às variabilidades diárias no mês. As imagens foram extraídas do Atlas de Irradiação Solar do Brasil (1998), elaborado pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e o Laboratório de Energia Solar – LABSOLAR, da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

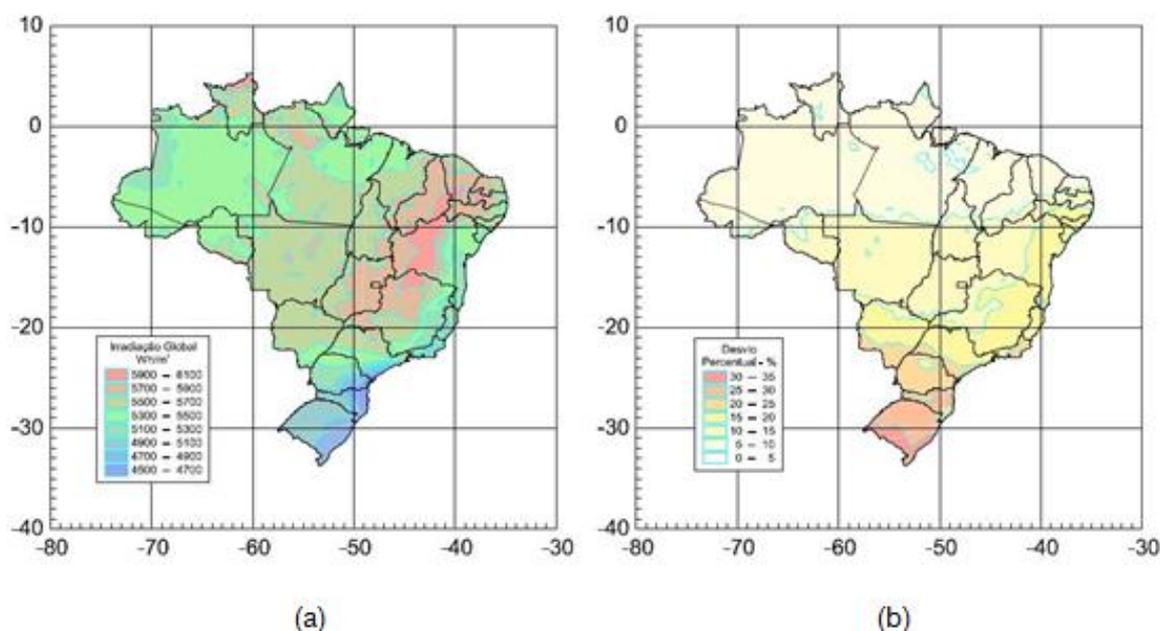


Gráfico 1 – (a) Irradiação média anual e (b) Variabilidade mensal da irradiação anual.

Fonte: Atlas de Irradiação Solar do Brasil, 1998.

2.1.2 Instrumentos de medição

Os instrumentos de medição do recurso solar utilizados com mais frequência atualmente se baseiam em sensores do tipo termopilhas, pares bi-metálicos e fotocélulas. Os equipamentos de menor custo são aqueles que utilizam células fotovoltaicas como elemento sensor, mas tem como desvantagem a falta de resposta espectral adequada, pois as células fotovoltaicas não possuem uniformidade na resposta espectral. Os instrumentos de medição do recurso solar encontrados com mais frequência são piranômetros, para radiação global; heliógrafos para número de horas de sol, e os piroheliômetros, para medição da radiação direta normal.

2.2 TRANSFERÊNCIA RADIATIVA

A radiação solar constitui a principal força motriz para processos térmicos (como o aquecimento da superfície e dos oceanos), dinâmicos (como a própria atmosfera) e químicos (como a fotossíntese das plantas). A energia proveniente do Sol chega à superfície

propagando-se como energia radiante ou simplesmente radiação. O fluxo de energia que o topo da atmosfera terrestre recebe do Sol por unidade de área é chamada de “constante solar” e vale aproximadamente 1367 W/m². Sabe-se que este valor não é uma constante, pois existem vários fenômenos solares (manchas solares, erupções solares, etc.) que mudam a intensidade de energia emitida pelo Sol ao longo do tempo (GUIMARÃES, 2003).

A principal característica de um campo de radiação é a radiância (ou intensidade de radiação). Essa grandeza se refere à quantidade de radiação solar num intervalo unitário de comprimento de onda e ângulo sólido que atravessa uma unidade de área tomada perpendicularmente à direção considerada, na unidade de tempo (PAIVA, 2005).

Conhecendo-se a radiância pode-se determinar outra grandeza muito importante no estudo da radiação atmosférica: a densidade de fluxo de radiação, que quando integrada em todo o espectro representa a quantidade de radiação solar que passa através de um plano na unidade de tempo e de área. Para melhor compreensão dos termos empregados, chama-se irradiância a densidade de fluxo de radiação sobre uma superfície, e emitância radiante consiste na densidade de fluxo de radiação emitida por uma superfície (MARTINS, PEREIRA e ECHER, 2004).

A irradiância solar que incide na superfície da Terra dependerá, além dos fenômenos referentes ao Sol, da interação da radiação eletromagnética com os constituintes do sistema Terra-atmosfera. A transmissão da radiação solar através da atmosfera é um processo complexo e de difícil descrição devido ao grande número de propriedades físicas da atmosfera que a influenciam, como por exemplo, as concentrações de vapor d'água, a concentração de gotículas, a presença de cristais de gelo, etc., como citado anteriormente (MARTINS, PEREIRA e ECHER, 2004).

A razão entre a irradiância solar na superfície terrestre e no topo da atmosfera é definida como transmitância atmosférica. Ao atravessar a atmosfera, a radiação solar é atenuada por processos de espalhamento e absorção causados pelas partículas em suspensão (denominados aerossóis), pelas nuvens e pelas moléculas de gases atmosféricos. Os coeficientes de absorção e de espalhamento dependem do comprimento de onda da radiação e das espécies de gases e partículas presentes na atmosfera (MARTINS, PEREIRA e ECHER, 2004). A figura 4 apresenta um diagrama com os principais processos de interação da radiação solar e térmica com a atmosfera.

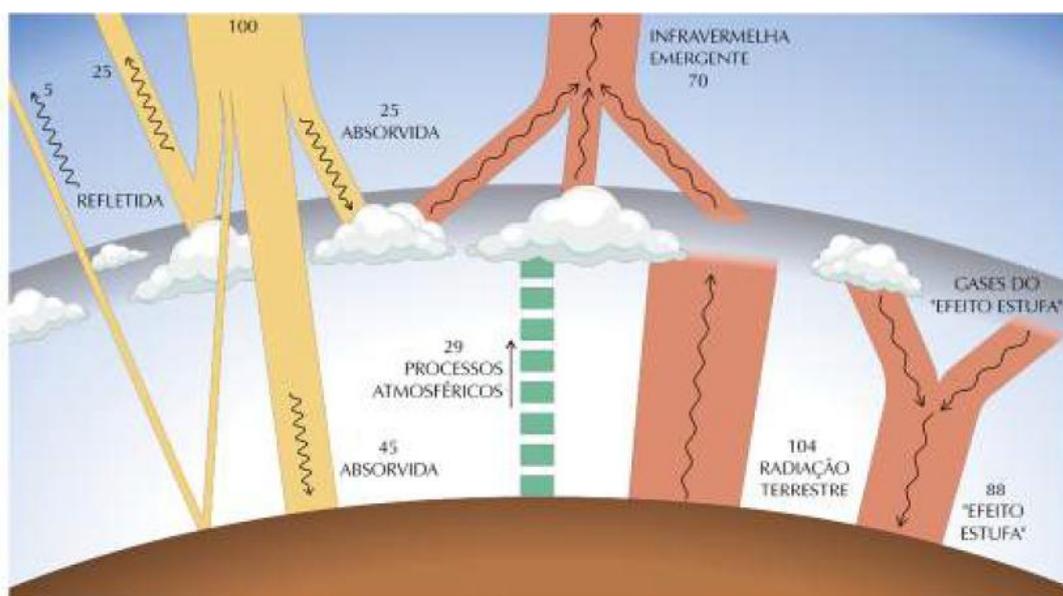


Figura 4 – Diagrama simbólico dos processos de interação da radiação solar com a atmosfera terrestre.
Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar, 1998.

As nuvens, a superfície do planeta, os gases e partículas atmosféricas refletem cerca de 30% da radiação incidente no topo da atmosfera. Os 70% restantes são absorvidos, produzindo aquecimento do sistema e causando a evaporação de água (calor latente) ou convecção (calor sensível). A absorção da radiação solar é seletiva, sendo o vapor d'água, o ozônio (O₃) e o dióxido de carbono (CO₂) os principais absorvedores. A energia absorvida pelo sistema Terra-Atmosfera é reemitida na faixa do infravermelho do espectro da radiação eletromagnética sendo que 6% são provenientes da superfície e 64% tem origem em nuvens e constituintes atmosféricos (MARTINS, PEREIRA e ECHER, 2004).

2.3 BENEFÍCIOS DO SOL PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

O aproveitamento da energia solar como alternativa energética para a construção civil é viável em vários níveis de abordagens. Há a possibilidade de energia elétrica em larga escala, com a implantação de centrais elétricas solares, térmicas ou fotovoltaicas. A energia pode, então, ser distribuída em redes, muitas já existentes. Em geral, estas centrais requerem grandes áreas para captação e locais bastante ensolarados. Neste caso, no entanto, trata-se de substituição de um sistema energético, de origem hidrelétrica, térmica ou nuclear, por outro de origem solar. A princípio, os sistemas de distribuição e controle permanecem os mesmos. As construções e edificações continuam se beneficiando de uma energia elétrica centralizada, sem que haja a necessidade de transformações de qualquer natureza (SOUZA, 2006).

A vantagem da energia solar é que ela pode ser captada, transformada e aproveitada localmente e pontualmente. Basta que haja sol, calor e luz, que quando aproveitados de maneira racional, visando o conforto e a eficiência energética das edificações, acarretam em uma significativa economia de energia convencional. A transformação da energia solar em energia elétrica na própria edificação é uma realidade recente (SOUZA, 2006).

2.3.1 Energia Fotovoltaica

O sistema solar fotovoltaico funciona basicamente com painéis solares que, através do efeito fotovoltaico, convertem a energia do sol em energia elétrica de maneira silenciosa, não-poluente e renovável. Este sistema tem grande importância no que se trata da eficiência energética, citando como exemplo, o fato de que a demanda de energia elétrica para o uso de ar-condicionados é máxima quando a insolação é máxima. Nesta situação, a implantação de energia fotovoltaica poderia minimizar gastos de energia elétrica (RÜTHER, 2004).

A captação da energia solar depende essencialmente da disponibilidade de superfícies expostas ao sol, sendo natural cogitar uma tendência a projetar e construir com parâmetros “solares” que, para garantir o acesso ao sol a todos, as formas aparentes das edificações e configurações urbanas poderão ser modificadas (SOUZA, 2006).

As instalações fotovoltaicas podem ser integradas junto ao ponto de consumo, ou seja, como parte da arquitetura do edifício. Também podem ser instaladas de forma centralizada como uma usina central, fornecendo energia para pontos mais distantes (RÜTHER, 2004).

Os painéis solares fotovoltaicos devem oferecer condições de operação de 30 anos ou mais. Painéis fotovoltaicos são mais versáteis do que outros coletores solares para aquecimento de água ou ar, pois são complementados com cabos elétricos que são mais simples de instalar do que tubulações e reservatórios (RÜTHER, 2004).

O Brasil possui comunidades isoladas, onde cerca de 15% da população não possui acesso à energia elétrica. Por se tratarem de regiões distantes da rede elétrica, a opção por fontes renováveis pontuais se torna mais viável. A quantidade de radiação incidente nessas regiões é outro fator muito animador para o aproveitamento da energia solar (GTES, 2004).

2.3.1.1 Sistemas Fotovoltaicos

As principais categorias de sistemas fotovoltaicos são: isolados – sistema puramente fotovoltaico; híbridos - que dependem de sistemas complementares, como de geradores a diesel; ou conectados a rede – onde a energia gerada por painéis fotovoltaicos é entregue à

rede elétrica. As categorias variam conforme os recursos energéticos disponíveis para a utilização (GTES, 2004).

I. Sistemas Isolados

Para armazenar a energia gerada pelos painéis fotovoltaicos em sistemas isolados se faz necessário o uso de um banco de baterias, para que, posteriormente, a energia seja distribuída para os pontos de consumo. Esse tipo de tecnologia já é utilizado no Brasil em algumas comunidades onde a rede elétrica é de difícil acesso (RÜTHER, 2004).

No país, a legalização para sistemas FV isolados é regulamentada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), Resolução Normativa nº 83, de 20 de setembro de 2004, “Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes” (SIGFI). Toda a instalação de sistemas FV isolado deve passar por ensaios de aceitação e qualificação realizados pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) do INMETRO (SALAMONI, 2009). A figura 5 mostra um esquema de uma residência com sistema isolado.

Em sistemas isolados é necessário um controlador de carga para alimentar o banco de baterias, que tem como principal função controlar a carga enviada para a bateria, melhorando sua vida útil.



Figura 5 - sistema solar fotovoltaico isolado.

Fonte: adaptado de www.energiadosol.net

II. Sistemas híbridos

Como citado anteriormente, esse tipo de sistema depende de um gerador complementar, que pode ser a diesel ou até mesmo um gerador eólico. Conforme a Figura 6 pode-se observar o princípio básico deste sistema.

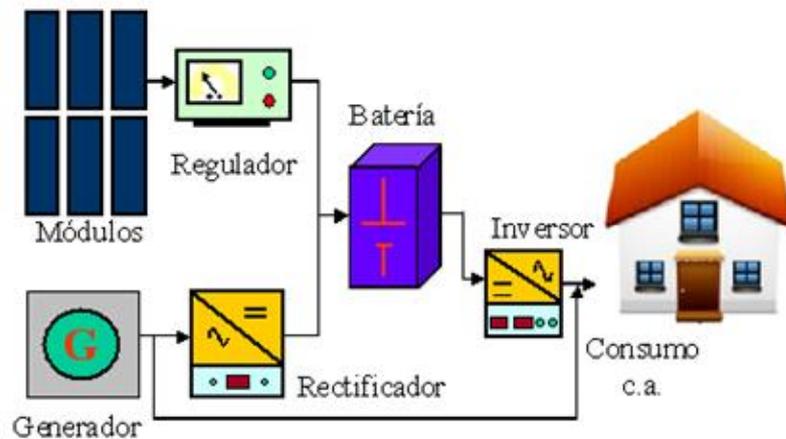


Figura 6 - sistema solar fotovoltaico híbrido.

Fonte: www.ocw.unia.es

III. Sistemas conectados à rede

Ao longo do trabalho, será abordado o sistema conectado à rede, onde se encontram os sistemas residenciais. Estes sistemas costumam não utilizar armazenamento de energia, pois como já citado, toda a energia é entregue à rede elétrica instantaneamente. No Brasil os estudos visando este tipo de instalação tiveram início na UFSC, em 1997 com a instalação do primeiro gerador solar fotovoltaico integrado a uma edificação urbana e conectado à rede elétrica pública (RÜTHER, 1998).

Os sistemas conectados à rede são compostos basicamente por módulos fotovoltaicos e inversores que tem a função de sincronizar os módulos com a rede. A figura 7 mostra o esquema de uma residência com sistema conectado à rede.

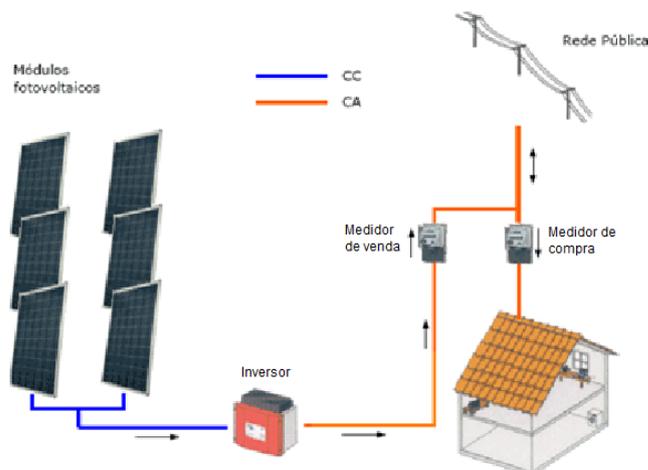


Figura 7 - sistema solar fotovoltaico conectado à rede.

Fonte: adaptado de www.ffiolar.com

2.3.1.2 Células Fotovoltaicas

A energia solar é convertida em energia elétrica através de um dispositivo semicondutor, a célula fotovoltaica. Um semicondutor apropriado é aquele com mais sensibilidade para gerar o maior produto corrente-tensão para a luz visível, pois a maior parcela de energia fornecida pelo Sol esta na região visível do espectro (GTES, 2004).

As células mais encontradas no mercado são as de silício cristalino. A seguir são apresentados quatro diferentes tipos de células:

I. Silício monocristalino

As células são formadas por um único cristal. São obtidas a partir de barras cilíndricas de silício monocristalino produzidas em fornos especiais. Sua eficiência de conversão da luz solar em energia elétrica é de 12 a 19% em produtos comerciais. Por ser um produto que utiliza mais material e energia para sua fabricação, apresenta um maior custo mesmo em grande escala de fabricação (GTES, 2004). A figura 8 mostra a estrutura de uma célula monocristalina.



Figura 8 - estrutura de uma célula monocristalina.

Fonte: Google Imagens.

II. Silício multicristalino

São formadas a partir do mesmo material, mas nestas células os átomos não se organizam em um mesmo cristal, mas é solidificado em forma de um bloco composto por vários pequenos cristais. Por não ser um único cristal, a eficiência comparada ao monocristalino é menor, mas, em compensação, o custo do policristalino, por exigir menos energia no processo de fabricação, se torna mais barato (NASCIMENTO, 2004). A figura 9 mostra a estrutura de uma célula multicristalina.

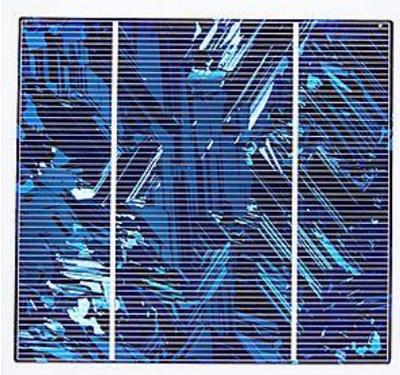


Figura 9 - estrutura de uma célula multicristalina.

Fonte: Google Imagens.

III. Filme fino de silício amorfo

Na tecnologia fotovoltaica de filmes finos é de aSiH (Silício Amorfo Hidrogenado), os filmes são integrados junto a materiais de baixo custo, como vidro, aço, inox e plásticos. Esta tecnologia vem crescendo no mercado por sua maior versatilidade, sendo flexíveis, mais leves, semitransparentes e inquebráveis, podendo se adaptar bem a arquitetura das edificações. No entanto, possui uma eficiência baixa comparada com as demais, variando entre 5 a 7%. Sua maior eficiência já atingida no mercado está entre 8-9%, o que o torna bastante competitivo em relação a outras tecnologias (NASCIMENTO, 2004). A figura 10 mostra a estrutura de uma célula de silício amorfo e a figura 11 o exemplo de filme fino de aSi sobre um substrato flexível.

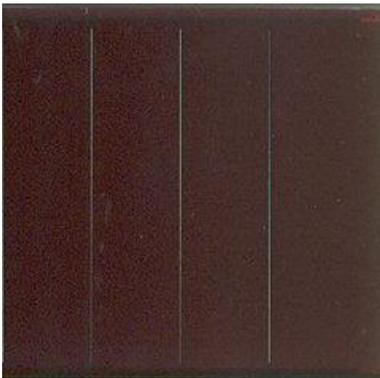


Figura 10 –Célula de silício amorfo.

Fonte: RÜTHER, 2004.



Figura 11 - Filme fino sobre um substrato flexível.

Fonte: Google Imagens.

2.4 FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS

Os programas computacionais já estão presentes em todas as áreas, facilitando o desenvolvimento de inúmeros projetos. Tratando-se de sistemas fotovoltaicos, os softwares

aperfeiçoam o projeto fornecendo condições climáticas, características dos componentes e do perfil de demanda de energia.

Atualmente já existem programas capazes de simular sistemas fotovoltaicos isolados, conectados à rede e sistemas híbridos, desenvolvidos por empresas ou laboratórios de universidades. Existem dois softwares bastante utilizados e ambos serviram como auxílio durante o atual trabalho. São os seguintes:

RadiaSol - É um software nacional desenvolvido pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Utiliza internamente modelos matemáticos e no programa os cálculos são realizados através de rotinas que determinam o efeito de inclinação da face onde os módulos serão orientados, contando com as diferentes radiações, direta e difusa. Também é possível calcular a incidência de radiação em locais com o desvio azimutal do norte. O usuário pode selecionar o modelo de distribuição da radiação para realizar os cálculos, obtendo um conjunto de dados na forma de tabelas ou gráficos (www.solar.ufrgs.br).

PVsyst - Diferente do Radiasol, que é utilizado para obter valores de radiação, o PVsyst é um software usado para dimensionamento de sistemas fotovoltaicos. Permite fazer simulações na fase de projeto final ou em uma fase pós-construtiva com monitorações através de dados enviados pelo sistema. As simulações podem ser feitas tanto para sistemas isolados quanto os conectados à rede (User's Guide PVsyst Contextual Help, 1994-2010).

Através de dados meteorológicos o programa otimiza os sistemas, permitindo a escolha de uma correta orientação e posicionamento dos módulos fotovoltaicos em uma área de máxima exposição ao sol e mínima de sombreamento (User's Guide PVsyst Contextual Help, 1994-2010).

2.5 A IMPORTÂNCIA DE INCENTIVOS E PROGRAMAS GOVERNAMENTAIS

Programas governamentais são essenciais para o futuro de novas fontes de energia alternativa. A expansão dessas novas tecnologias fará com que o planeta tenha um caminho energético mais seguro e sustentável. O tempo que levará para que essas fontes contribuam para atender à demanda energética mundial dependerá em grande parte de apoios governamentais, necessários para que as novas fontes renováveis se tornem competitivas em relação às atuais tecnologias energéticas (WEO, 2010).

A energia fotovoltaica é uma tecnologia que vem sendo estudada e que está tomando seu espaço no mercado mundial. Por se tratar de algo novo, a adoção de energia solar FV ainda tem um custo elevado. A esperança é de que os incentivos para projetos privados e

governamentais diminuam estes custos, dando espaço para que esta fonte se prolifere (SALAMONI, 2008).

Se tratando de sistemas solar FV isolados, existem atualmente programas do governo que auxiliam comunidades de difícil acesso à rede elétrica como, por exemplo, o Programa Luz para todos, antigo Prodeem, que tem como objetivo acabar com a exclusão elétrica no país. No futuro, programas como este podem acabar abrindo portas para a indústria FV no Brasil, assim como já acontece no exterior (www.luzparatodos.mme.gov.br).

Com base em leituras no Jornal da Energia 05/04/2012, consegue-se perceber a preocupação nacional para geração de energia. Ambientalistas criticam a atual presidente Dilma Roussef com a obra da hidrelétrica de Belo Monte e defendem o uso da energia eólica. Entretanto, o governo alega que somente a eólica não é capaz de substituir a capacidade de uma usina hidrelétrica. Este tipo de notícia é um incentivo para os profissionais do ramo da energia solar FV, pois com o crescimento desta tecnologia no mercado internacional e o grande potencial de radiação solar no Brasil, fazem desta a próxima fonte renovável a ser aproveitada (www.jornaldaenergia.com.br).

No aguardo de respostas do governo e sabendo do potencial que o Brasil tem para o ramo da energia solar FV, pesquisadores da Universidade Federal de Santa Catarina já estão desenvolvendo projetos como o de Aeroportos Solares e Estádios Solares, preparando assim o país para futuras alternativas no setor energético (SALAMONI, 2009).

2.5.1 Regras nacionais para energia alternativa

Em 17 de Abril deste ano, a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL aprovou uma resolução que estabelece regras para a micro e a minigeração distribuída para usinas com fonte solar fotovoltaica. Para instalações de geração de pequeno porte (micro), a limitação é de até 100 kW de potência, e para a minigeração entre 100kW a 1 MW. A regra é válida também para fontes renováveis como de energia hídrica, solar, biomassa, eólica e cogeração qualificada.

A norma criou um sistema de compensação de energia, onde o pequeno consumidor que instalar geradores em sua unidade tem a possibilidade de trocar energia com a distribuidora. Instalando unidades geradoras em residências, por exemplo, a energia produzida que não for consumida será injetada na rede distribuidora, que utilizará o crédito para abastecer o consumo dos meses subsequentes. Os créditos devem ser utilizados em até 36 meses. As informações encontram-se juntas a fatura do consumidor, para que o mesmo tenha

um controle do saldo de energia. Caso expirar os 36 meses e os créditos de energia não forem consumidos, os mesmos tornam-se de propriedade da distribuidora (ANEEL, 2012).

2.6 DADOS DE MERCADO

2.6.1 Módulos Fotovoltaicos

Segundo dados divulgados pela European Photovoltaic Industry Association (EPIA) em 2012, as instalações mundiais de módulos fotovoltaicos foram de aproximadamente 24 GW no final de 2011, apresentando um aumento em relação ao ano de 2010, que havia sido de 19 GW (EPIA, 2012)

No ano 2011 o líder do mercado mundial foi à Itália, com a instalação de 9,0 GW, seguida da forte produtora Alemanha, com 7,5 GW. A China está em terceiro lugar, seguida de Estados Unidos, França e Japão, conforme representa o gráfico 2.

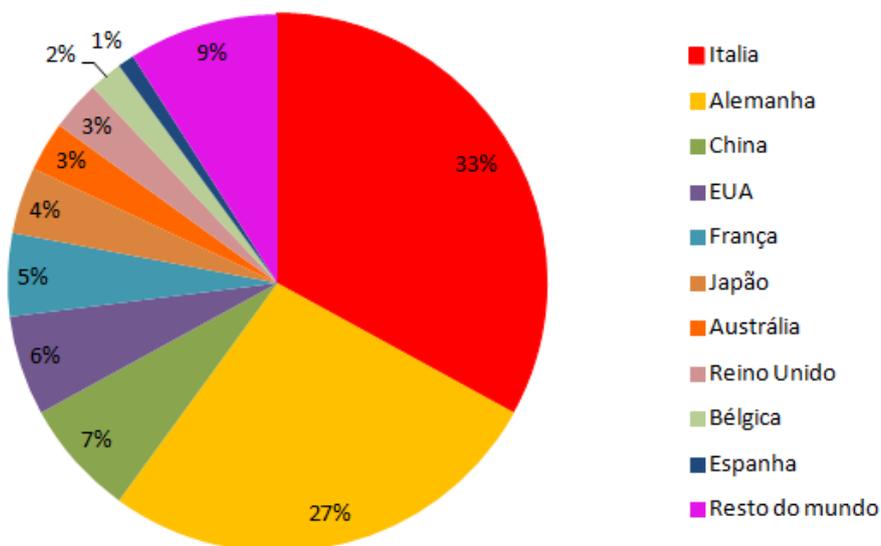


Gráfico 2 – Os dez maiores mercados de energia solar fotovoltaica.

Fonte: adaptado de EPIA, 2012.

A participação Brasileira no mercado mundial é tão baixa que o país nem é citado nas pesquisas. O ranking mundial é liderado atualmente pela Alemanha, com 24,7 GW de capacidade instalada, seguida da Itália, com 12,5 GW. Estados Unidos, China, Japão e França seguem nas respectivas posições (EPIA, 2012).

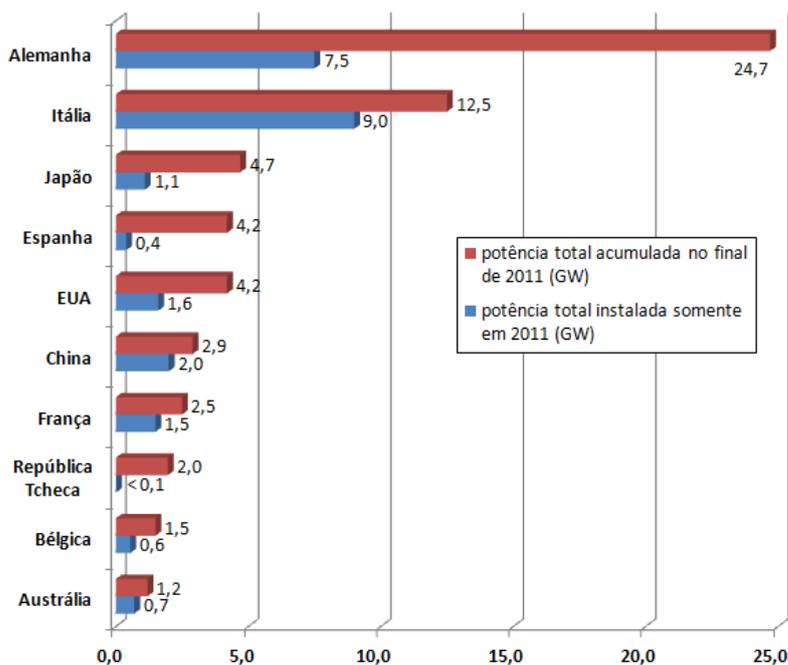
O total de energia fotovoltaica instalada atualmente no mundo é de aproximadamente 67,35 GW. A tabela 1 mostra os principais produtores mundiais em suas respectivas posições e o valor total de toda a produção mundial até o final de 2011.

Tabela 1 - Produção Solar Fotovoltaica até 2011.

PAÍS	Capacidade acumulada instalada até 2011 (GW)
Alemanha	24,70
Itália	12,50
Japão	4,70
EUA	4,20
Espanha	4,20
China	2,90
França	2,50
Bélgica	1,50
Austrália	1,20
Reino Unido	0,75
Grécia	0,55
Eslováquia	0,50
Canadá	0,50
Índia	0,45
Ucrânia	0,14
Resto do mundo	6,06
Total mundial	67,35

Fonte: adaptado de EPIA, 2012.

Em seguida pode-se analisar o mercado mundial em um gráfico comparativo entre a potência total acumulada no final de 2011 e a potencia total instalada do ano, conforme gráfico 3.

**Gráfico 3** - Mercado mundial, potência total acumulada e potência total instalada.

Fonte: adaptado de EPIA, 2012.

2.6.1.1 Situação da energia solar na atualidade

Utilizando como base a Alemanha, um dos maiores produtores de energia eólica e solar do mundo, pode-se perceber o quanto vem crescendo a tecnologia fotovoltaica. O gráfico 4 apresenta uma comparação entre a produção alemã de energia eólica e solar desde o ano 2000. Nota-se que nos últimos dois anos a produção solar subiu bruscamente, quase alcançando a quantidade eólica produzida.

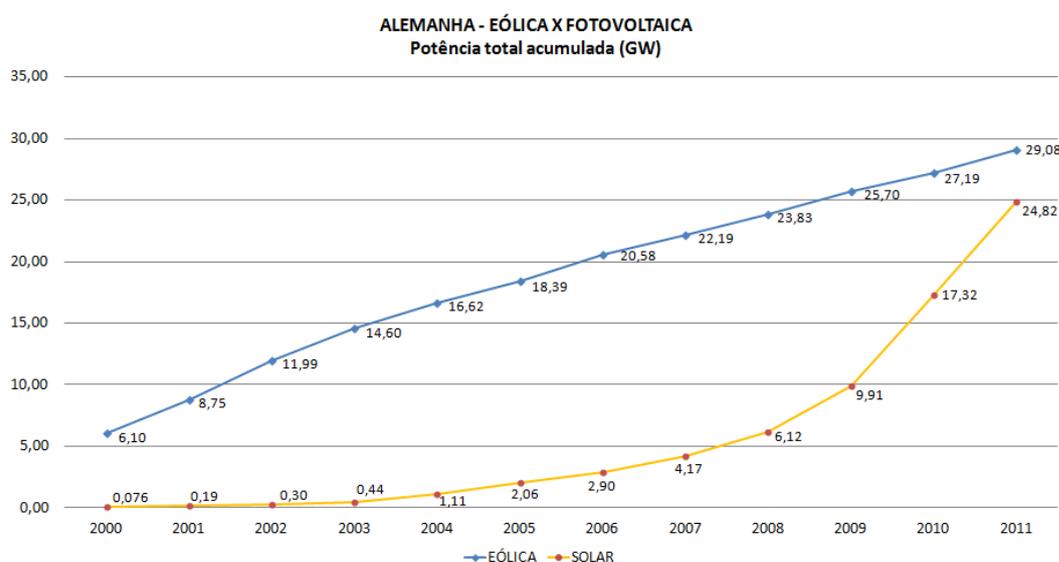


Gráfico 4 - Comparativo entre produção de energia eólica e solar na Alemanha.

Fonte: adaptado de BMU, 2012.

Após observar o gráfico percebe-se com clareza o quão forte está o mercado fotovoltaico. Se o crescimento continuar neste ritmo, certamente esta energia passará a ser superior à produção eólica.

No Brasil a primeira usina solar FV foi instalada em agosto de 2011, no Ceará. A usina Solar Tauá ocupa uma área de aproximadamente 12 mil metros quadrados e sua capacidade atual é de 1 MW, sendo que o projeto permite uma ampliação da usina para até 50 MW. Já se tem planos para que, no início de 2012, seja feita a duplicação da capacidade da usina.

A usina brasileira é de propriedade privada, possui uma estação meteorológica própria que fornece dados de radiação solar, temperatura ambiente e temperatura na superfície dos painéis FV. As instalações seguem o padrão da Organização Meteorológica Mundial (OMM), segundo dados do grupo EBX. A iniciativa de empresas privadas que acreditam no potencial nacional pode causar grandes influências em futuros projetos do governo.

2.6.2 Coletores solares térmicos

Quanto ao mercado de sistemas de aquecimento, o Brasil vem crescendo gradativamente na produção de coletores solares. No ano de 2009 a produção brasileira de coletores solares cresceu 18,9% em relação ao ano anterior, segundo pesquisa realizada pelo DASOL (2011). Com este crescimento atingiu-se uma área de 798.000m² de coletores. Somando este valor com o já instalado, o país acumulou mais de 5.000.000m² de coletores solares.

Em 2010, a produção brasileira cresceu 21,1% em relação ao ano anterior, conforme pesquisa realizada pelo Departamento de Aquecimento Solar junto às empresas associadas. Foram instalados 967.000m², a maior área de coletores anual já registrada. Com esse valor, a área acumulada de aquecedores solares no Brasil chegou a 6.240.000m², como mostra o gráfico 5.

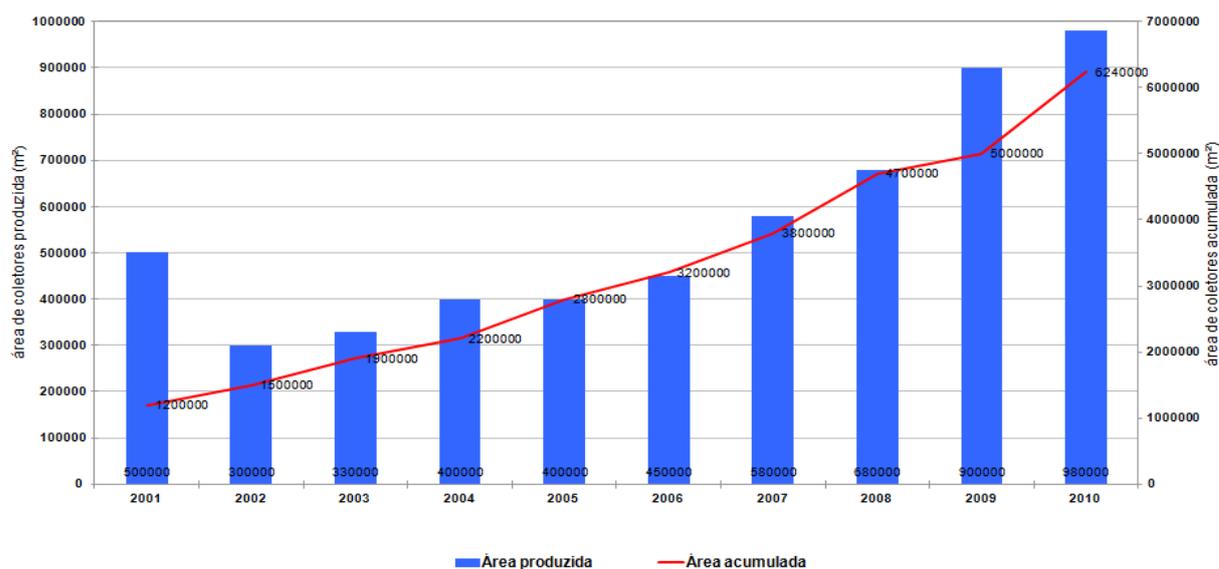


Gráfico 5 – Evolução da área de coletores solares instalados no Brasil entre 2001 e 2010.
Fonte: DASOL, 2011.

2.7 Considerações finais

O sol é uma fonte de energia capaz de satisfazer indefinidamente muitas das necessidades energéticas, desde que se desenvolva uma tecnologia apropriada para explorar adequadamente este recurso. Neste sentido, a construção civil tem demonstrado a eficiência da aplicação das técnicas.

Projetar para aproveitar a energia solar significa, inicialmente, enfrentar questões de geometria, questões econômicas e até mesmo culturais - o assunto é ainda desconhecido por muitos e as fontes de energia tradicionais persistem por ser mais cômodo. O conhecimento e

domínio das trajetórias do sol na latitude local, diárias e sazonais, constituem uma base inicial que irá auxiliar a tomar decisões quanto ao partido arquitetônico a ser adotado. Por isso, antes de iniciar qualquer projeto é preciso levar em conta as condições solares.

3 MÉTODO

Para atingir o objetivo proposto neste trabalho, primeiramente foi feito um levantamento de dados sobre a demanda energética das casas através de pesquisas realizadas com moradores do estado de Santa Catarina. Nesta pesquisa foram coletados dados de 20 residências nas cidades de Florianópolis, Palhoça, Concórdia, Chapecó, Joaçaba, Quilombo, Curitiba e Palma Sola. Após obter um número médio de consumo, adotou-se o sistema fotovoltaico ligado à rede para alimentar a parte elétrica das residências.

As Atividades desenvolvidas no atual trabalho estão divididas em etapas, conforme mostra o fluxograma da figura 12.

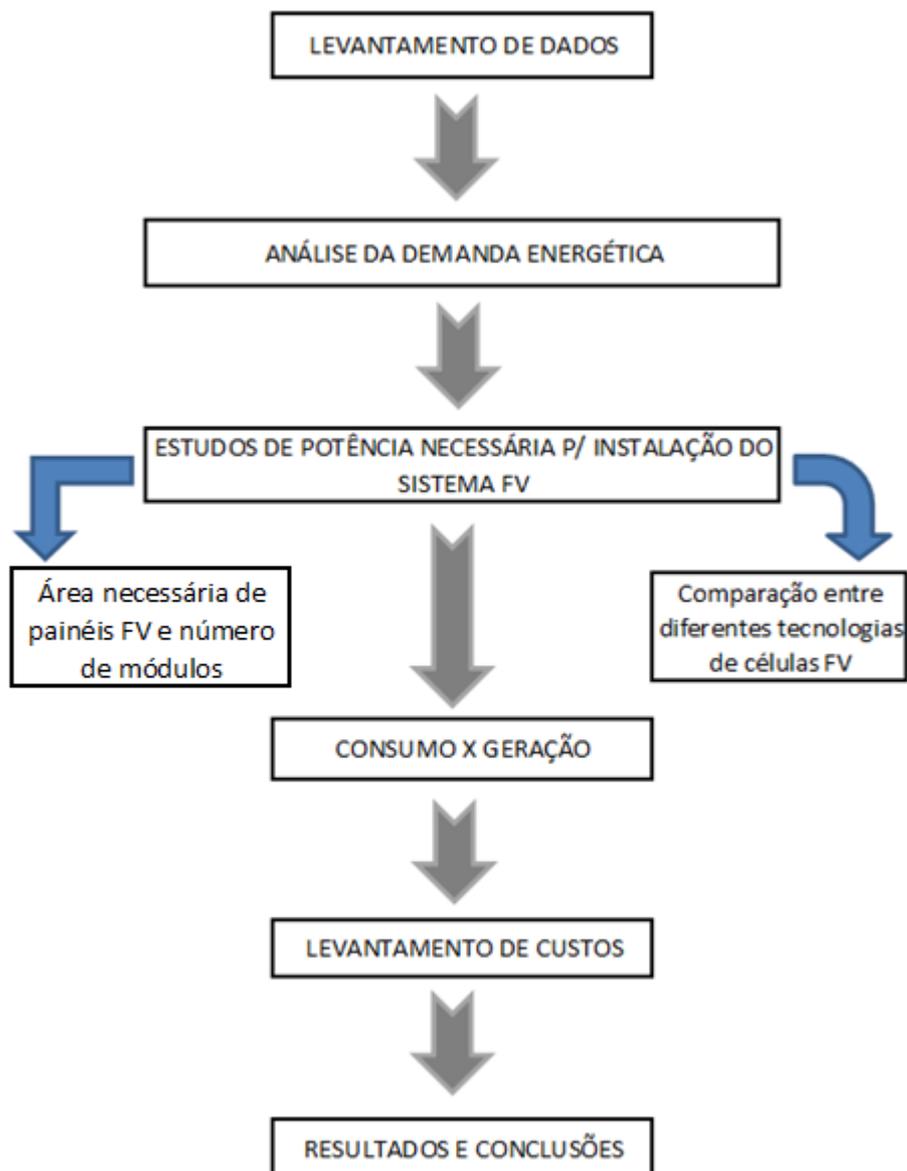


Figura 12 - Fluxograma de atividades do estudo de caso.

3.1 COLETA E LEVANTAMENTO DE DADOS

Nesta etapa foram colhidas as informações de fundamental importância para o desenvolvimento do trabalho. Coletando dados relacionados a residências, como seus respectivos consumos de energia elétrica, análise de plantas de cobertura, inclinação do telhado, orientação geográfica, cidade e índices de irradiação solar para diferentes regiões do estado de Santa Catarina.

O levantamento de dados foi feito com 20 residências localizadas em diferentes cidades do estado. Foi levada em conta a diferença entre regiões, que variam tanto nas questões climáticas térmicas quanto nas de irradiação solar.

Os dados de consumo das residências foram obtidas através de contas de energia. Os números extraídos para estudo foram o histórico de 12 meses de consumo, entre fevereiro de 2011 a janeiro de 2012.

Após obter todos os dados do levantamento, foram computados os valores do histórico de 12 meses das 20 residências em uma planilha *Excel*, apresentada na tabela 2.

Tabela 2 – Histórico de 12 meses de consumo das 20 residências.

TABELA DE CONSUMO (kWh)												
COD.	fev/11	mar/11	abr/11	mai/11	jun/11	jul/11	ago/11	set/11	out/11	nov/11	dez/11	jan/12
CASA 01	243	305	222	366	325	527	514	585	473	396 *	396 *	396 *
CASA 02	320	300	220	270	190	260	420	290	370	350	330	390
CASA 03	224	231	209	225	213	249	235	237	218	220	198	275
CASA 04	334	365	342	374	450	470	262	389	394	339	340	215
CASA 05	198	295	255	237	263	314	301	316	259	279	264	276
CASA 06	800	795	749	676	871	125	1336	1305	1260	1218	1153	1360
CASA 07	273	281	206	286	224	221	252	226	251	214	207	365
CASA 08	460 *	460 *	460 *	409	450	447	464	458	481	501	449	487
CASA 09	328	336	249	232	305	297	328	345	339	330	269	328
CASA 10	750	800	670	650	670	1000	720	780	670	630	560	1140
CASA 11	330	403	322	295	348	370	369	395	311	334	328	317
CASA 12	714	624	537	353	383	403	483	655	630	476	456	541
CASA 13	530	410	320	280	340	240	540	420	240	360	390	130
CASA 14	303	297	256	209	257	226	274	286	261	213	271	263
CASA 15	650	560	490	550	510	580	520	580	490	480	540	630
CASA 16	286	286	323	345	539	517	389	369	265	303	295	435
CASA 17	92	97	97	144	126	124	104	109	98	117	128	82
CASA 18	111	147	104	115	100	100	117	150	125	100	100	122
CASA 19	227	238	215	232	264	391	300	298	248	256	244	309
CASA 20	188	182	175	137	151	131	165	136	155	127	150	133

*- Valores alterados pelo fato de ocorrer uma reforma neste período. Explicação no item seguinte.

3.2 DEMANDA DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Antes de dar início aos estudos de demanda foram feitas algumas considerações iniciais no banco de dados. Para as casas 01 e 08 foram modificados os valores dos três últimos meses e três primeiros, respectivamente, devido ao fato das casas estarem em reforma neste período. Dessa forma, os valores utilizados para a análise foram as médias entre os nove meses restantes. Com os dados em mãos, consegue-se chegar a uma média anual do consumo diário de energia elétrica, sendo feita uma relação entre o consumo total anual (kWh) e o

número de dias do ano (365 dias), chegando ao valor médio diário anual de cada casa (E) em kWh/dia, conforme mostra tabela 3.

Tabela 3 - Consumo diário de cada residência.

CONSUMO DAS RESIDÊNCIAS		
CASA	CONSUMO TOTAL ANUAL (kWh)	(E) CONSUMO MÉDIO DIÁRIO (kWh/dia)
01	4.748	13,01
02	3.710	10,16
03	2.734	7,49
04	4.274	11,71
05	3.257	8,92
06	11.648	31,91
07	3.006	8,24
08	5.526	15,14
09	3.686	10,10
10	9.040	24,77
11	4.122	11,29
12	6.255	17,14
13	4.200	11,51
14	3.116	8,54
15	5.547	15,20
16	4.352	11,92
17	1.318	3,61
18	1.391	3,81
19	3.222	8,83
20	1.830	5,01

3.3 POTÊNCIA NECESSÁRIA PARA INSTALAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para estimar a geração solar fotovoltaica, utilizou-se a equação 1 para o cálculo da potência nominal necessária (P_{cc}) para atender ao consumo das residências:

$$P_{cc} = \frac{(E / G_{poa})}{R} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

E = Consumo médio diário anual (kWh/dia)

G_{poa} = Irradiação Solar (kWh/m²/horas de sol)

R = Taxa de rendimento do sistema FV, tipicamente 80% (R=0,8)

Os valores de consumo (E) são as constantes da tabela 3.

Para completar o cálculo da potência gerada pelos painéis fotovoltaicos foram necessários dados diários de radiação solar incidente (G_{poa}). Os valores das médias anuais do

total diário da radiação solar (kWh/m²/dia) foram obtidos com o programa Radiasol 1 em função das diferentes orientações e inclinações das casas.

Das 9 cidades em estudo, apenas Chapecó está originalmente no banco de dados do programa Radiasol. Assim, se faz necessária buscar as demais cidades no banco de dados do projeto Solar and Wind Energy Resource Assessment Project (SWERA), que mostra a distribuição da radiação solar numa base horária e disponibiliza o mapeamento desse recurso em resolução temporal mensal. O projeto possui informações de todo o território brasileiro com resolução espacial de 10km x 10km e pode ser acessado em swera.unep.net.

Para fazer a busca, usaram-se os valores das coordenadas latitude e longitude de cada cidade como referência, conforme mostra o quadro 1.

COORDENADAS		
CIDADE	LONGITUDE	LATITUDE
Florianópolis	-48.56	-27.58
São José	-48.65	-27.63
Palhoça	-48.66	-27.63
Curitibanos	-50.6	-27.3
Joaçaba	-51.5	-27,17
Concórdia	-52,02	-27,23
Chapecó	-52,98	-27,08
Quilombo	-52,72	-26,73
Palma Sola	-53.26	-26.34

Quadro 1 - Coordenadas das diferentes cidades de SC em estudo.

Entre os diferentes tipos de irradiação existentes no banco de dados SWERA, os valores utilizados para os cálculos de energia solar FV foram os da radiação global. Nesta etapa foram coletados dados de pontos existentes próximos às cidades em estudo e foi feita uma média aritmética. Os resultados foram utilizados para as devidas cidades e alimentados no programa Radiasol 1 para finalizar os cálculos, conforme mostra o exemplo abaixo.

Exemplo:

Tabela 4 - Pontos próximos às coordenadas de Curitibanos com valores mensais de irradiação global em Wh/m².

	LONGITUDE	LATITUDE	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Curitibanos - SC	-50.6	-27.3												
Estação próxima 01	-51,07	-27,42	6373,26	5708,87	5214,75	4300,46	3403,34	3012,12	3137,85	3975,97	4468,16	5251,53	6049,09	6639,93
Estação próxima 02	-50,66	-27,41	6263,59	5600,60	5101,89	4232,81	3329,87	2938,98	3168,85	3926,11	4286,39	5109,68	5906,57	6505,92
Estação próxima 03	-50,26	-27,40	6067,70	5374,87	4896,88	4078,21	3251,80	2908,29	3018,23	3803,84	4115,72	4814,29	5718,17	6368,01
Estação próxima 04	-50,68	-27,05	6142,84	5514,76	4983,15	4255,45	3395,93	2984,20	3223,41	4004,05	4355,21	5060,18	5789,60	6447,41
Valores para Curitibanos			6211,85	5549,77	5049,17	4216,73	3345,24	2960,90	3137,08	3927,49	4306,37	5058,92	5865,86	6490,32

Os dados estimados para a cidade foram inseridos no programa Radiasol 1, criando uma nova estação para o software, conforme mostra a figura 13.

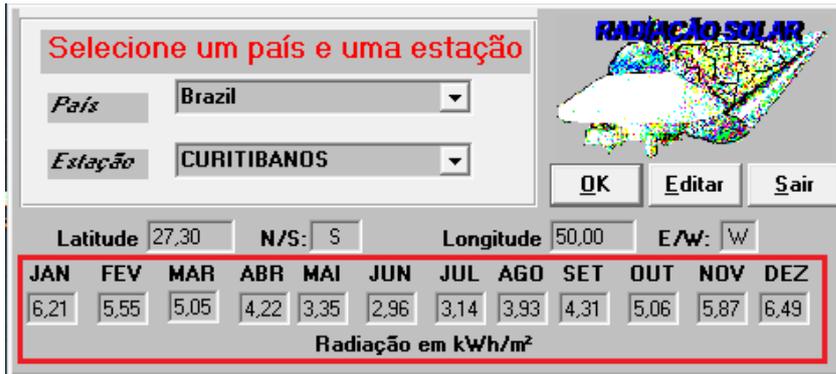


Figura 13 - Interface inicial do programa Radiasol. Em realce, os valores de entrada para os cálculos.

Na segunda interface, ilustrada na figura 14, há a opção de escolha da inclinação, que é o valor de inclinação do telhado da residência em estudo. O ângulo azimutal foi determinado em função do sentido que a água utilizada do telhado está. A maioria das casas possui águas voltadas para o norte (desvio azimutal igual a 0°). Entre a minoria, algumas estão para Leste (90°) ou Oeste (-90°). Um ponto importante a ser observado antes de coletar os dados do Radiasol é que deve-se selecionar a opção de cálculo da irradiação difusa utilizando o método de “Perez” em opções, para obter os melhores resultados na região de Santa Catarina.

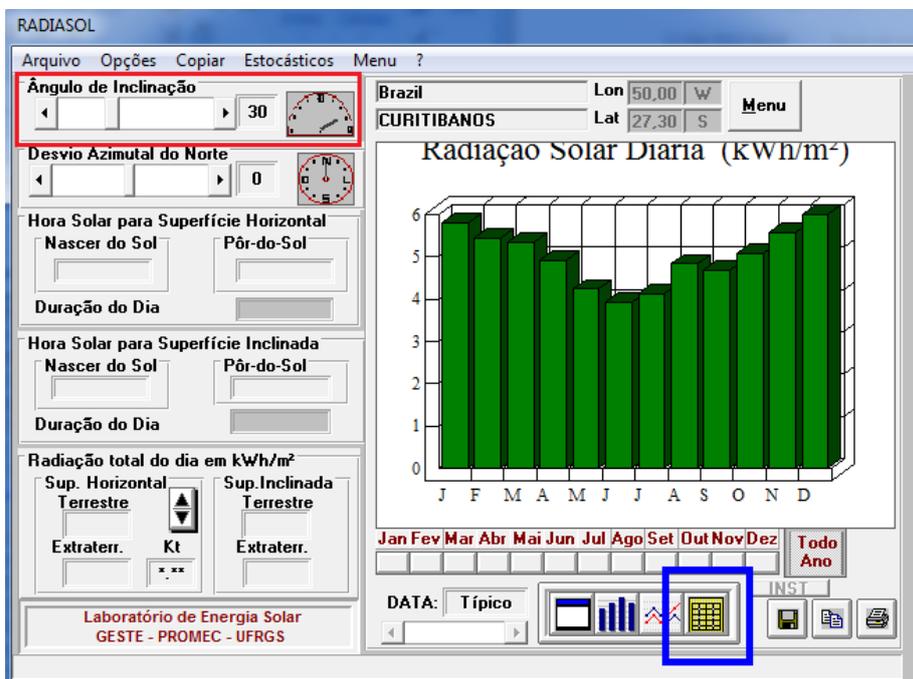


Figura 14 - Segunda interface do Radiasol 1. Destacado em vermelho a opção do ângulo de inclinação e em azul de onde extraímos os dados.

Depois de inseridas novas estações para o Radiasol 1 e encontrados os valores das médias anuais do total diário da radiação solar para cada residência com suas diferentes inclinações, tem-se:

Tabela 5 – Médias anuais do total diário de irradiação solar.

MÉDIAS ANUAIS DO TOTAL DIÁRIO DE IRRADIAÇÃO SOLAR				
CASA	CIDADE	(I) INCLINAÇÃO (Graus)	DESVIO AZIMUTAL (Graus)	(G _{poa}) IRRADIAÇÃO SOLAR (kWh/m ²)
01	Concórdia	35°	90°	4,613
02	Concórdia	30°	0°	5,171
03	Concórdia	25°	0°	5,19
04	Joaçaba	25°	0°	5,181
05	Palhoça	18°	0°	4,69
06	Chapecó	15°	0°	5,033
07	Quilombo	15°	90°	4,939
08	Florianópolis	30°	0°	4,703
09	São José	15°	0°	4,672
10	Curitibanos	30°	-90°	4,487
11	Florianópolis	25°	90°	4,346
12	Palhoça	35°	90°	4,197
13	São José	40°	0°	4,611
14	São José	30°	0°	4,703
15	Florianópolis	35°	0°	4,668
16	Palhoça	35°	0°	4,668
17	Concórdia	17°	0°	5,179
18	Florianópolis	45°	0°	4,532
19	Florianópolis	15°	0°	5,271
20	Concórdia	35°	0°	5,121

Com os valores de (E), (G_{poa}) e das 20 residências, foi possível encontrar a potência nominal necessária (P_{cc}) de cada casa, usando a equação 01.

Tabela 6 - Resultados de potência nominal para cada residência.

POTÊNCIA NOMINAL NECESSÁRIA (PEREZ)	
CASA	(P _{cc}) (kW _{pcc})
01	3,525
02	2,46
03	1,804
04	2,825
05	2,378
06	7,926
07	2,084
08	4,02
09	2,702
10	6,900
11	3,248
12	5,104
13	3,119
14	2,269
15	4,070
16	3,193
17	0,872
18	1,051
19	2,093
20	1,224

3.4 ÁREA NECESSÁRIA DE PAINÉIS

Depois de encontrado a potência necessária para as diferentes residências, foi feita uma análise de área necessária de painéis FV com diferentes tipos de tecnologias existentes.

A equação utilizada foi:

$$A_{\text{total}} = \frac{P_{\text{cc}}}{E_{\text{ff}}} \times 100 \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

P_{cc} = Potência necessária (kWpcc)

E_{ff} = Eficiência do painel (%)

3.4.1 Tecnologias de módulos adotada

No atual mercado existem várias tecnologias de células fotovoltaicas. Para esse trabalho foram usados três tipos de módulos com fabricantes e tecnologias diferentes.

Entre as marcas e as tecnologias, a tabela 6 mostra os módulos adotados para o dimensionamento.

Tabela 7 - Módulos Fotovoltaicos adotados para o trabalho.

Fabricante	Tecnologia	Potência (W)	Eficiência (%)	Área da moldura (m ²)	Densidade (kg/m ²)
SUNPOWER	Monocristalina	230	18,5	1,244	12,06
REC	Policristalina	250	15,1	1,65	10,91
SHARP	Filme Fino de a-Si/Mc-Si (substrato de vidro)	135	9,6	1,403	18,53

Encontrando a área necessária de cada tecnologia, foi feito um estudo em cima das plantas de cobertura com o objetivo de instalar os módulos em uma única água de telhado e foi analisado se a mesma apresenta as áreas necessárias. Dividindo a área total necessária pela área da moldura do módulo, se obtem a quantidade de módulos necessários para o sistema.

Nas plantas de cobertura foram sublinhadas as áreas de telhado utilizadas para estudo, nomeando-as como “A”, “B”, “C” e assim por diante. Feito isso, compara-se o valor da área necessária com o da área disponível.

3.5 CONSUMO x GERAÇÃO

Para analisar o potencial de energia gerada com a demanda de energia elétrica, foi feita uma planilha de cálculos *Excel*, em que para os cálculos de consumo foram utilizados os valores dos 12 meses dos boletos de conta de energia elétrica coletados a campo. Para cada

mês o valor de consumo foi dividido por seu respectivo número de dias, resultando em uma média diária de consumo (kWh/dia) para cada mês.

$$\text{CONSUMO} = \frac{\text{Consumo mensal}}{\text{nº de dias no mês}} \quad \text{Equação (3)}$$

Já para a geração foi necessário utilizar os valores da potência nominal (P_{cc}), irradiação solar (G_{poa}) e rendimento do sistema, onde o princípio de cálculo para encontrar estes foram citados anteriormente. Para esta análise foi utilizado um valor médio anual de potência nominal e valores mensais de irradiação solar.

$$\text{GERAÇÃO} \rightarrow E = P_{cc} \times G_{poa} \times R \quad \text{Equação (4)}$$

Calculados os valores para consumo e geração, os mesmos foram apresentados em um gráfico de barras, podendo assim se observar nitidamente quais os períodos do ano onde a geração fotovoltaica é maior do que o consumo e vice e versa.

Para algumas residências o consumo foi bastante elevado e por isso foi feito um questionário com 11 perguntas e distribuído entre os moradores, para se compreender o motivo de algumas residências gastarem mais e outras menos.

O questionário tem perguntas como: quantos moradores habitam a casa, quantos metros quadrados, quantidade de quartos, se tem piscina, iluminação de jardim, portão elétrico, qual o tipo de aquecimento de água (se é a gás, elétrico ou solar), se tem lavadora de louças, secadora de roupas, ar condicionado e outros gastos de energia elétrica.

Para todas as residências considerou-se que já possuem os eletrodomésticos básicos. O questionário aborda perguntas relacionadas a bens que nem todos os moradores possuem, e que podem ter grande influência na demanda de consumo.

3.6 LEVANTAMENTO DE CUSTOS

Por fim, foi feito um estudo de viabilidade econômica. Já que a pesquisa é desenvolvida com dados reais, e a resolução para este tipo de tecnologia acaba de ser aprovada (17/04), podem-se obter valores reais de mercado e analisar a viabilidade do investimento atual. Não foram considerados os fatores de redução anual da geração FV para os fins de cálculo.

Primeiramente foi necessário estipular uma taxa mínima de atratividade (TMA), que contemplará todos os custos de oportunidade alternativa, risco e liquidez. Este valor foi fixado em 6% ao ano, ou seja, 0,4867% ao mês.

3.6.1 Parâmetros para viabilidade econômica

a) Fluxo de caixa

Foi feito um estudo de fluxo de caixa de modo analítico com planilhas desenvolvidas no *Microsoft Excel* para as 20 residências. O critério para determinar o custo inicial de investimento foram valores de diferentes cenários. A tabela 7 foi fator determinante do custo dos três cenários, a média anual de consumo de cada residência e 1,19% de aumento anual da tarifa (R\$ 0,398533¹) da energia elétrica fornecida pela CELESC. Considerou-se também uma taxa anual de manutenção do sistema FV de 1% ao ano do valor de capital inicial. Foram adotados três cenários diferentes para o estudo de caso. O critério para esses valores foi de que empresas que já estão executando esses serviços cobram cerca de os cobram cerca de 7000,00 o KWpcc instalado. A tendência é que esse custo diminua com o crescimento do mercado fotovoltaico, então foram utilizados cenários variados entre ádos entre 6000,00 e R\$ 4.000,00 o KWpcc, conforme tabela 8.

Tabela 8 – Custo fixado para cada cenário

Cenário	Custo (R\$/kWpcc)
A	6.000,00
B	5.000,00
C	4.000,00

b) Valor Presente Líquido (VPL)

Se o valor de VPL for positivo no 25º ano, o investimento será economicamente atrativo.

Se VPL = zero, é indiferente viável.

Se VPL < zero, o investimento é economicamente inviável.

c) Taxa Interna de Retorno (TIR)

¹ Valor da tarifa sem os impostos. O retorno certamente seria mais rápido se os impostos fossem considerados.

Calculou-se a taxa de desconto que equivale ao valor presente líquido dos fluxos de caixa do sistema FV a zero. Ou seja, é a taxa em que o valor presente das entradas é igual ao valor presente das saídas. Para:

$TIR > TMA$: investimento economicamente atrativo.

$TIR = TMA$: investimento economicamente indiferente.

$TIR < TMA$: investimento economicamente inviável.

d) *Payback* e *Payback* descontado

Foram feitos estudos de *Payback* para saber em quanto tempo o investimento trará retorno, levando e não em conta o custo do dinheiro no tempo.

4 RESULTADOS

Nesta etapa serão mostrados os resultados obtidos para a área de telhado necessária das 20 residências, os cálculos e as análises feitas para o consumo de energia elétrica e a geração de energia fotovoltaica e por fim valores relacionados ao custo do sistema.

I. ÁREA DE TELHADO

No item em questão, apresentam-se os resultados dos cálculos utilizando o método citado no item 3.4. As plantas de cobertura de cada casa e a área de telhado utilizada para a implantação do sistema FV também são apresentados. Utilizando a equação 02, com os dados de P_{cc} (tabela 5) e E_{ff} dos módulos (tabela 6), se obtém:

II. CONSUMO x GERAÇÃO

Neste item encontram-se os resultados de planilhas de cálculos e gráficos feitos no *Excel*. Para o consumo foi utilizado a equação (3) e para geração a equação (4). Também seguem abaixo fotos de fachada das casas que foram solicitadas junto ao questionário, mencionado no item 3.5.

Casa 01 – Área de Telhado

Área da casa = 292,4 m²

Área água “A” = 33,5 m²

Área água “B” = 53,0 m²

Inc. telhado = 35° L

Pcc = 3,53 kWpcc

1 - Utilizando módulos de célula monocristalina

Temos,

$A_{total} = 19,05 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{módulos} = 15 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$

2- Utilizando módulos de célula Policristalina

Temos,

$A_{total} = 23,34 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{módulos} = 14 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$

3- Utilizando módulos de filme fino

Temos,

$A_{total} = 36,72 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{módulos} = 26 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} > \text{Área água “A”} \rightarrow \text{Ñ OK!}$

$A_{total} < \text{Área água “B”} \rightarrow \text{OK!}$

4 - RESULTADO FINAL

A arquitetura da casa permite torná-la 100% sustentável com qualquer uma das três tecnologias. As tecnologias monocristalina e policristalina podem ser instaladas na água mais alta (A), pois a área de telhado é maior que a necessária. A tecnologia de filme fino pode ser adotada, mas exigirá uma área maior de telhado. A solução seria instalar os módulos na água “B”.

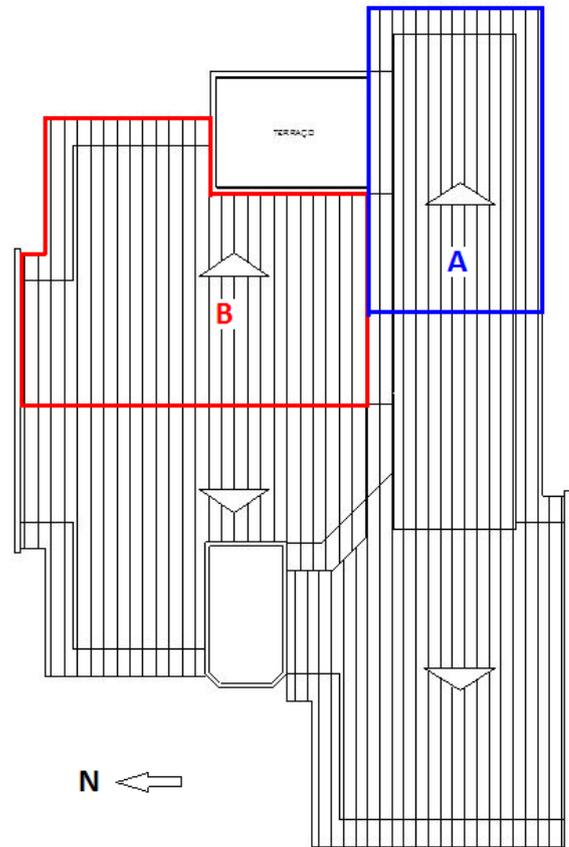


Figura 15 - Planta de cobertura CASA 01

Casa 01 - Consumo x Geração

A casa possui 292,4 m², com 3 quartos;

3 moradores;

Aquecimento de água através de coletores solares;

Possui ar condicionado;

Portão elétrico;

Nenhuma anormalidade no consumo energético.



Figura 16 – Fachada da casa 01

Tabela 9 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 01

	CONSUMO				GERAÇÃO				
	MÊS	Consumo mensal (kWh)	Qtde dias no mês	média diária (kWh/dia)	Pcc (kWpcc)	Gpoa (kWh/m ² /dia)	R (80%)	E (kWh/dia)	
CASA 01 (Concórdia)	fev/11	243	28	8,68	3,53	5,409	0,8	15,25	
	mar/11	305	31	9,84	3,53	5,045	0,8	14,23	
	abr/11	222	30	7,40	3,53	4,134	0,8	11,66	
	mai/11	366	31	11,81	3,53	3,323	0,8	9,37	
	jun/11	325	30	10,83	3,53	2,876	0,8	8,11	
	jul/11	527	31	17,00	3,53	3,035	0,8	8,56	
	ago/11	514	31	16,58	3,53	3,777	0,8	10,65	
	set/11	585	30	19,50	3,53	4,327	0,8	12,20	
	out/11	473	31	15,26	3,53	5,044	0,8	14,23	
	nov/11	396	30	13,20	3,53	5,915	0,8	16,68	
	dez/11	396	31	12,77	3,53	6,314	0,8	17,81	
	jan/12	396	31	12,77	3,53	6,155	0,8	17,36	

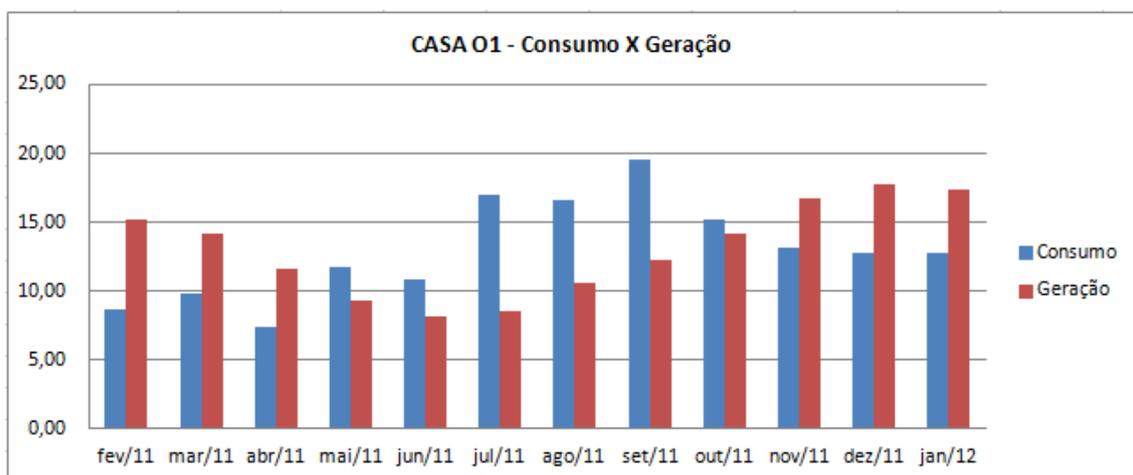


Gráfico 6 - Análise entre a média diária do consumo de energia (em kWh/dia) elétrica e geração de energia fotovoltaica (em kWh/dia) para CASA 01

Casa 02 – Área de Telhado

Área da casa = 339 m²

Área água “A” = 33,5 m²

Inc. telhado = 30° N

Pcc = 2,46 kWpcc

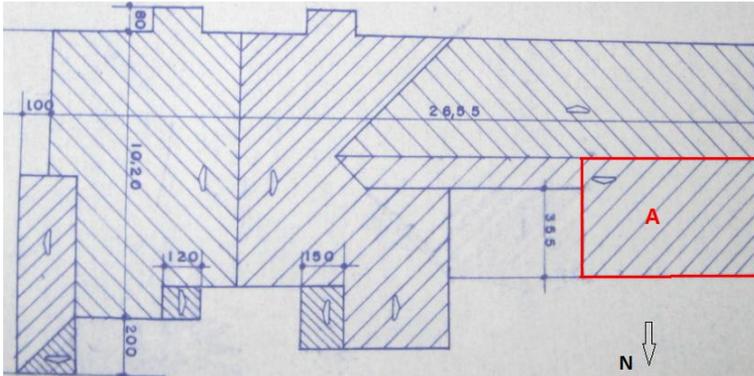


Figura 17 - Planta de cobertura CASA 02.

1 - Utilizando módulos de célula monocristalina

Temos,

$A_{\text{total}} = 13,28 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{módulos} = 11 \text{ unidades}$

Então,

$A_{\text{total}} < \text{Área água "A"} \rightarrow \text{OK!}$

2 - Utilizando módulos de célula policristalina

Temos,

$A_{\text{total}} = 16,27 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{módulos} = 10 \text{ unidades}$

Então,

$A_{\text{total}} < \text{Área água "A"} \rightarrow \text{OK!}$

3 - Utilizando módulos de filme fino

Temos,

$A_{\text{total}} = 25,59 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{módulos} = 18 \text{ unidades}$

Então,

$A_{\text{total}} > \text{Área água "A"} \rightarrow \tilde{\text{N}} \text{ OK!}$

4 - RESULTADO FINAL

A casa possui apenas uma água voltada para o Norte, e esta tem área suficiente apenas para a instalação de módulos monocristalinos e policristalinos. Para instalar módulos de filme fino, seria necessário adotar uma água não voltada para o norte geográfico e fazer novos cálculos de irradiação considerando o desvio azimutal no radiaçol 1.

Casa 02 – Consumo x geração

A casa possui 339 m², com 4 quartos;

2 moradores;

O tipo de aquecimento de água é elétrico;

Possui ar condicionado;

Piscina com motor elétrico;

Nenhuma anormalidade no consumo energético.



Figura 18 – Fachada da CASA 02

Tabela 10 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 02

	CONSUMO				GERAÇÃO				
	MÊS	Consumo mensal (kWh)	Qtde dias no mês	média diária (kWh/dia)	Pcc (kWpcc)	Gpoa (kWh/m ² /dia)	R (80%)	E (kWh/dia)	
CASA 02 (Concórdia)	fev/11	320	28	11,43	2,46	5,706	0,8	11,22	
	mar/11	300	31	9,68	2,46	5,69	0,8	11,18	
	abr/11	220	30	7,33	2,46	4,99	0,8	9,81	
	mai/11	270	31	8,71	2,46	4,308	0,8	8,47	
	jun/11	190	30	6,33	2,46	3,798	0,8	7,47	
	jul/11	260	31	8,39	2,46	3,98	0,8	7,82	
	ago/11	420	31	13,55	2,46	4,792	0,8	9,42	
	set/11	290	30	9,67	2,46	4,958	0,8	9,75	
	out/11	370	31	11,94	2,46	5,434	0,8	10,68	
	nov/11	350	30	11,67	2,46	6,014	0,8	11,82	
	dez/11	330	31	10,65	2,46	6,228	0,8	12,24	
	jan/12	390	31	12,58	2,46	6,15	0,8	12,09	

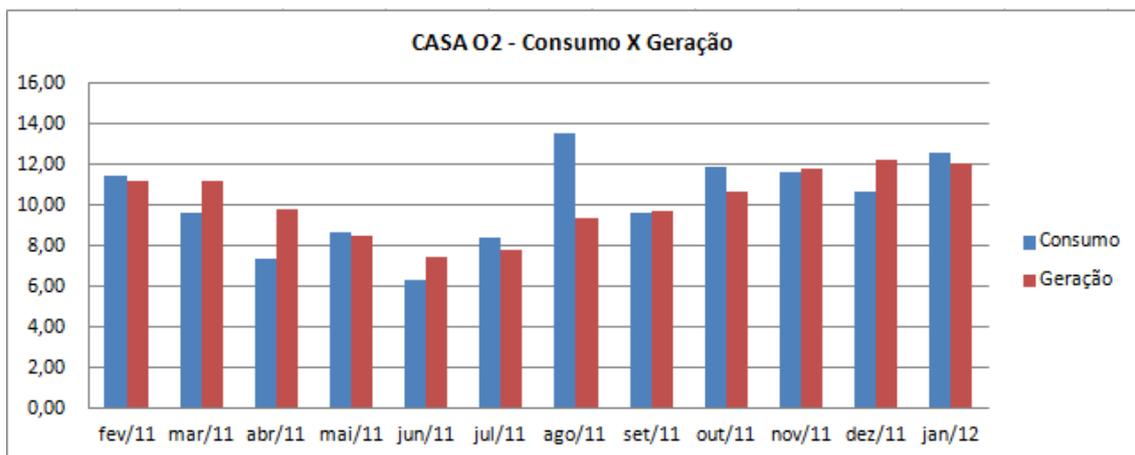


Gráfico 7 - Análise entre a média diária do consumo de energia (em kWh/dia) elétrica e geração de energia fotovoltaica (em kWh/dia) para CASA 02

Casa 03 – Área de Telhado

Área da casa = 121 m²

Área água “A” = 15,70 m²

Área água “B” = 25,46 m²

Inc. telhado = 25° N

Pcc = 1,770 kWpcc

1- Utilizando módulos de célula monocristalina

Temos,

$A_{total} = 9,75 \text{ m}^2$

$n^{\circ} \text{módulos} = 8 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$

2 - Utilizando módulos de célula Policristalina

Temos,

$A_{total} = 11,95 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{módulos} = 7 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$

3 - Utilizando módulos de filme fino

Temos,

$A_{total} = 18,79 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{módulos} = 13 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} > \text{Área água “A”} \rightarrow \text{Ñ OK!}$

$A_{total} > \text{Área água “B”} \rightarrow \text{OK!}$

4 - RESULTADO FINAL

Foram selecionadas as duas maiores águas voltada para o Norte, sendo que ambas atendem a área necessária para os módulos mono e policristalino. Para a tecnologia de filme fino, a água “B” atende as necessidades, havendo três opções de tecnologias para tornar a casa 100% sustentável em energia elétrica.

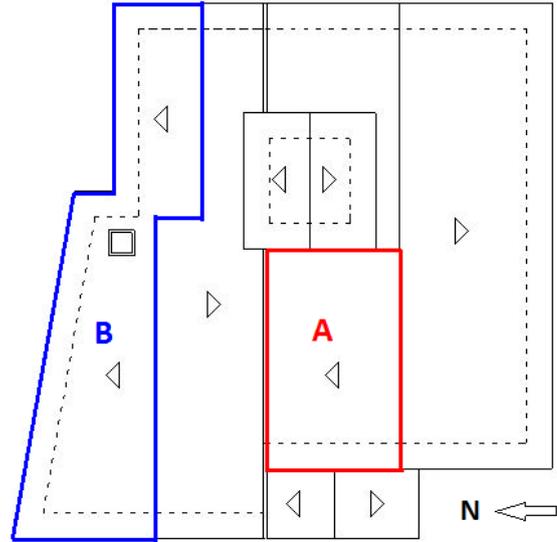


Figura 19 - Planta de cobertura CASA 03

Casa 03 – Consumo x geração

A casa possui 121m², com 4 quartos;

3 moradores;

O tipo de aquecimento de água é elétrico;

Nenhuma anormalidade no consumo energético.



Figura 20 – Fachada da CASA 03

Tabela 11 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 03

CASA 03 (Concórdia)	CONSUMO				GERAÇÃO			
	MÊS	Consumo mensal (kWh)	Qtde dias no mês	média diária (kWh/dia)	Pcc (kWpcc)	Gpoa (kWh/m ² /dia)	R (80%)	E (kWh/dia)
	fev/11	224	28	8,00	1,804	5,792	0,8	8,36
	mar/11	231	31	7,45	1,804	5,718	0,8	8,25
	abr/11	209	30	6,97	1,804	4,95	0,8	7,14
	mai/11	225	31	7,26	1,804	4,232	0,8	6,11
	jun/11	213	30	7,10	1,804	3,72	0,8	5,37
	jul/11	249	31	8,03	1,804	3,902	0,8	5,63
	ago/11	235	31	7,58	1,804	4,728	0,8	6,82
	set/11	237	30	7,90	1,804	4,958	0,8	7,16
	out/11	218	31	7,03	1,804	5,492	0,8	7,93
	nov/11	220	30	7,33	1,804	6,146	0,8	8,87
	dez/11	198	31	6,39	1,804	6,404	0,8	9,24
	jan/12	275	31	8,87	1,804	6,304	0,8	9,10

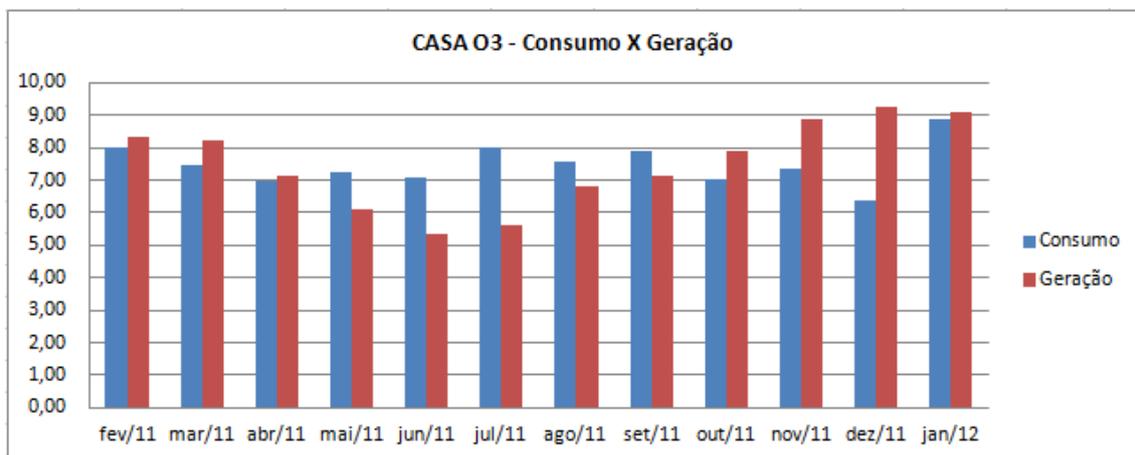


Gráfico 8 - Análise entre a média diária do consumo de energia (em kWh/dia) elétrica e geração de energia fotovoltaica (em kWh/dia) para CASA 03

Casa 04 – Área de Telhado

Área da casa = 128 m²

Área água “A” = 21,33 m²

Inc. telhado = 25° N

Pcc = 2,825 kWpcc

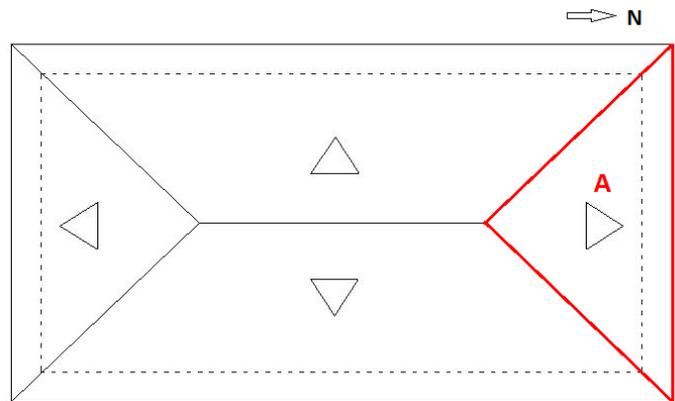


Figura 21 - Planta de cobertura CASA 04

1 - Utilizando módulos de célula monocristalina

Temos,

$A_{total} = 15,27 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 12 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água "A"} \rightarrow \text{OK!}$

2 - Utilizando módulos de célula Policristalina

Temos,

$A_{total} = 18,71 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 11 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água "A"} \rightarrow \text{OK!}$

3 - Utilizando módulos de filme fino

Temos,

$A_{total} = 29,43 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 21 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} > \text{Área água "A"} \rightarrow \text{Ñ OK!}$

4- RESULTADO FINAL

A Casa possui apenas uma água voltada para o Norte, e esta tem área suficiente apenas para a instalação de módulos monocristalinos e policristalinos. Para instalar módulos de filme fino, seria necessário adotar uma água não voltada para o norte geográfico e fazer novos cálculos de irradiação considerando o desvio azimutal no radiaçol 1.

Casa 04 – Consumo x geração

A casa possui 128 m², com 3 quartos;

3 moradores;

O tipo de aquecimento de água é elétrico;

Piscina com motor elétrico;

Nenhuma anormalidade no consumo energético.



Figura 22 – Fachada da CASA 04

Tabela 12 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 04

	CONSUMO				GERAÇÃO			
	MÊS	Consumo mensal (kWh)	Qtde dias no mês	média diária (kWh/dia)	Pcc (kWpcc)	Gpoa (kWh/m ² /dia)	R (80%)	E (kWh/dia)
CASA 04 (Joaçaba)	fev/11	334	28	11,93	2,825	5,694	0,8	12,87
	mar/11	365	31	11,77	2,825	5,68	0,8	12,84
	abr/11	342	30	11,40	2,825	4,966	0,8	11,22
	mai/11	374	31	12,06	2,825	4,254	0,8	9,61
	jun/11	450	30	15,00	2,825	3,832	0,8	8,66
	jul/11	470	31	15,16	2,825	3,992	0,8	9,02
	ago/11	262	31	8,45	2,825	4,768	0,8	10,78
	set/11	389	30	12,97	2,825	4,948	0,8	11,18
	out/11	394	31	12,71	2,825	5,46	0,8	12,34
	nov/11	339	30	11,30	2,825	6,056	0,8	13,69
	dez/11	340	31	10,97	2,825	6,328	0,8	14,30
	jan/12	215	31	6,94	2,825	6,194	0,8	14,00

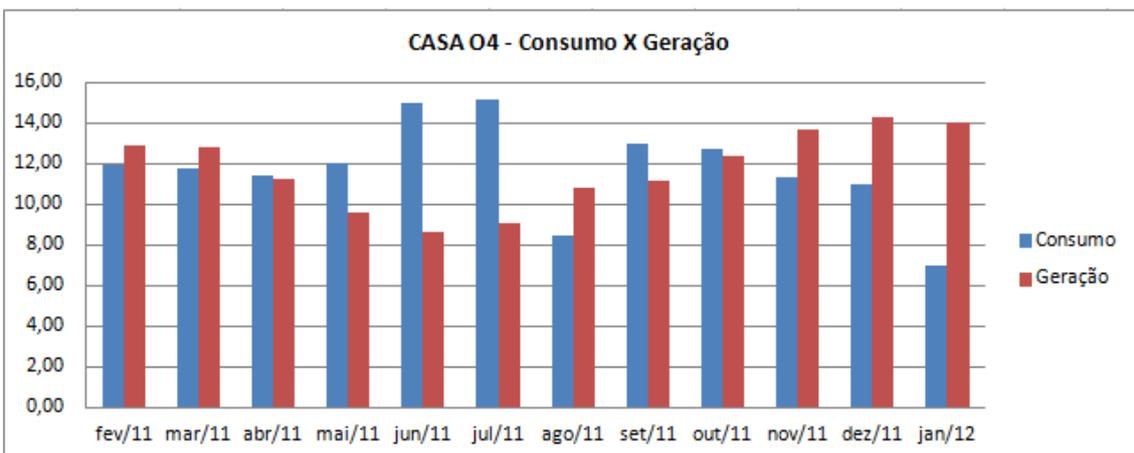


Gráfico 09 - Análise entre a média diária do consumo de energia (em kWh/dia) elétrica e geração de energia fotovoltaica (em kWh/dia) para CASA 04

Casa 05 – Área de Telhado

Área da casa = 200 m²

Área água “A” = 21,53 m²

Inc. telhado = 18° N

Pcc = 2,378 kWpcc

1 - Utilizando módulos de célula monocristalina

Temos,

$A_{total} = 12,86 \text{ m}^2$

$n^{\circ} \text{módulos} = 10 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$

2 - Utilizando módulos de célula Policristalina

Temos,

$A_{total} = 15,75 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{módulos} = 10 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$

3 - Utilizando módulos de filme fino

Temos,

$A_{total} = 24,77 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{módulos} = 18 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} > \text{Área água “A”} \rightarrow \text{Ñ OK!}$

4- RESULTADO FINAL

A maior água voltada para o norte atende apenas aos módulos de tecnologia mono e policristalina. Para instalar módulos de filme fino, seria necessário utilizar mais uma água não voltada para o norte geográfico e fazer novos cálculos de irradiação considerando o desvio azimutal no radiasol 1. Também seria necessário um novo inversor para a segunda água.

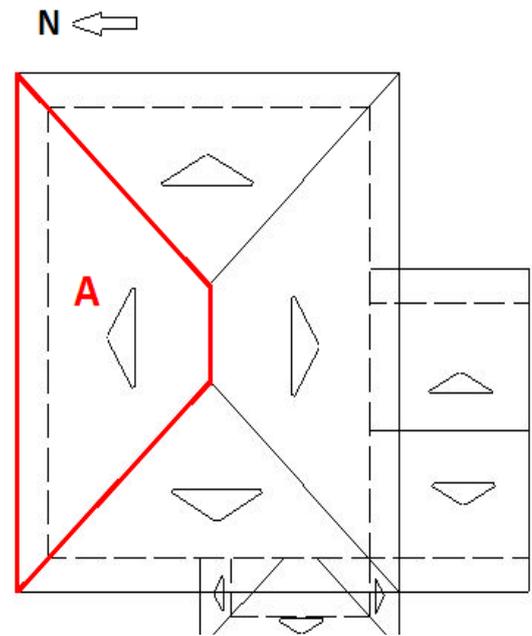


Figura 23 - Planta de cobertura CASA 05

Casa 05 – Consumo x geração

A casa possui 200 m², com 4 quartos;

4 moradores;

Aquecimento de água através de coletores solares;

Possui ar condicionado;

Nenhuma anormalidade no consumo energético.



Figura 24 – Fachada da CASA 05

Tabela 13 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 05

	CONSUMO				GERAÇÃO			
	MÊS	Consumo mensal (kWh)	Qtde dias no mês	média diária (kWh/dia)	Pcc (kWpcc)	Gpoa (kWh/m ² /dia)	R (80%)	E (kWh/dia)
CASA 05 (Palhoça)	fev/11	198	28	7,07	2,378	5,41	0,8	10,29
	mar/11	295	31	9,52	2,378	5,156	0,8	9,81
	abr/11	255	30	8,50	2,378	4,456	0,8	8,48
	mai/11	237	31	7,65	2,378	3,908	0,8	7,44
	jun/11	263	30	8,77	2,378	3,494	0,8	6,65
	jul/11	314	31	10,13	2,378	3,512	0,8	6,68
	ago/11	301	31	9,71	2,378	4,15	0,8	7,90
	set/11	316	30	10,53	2,378	4,094	0,8	7,79
	out/11	259	31	8,35	2,378	4,802	0,8	9,14
	nov/11	279	30	9,30	2,378	5,426	0,8	10,32
	dez/11	264	31	8,52	2,378	5,994	0,8	11,40
	jan/12	276	31	8,90	2,378	5,926	0,8	11,27

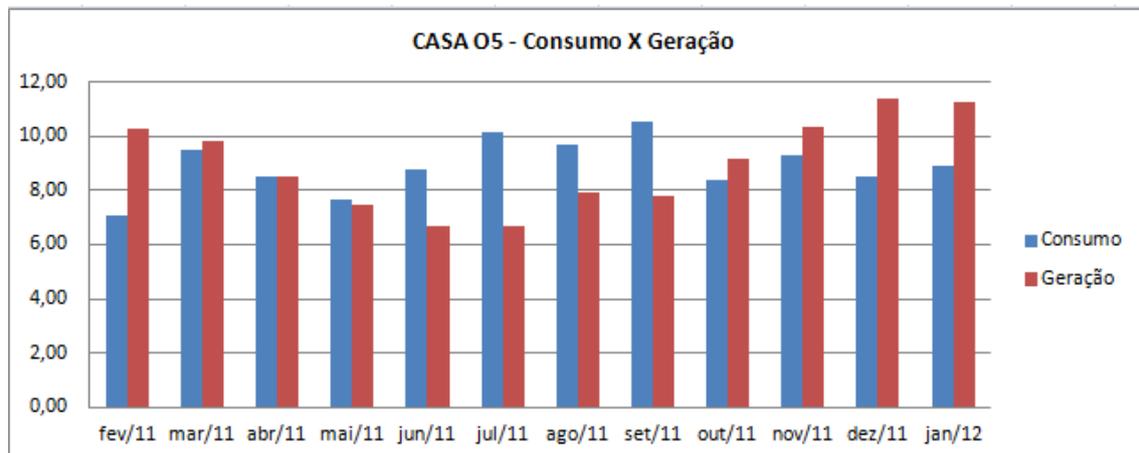


Gráfico 10 - Análise entre a média diária do consumo de energia (em kWh/dia) elétrica e geração de energia fotovoltaica (em kWh/dia) para CASA 05

Casa 06 – Área de Telhado

Área da casa = 600 m²

Área água “A” = 70,65 m²

Inc. telhado = 18° N

Pcc = 2,378 kWpcc

1 - Utilizando módulos de célula monocristalina

Temos,

$A_{total} = 42,84 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 34 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$

2 - Utilizando módulos de célula Policristalina

Temos,

$A_{total} = 52,49 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 32 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$

3 - Utilizando módulos de filme fino

Temos,

$A_{total} = 82,56 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 59 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} > \text{Área água “A”} \rightarrow \text{Ñ OK!}$

4- RESULTADO FINAL

A maior água voltada para o norte atende apenas aos módulos de tecnologia mono e policristalina. Para instalar módulos de filme fino, seria necessário utilizar outra água para o norte, o que é possível para esta casa. Também seria necessário um novo inversor para a segunda água. Por essa razão optou-se em manter apenas duas opções entre mono e policristalina.

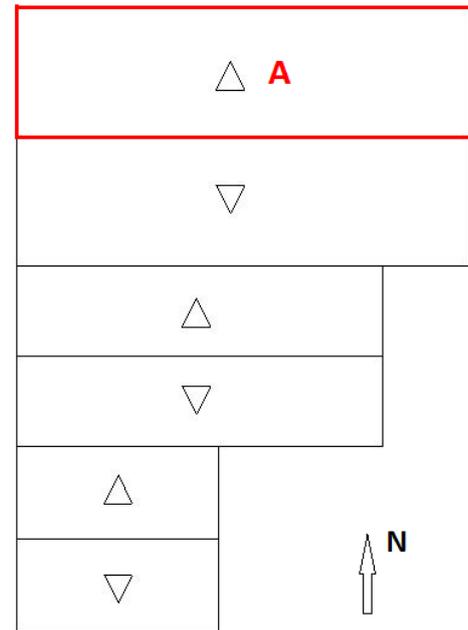


Figura 25 - Planta de cobertura CASA 06

Casa 06 – Consumo x geração

A casa possui 600 m², com 3 quartos;

3 moradores;

O tipo de aquecimento de água é elétrico;

Possui ar condicionado;

Secadora de roupas;

Portão elétrico;

Mini fábrica de roupas, com 7 computadores e 6 máquinas de costura.



Figura 26 – Fachada da CASA 06

Tabela 14 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 06

	CONSUMO				GERAÇÃO			
	MÊS	Consumo mensal (kWh)	Qtde dias no mês	média diária (kWh/dia)	Pcc (kWpcc)	Gpoa (kWh/m ² /dia)	R (80%)	E (kWh/dia)
CASA 06 (Chapecó)	fev/11	800	28	28,57	7,926	5,944	0,8	37,69
	mar/11	795	31	25,65	7,926	5,308	0,8	33,66
	abr/11	749	30	24,97	7,926	4,784	0,8	30,33
	mai/11	676	31	21,81	7,926	4,154	0,8	26,34
	jun/11	871	30	29,03	7,926	3,454	0,8	21,90
	jul/11	125	31	4,03	7,926	3,898	0,8	24,72
	ago/11	1336	31	43,10	7,926	4,144	0,8	26,28
	set/11	1305	30	43,50	7,926	4,468	0,8	28,33
	out/11	1260	31	40,65	7,926	5,808	0,8	36,83
	nov/11	1218	30	40,60	7,926	6,246	0,8	39,60
	dez/11	1153	31	37,19	7,926	6,476	0,8	41,06
	jan/12	1360	31	43,87	7,926	5,706	0,8	36,18

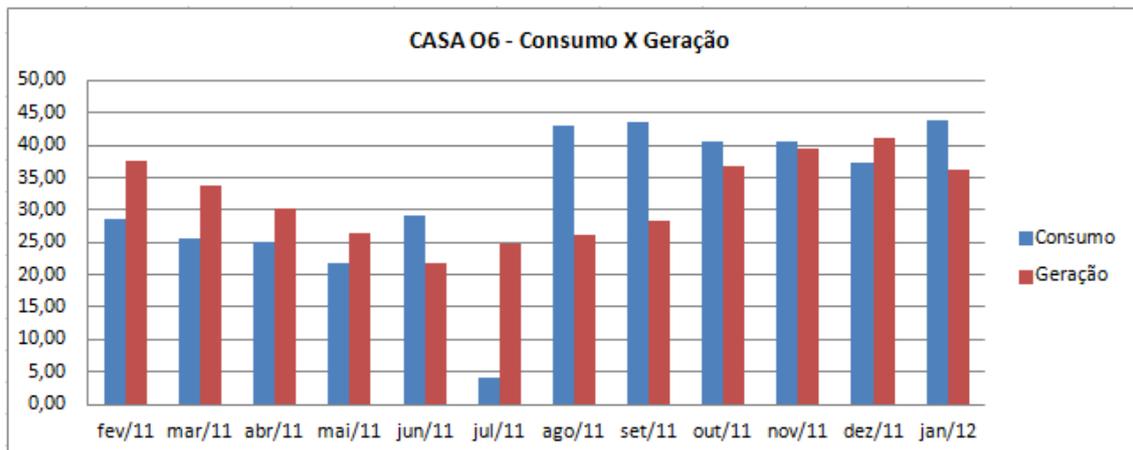


Gráfico 11 - Análise entre a média diária do consumo de energia (em kWh/dia) elétrica e geração de energia fotovoltaica (em kWh/dia) para CASA 06

Casa 07 – Área de Telhado

Área da casa = 120 m²

Área água “A” = 60 m²

Inc. telhado = 15° L

Pcc = 2,084 kWpcc

1 - Utilizando módulos de célula monocristalina

Temos,

$A_{total} = 11,27 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 9 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$

2 - Utilizando módulos de célula Policristalina

Temos,

$A_{total} = 13,80 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 8 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$

3 - Utilizando módulos de filme fino

Temos,

$A_{total} = 21,15 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 15 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$

4- RESULTADO FINAL

A casa possui uma água grande comparado à demanda de área FV que caberiam as três tecnologias juntas. Com este telhado pode-se tornar a casa 100% sustentável utilizando qualquer um dos módulos em estudo.

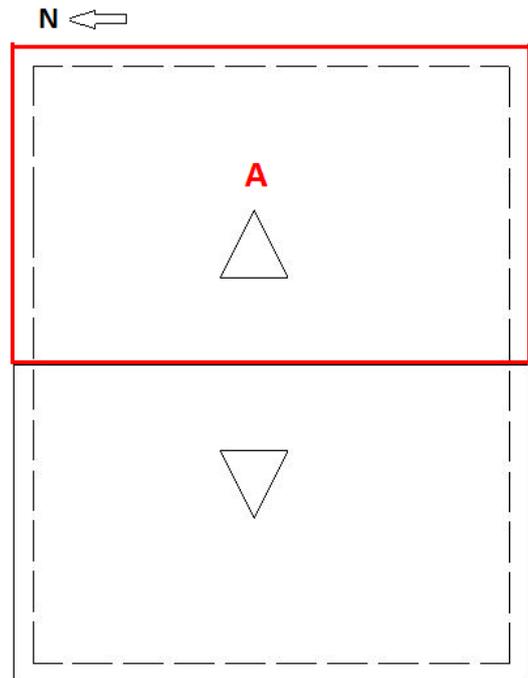


Figura 27 - Planta de cobertura CASA 07

Casa 07 – Consumo x geração

A casa possui 120 m², com 4 quartos;

2 moradores;

O tipo de aquecimento de água é elétrico;

Possui ar condicionado;

Nenhuma anormalidade no consumo energético.



Figura 28 – Fachada da CASA 07

Tabela 15 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 07

	CONSUMO					GERAÇÃO			
	MÊS	Consumo mensal (kWh)	Qtde dias no mês	média diária (kWh/dia)		Pcc (kWpcc)	Gpoa (kWh/m ² /dia)	R (80%)	E (kWh/dia)
CASA 07 (Quilombo)	fev/11	273	28	9,75	2,164	5,834	0,8	10,10	
	mar/11	281	31	9,06	2,164	5,381	0,8	9,31	
	abr/11	206	30	6,87	2,164	4,394	0,8	7,61	
	mai/11	286	31	9,23	2,164	3,515	0,8	6,08	
	jun/11	224	30	7,47	2,164	3,106	0,8	5,38	
	jul/11	221	31	7,13	2,164	3,268	0,8	5,66	
	ago/11	252	31	8,13	2,164	4,064	0,8	7,03	
	set/11	226	30	7,53	2,164	4,695	0,8	8,13	
	out/11	251	31	8,10	2,164	5,453	0,8	9,44	
	nov/11	214	30	7,13	2,164	6,388	0,8	11,06	
	dez/11	207	31	6,68	2,164	6,634	0,8	11,48	
	jan/12	365	31	11,77	2,164	6,537	0,8	11,31	

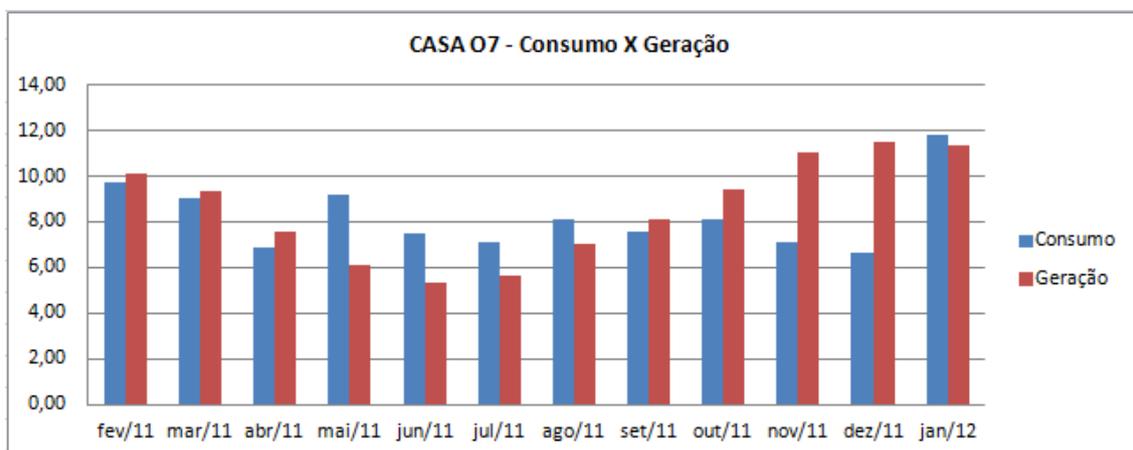


Gráfico 12 - Análise entre a média diária do consumo de energia (em kWh/dia) elétrica e geração de energia fotovoltaica (em kWh/dia) para CASA 07

Casa 08 – Área de Telhado

Área da casa = 250 m²

Área água “A” = 16,61 m²

Área água “B” = 20,5 m²

Área água “C” = 19,65 m²

Inc. telhado = 30° N

Pcc = 4,024 kWpcc

1 - Utilizando módulos de célula monocristalina

Temos,

$A_{total} = 21,75 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 17 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} > \text{Área água “A”, “B” e “C”} \rightarrow \tilde{N} \text{ OK!}$

2 - Utilizando módulos de célula Policristalina

Temos,

$A_{total} = 26,65 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 16 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} > \text{Área água “A”, “B” e “C”} \rightarrow \tilde{N} \text{ OK!}$

3 - Utilizando módulos de filme fino

Temos,

$A_{total} = 41,92 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 30 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} > \text{Área água “A”, “B” e “C”} \rightarrow \tilde{N} \text{ OK!}$

4- RESULTADO FINAL

As duas maiores águas da casa voltadas para o norte foram analisadas, mas nenhuma atendeu o valor de área necessária para instalar os módulos. Analisou-se uma terceira água da casa voltada para oeste, que também não foi suficiente. Se fosse, seria necessário fazer os cálculos de irradiação considerando o desvio azimutal para oeste no radiação 1. Optou-se então em utilizar a água “A” com a tecnologia monocristalina e calcular o quanto de consumo de energia será poupado por ano. Fazendo uma regra de três consegue-se saber o quão eficiente a casa se torna com a implantação do sistema FV. Logo, a contribuição fotovoltaica na redução do consumo é de 76,36%.

$$A_{necessária} = 21,75 \text{ ----- } 100\%$$

$$A_{Existente} = 16,61 \text{ ----- } x$$

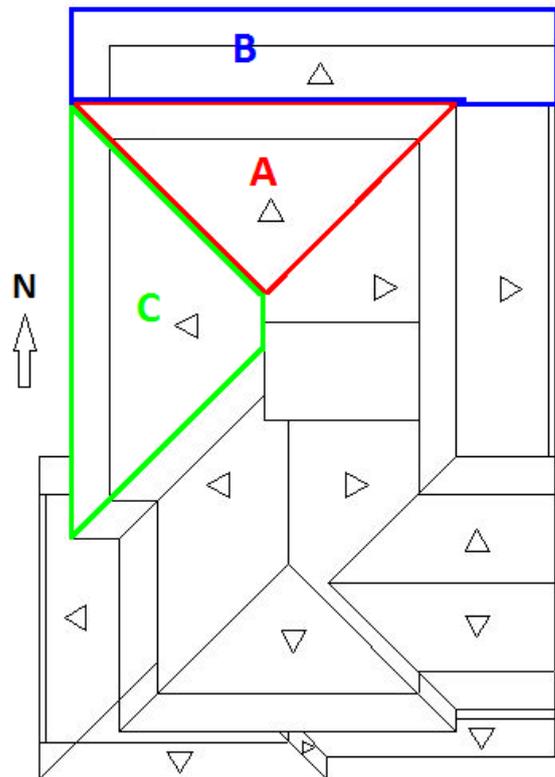


Figura 29 - Planta de cobertura CASA 08

Casa 08 – Consumo x geração

A casa possui 250 m², com 4 quartos;

5 moradores;

Aquecimento de água é através de coletores solares;

Possui ar condicionado;

Lavadora de louças;

Outros gastos com obras de reforma.

Nenhuma anormalidade no consumo energético.



Figura 30 – Fachada da CASA 08

Obs.: Foi feito a análise consumo X geração considerando 76,36% de contribuição total do sistema fotovoltaico. Conforme resultados obtidos no item anterior.

Tabela 16 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 08

	CONSUMO					GERAÇÃO			
	MÊS	Consumo mensal (kWh)	Qtde dias no mês	média diária (kWh/dia)		Pcc (kWpcc)	Gpoa (kWh/m ² /dia)	R (80%)	E (kWh/dia)
CASA 08 (Florianópolis)	fev/11	460	28	16,43	Pcc para uma eficiência de 76,36%	3,07	5,286	0,8	12,99
	mar/11	460	31	14,84		3,07	5,148	0,8	12,65
	abr/11	460	30	15,33		3,07	4,576	0,8	11,25
	mai/11	409	31	13,19		3,07	4,132	0,8	10,16
	jun/11	450	30	15,00		3,07	3,74	0,8	9,19
	jul/11	447	31	14,42		3,07	3,724	0,8	9,15
	ago/11	464	31	14,97		3,07	4,322	0,8	10,62
	set/11	458	30	15,27		3,07	4,116	0,8	10,12
	out/11	481	31	15,52		3,07	4,73	0,8	11,63
	nov/11	501	30	16,70		3,07	5,248	0,8	12,90
	dez/11	449	31	14,48		3,07	5,726	0,8	14,08
	jan/12	487	31	15,71		3,07	5,686	0,8	13,98

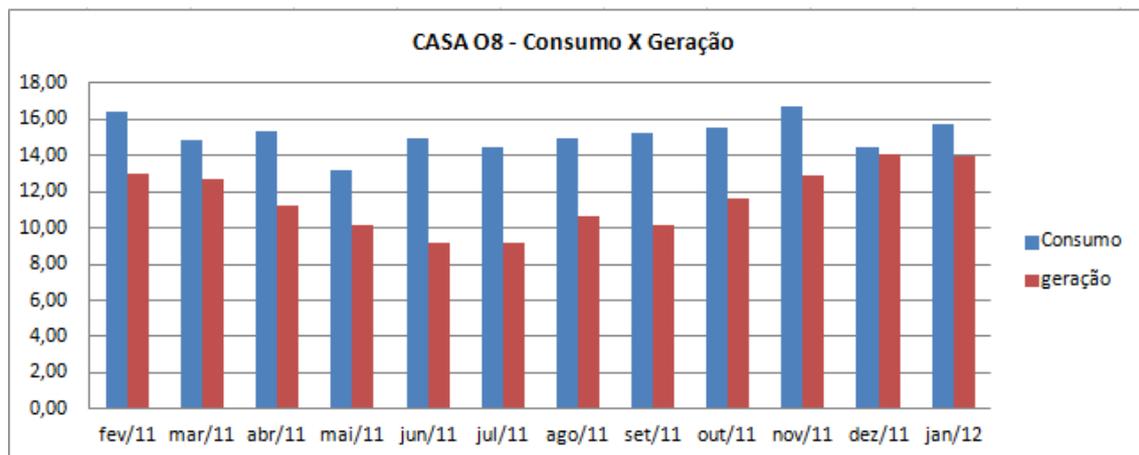


Gráfico 13 - Análise entre a média diária do consumo de energia (em kWh/dia) elétrica e geração de energia fotovoltaica (em kWh/dia) para CASA 08

Casa 09 – Área de Telhado

Área da casa = 190 m²

Área água “A” = 20 m²

Inc. telhado = 15°

Pcc = 2,702 kWpcc

1 - Utilizando módulos de célula monocristalina

Temos,

$A_{total} = 14,60 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{módulos} = 12 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$

2 - Utilizando módulos de célula Policristalina

Temos,

$A_{total} = 17,89 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{módulos} = 11 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$

3 - Utilizando módulos de filme fino

Temos,

$A_{total} = 28,14 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{módulos} = 21 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} > \text{Área água “A”} \rightarrow \text{Ñ OK!}$

4- RESULTADO FINAL

A Casa possui apenas uma água voltada para o Norte, e esta tem área suficiente apenas para a instalação de módulos monocristalinos e policristalinos. Para instalar módulos de filme fino, seria necessário adotar uma água maior (águas das laterais) não voltada para o norte geográfico e fazer novos cálculos de irradiação considerando o desvio azimutal no radiação solar 1.



Figura 31 - Planta de cobertura CASA 09

Casa 09 – Consumo x geração

A casa possui 190 m², com 3 quartos;

3 moradores;

O tipo de aquecimento de água é elétrico;

Portão elétrico;

Piscina com motor elétrico;

Nenhuma anormalidade no consumo energético.



Figura 32 – Fachada da CASA 09

Tabela 17 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 09

	CONSUMO				GERAÇÃO			
	MÊS	Consumo mensal (kWh)	Qtde dias no mês	média diária (kWh/dia)	Pcc (kWpcc)	Gpoa (kWh/m ² /dia)	R (80%)	E (kWh/dia)
CASA 09 (São José)	fev/11	328	28	11,71	2,846	5,24	0,8	11,93
	mar/11	336	31	10,84	2,846	5,136	0,8	11,69
	abr/11	249	30	8,30	2,846	4,406	0,8	10,03
	mai/11	232	31	7,48	2,846	3,834	0,8	8,73
	jun/11	305	30	10,17	2,846	3,414	0,8	7,77
	jul/11	297	31	9,58	2,846	3,44	0,8	7,83
	ago/11	328	31	10,58	2,846	4,09	0,8	9,31
	set/11	345	30	11,50	2,846	4,074	0,8	9,27
	out/11	339	31	10,94	2,846	4,8	0,8	10,93
	nov/11	330	30	11,00	2,846	5,446	0,8	12,40
	dez/11	269	31	8,68	2,846	6,036	0,8	13,74
	jan/12	328	31	10,58	2,846	5,964	0,8	13,58

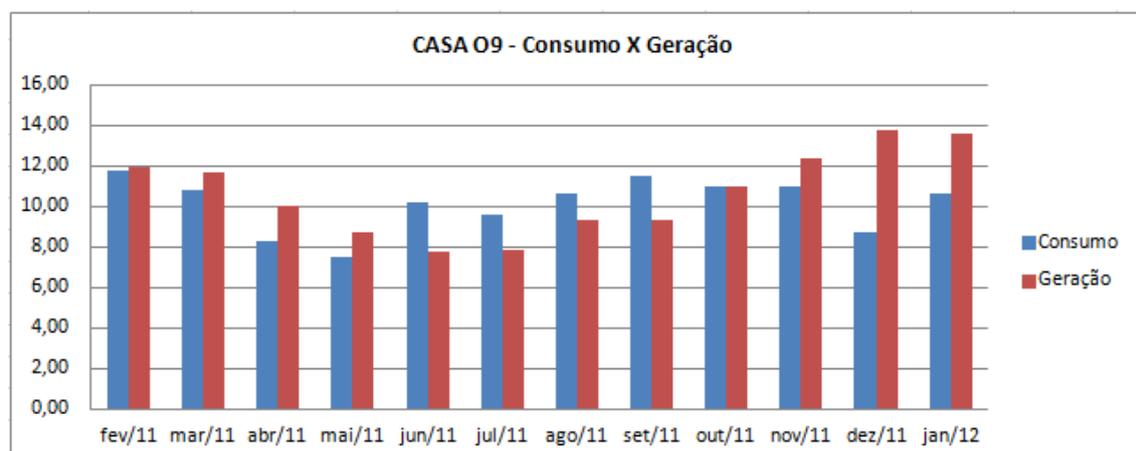


Gráfico 14 - Análise entre a média diária do consumo de energia (em kWh/dia) elétrica e geração de energia fotovoltaica (em kWh/dia) para CASA 09

Casa 10 – Área de Telhado

Área da casa = 468 m²

Área água “A” = 80 m²

Inc. telhado = 30° O

Pcc = 6,900 kWpcc

1 - Utilizando módulos de célula monocristalina

Temos,

$$A_{\text{total}} = 37,30 \text{ m}^2$$

$$n^{\circ} \text{ módulos} = 30 \text{ unidades}$$

Então,

$$A_{\text{total}} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$$

2 - Utilizando módulos de célula Policristalina

Temos,

$$A_{\text{total}} = 45,69 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 28 \text{ unidades}$$

Então,

$$A_{\text{total}} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$$

3 - Utilizando módulos de filme fino

Temos,

$$A_{\text{total}} = 71,87 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 51 \text{ unidades}$$

Então,

$$A_{\text{total}} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$$

4- RESULTADO FINAL

A arquitetura da casa permite torná-la 100% sustentável com qualquer uma das três tecnologias, que podem ser instaladas na água selecionada (A). Como a face dos módulos esta voltada para Oeste, foi necessário considerar esse desvio azimutal para cálculos de radiação no software Radasol 1.

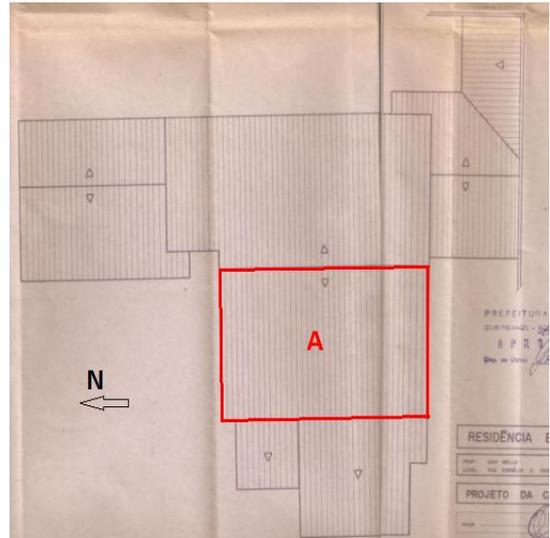


Figura 33 - Planta de cobertura CASA 10

Casa 10 – Consumo x geração

A casa possui 468 m², com 5 quartos;

2 moradores;

Aquecimento de água é elétrico e a gás;

Portão elétrico;

Piscina com motor elétrico;

Lavadora de louças;

Nenhuma anormalidade no consumo energético.



Figura 34 – Fachada da CASA 10

Tabela 18 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 10

CASA 10 (Curitiba)	CONSUMO				GERAÇÃO			
	MÊS	Consumo mensal (kWh)	Qtde dias no mês	média diária (kWh/dia)	Pcc (kWpcc)	Gpoa (kWh/m ² /dia)	R (80%)	E (kWh/dia)
	fev/11	750	28	26,79	6,900	5,301	0,8	29,26
	mar/11	800	31	25,81	6,900	4,844	0,8	26,74
	abr/11	670	30	22,33	6,900	4,053	0,8	22,37
	mai/11	650	31	20,97	6,900	3,217	0,8	17,76
	jun/11	670	30	22,33	6,900	2,866	0,8	15,82
	jul/11	1000	31	32,26	6,900	3,027	0,8	16,71
	ago/11	720	31	23,23	6,900	3,725	0,8	20,56
	set/11	780	30	26,00	6,900	4,161	0,8	22,97
	out/11	670	31	21,61	6,900	4,861	0,8	26,83
	nov/11	630	30	21,00	6,900	5,632	0,8	31,09
	dez/11	560	31	18,06	6,900	6,204	0,8	34,24
	jan/12	1140	31	36,77	6,900	5,952	0,8	32,85

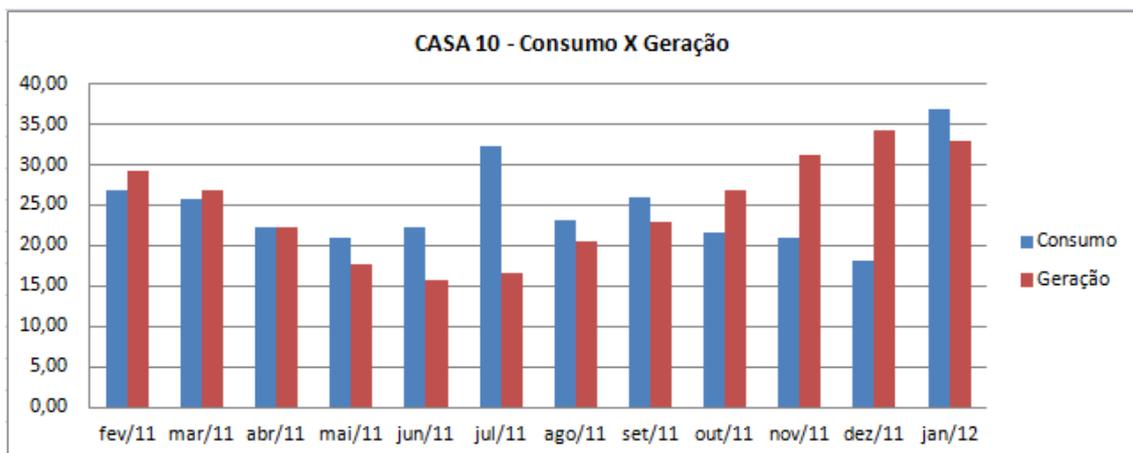


Gráfico 15 - Análise entre a média diária do consumo de energia (em kWh/dia) elétrica e geração de energia fotovoltaica (em kWh/dia) para CASA 10

Casa 11 – Área de Telhado

Área da casa = 141,6 m²

Área água “A” = 77,7 m²

Inc. telhado = 25° L

Pcc = 2,99 kWpcc

1 - Utilizando módulos de célula monocristalina

Temos,

$A_{total} = 17,56 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 14 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$

2 - Utilizando módulos de célula Policristalina

Temos,

$A_{total} = 21,51 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 13 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$

3 - Utilizando módulos de filme fino

Temos,

$A_{total} = 33,83 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 24 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$

4- RESULTADO FINAL

Neste caso possuem duas residências com uma única conta de luz. Na casa da frente o telhado é dividido em 4 águas, com áreas insuficientes para atender o valor necessário a geração FV. Optou-se em utilizar a água “A” que está voltada para Leste. Foi considerado esse desvio azimutal de norte no Radasol 1 e o resultado foi de que ambas as tecnologias cabem no telhado da casa de trás.



Figura 35 - Planta de cobertura CASA 11

Casa 11 – Consumo x geração

Duas casas somando 141,6 m², com 5 quartos;

5 moradores;

O tipo de aquecimento de água é elétrico;

Nenhuma anormalidade no consumo energético.



Figura 36 – Fachada da CASA 11

Tabela 19 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 11

CASA 11 (Florianópolis)	CONSUMO				GERAÇÃO			
	MÊS	Consumo mensal (kWh)	Qtde dias no mês	média diária (kWh/dia)	Pcc (kWpcc)	Gpoa (kWh/m ² /dia)	R (80%)	E (kWh/dia)
	fev/11	330	28	11,79	3,248	5,196	0,8	13,50
	mar/11	403	31	13,00	3,248	4,787	0,8	12,44
	abr/11	322	30	10,73	3,248	3,962	0,8	10,30
	mai/11	295	31	9,52	3,248	3,282	0,8	8,53
	jun/11	348	30	11,60	3,248	2,875	0,8	7,47
	jul/11	370	31	11,94	3,248	2,94	0,8	7,64
	ago/11	369	31	11,90	3,248	3,581	0,8	9,31
	set/11	395	30	13,17	3,248	3,814	0,8	9,91
	out/11	311	31	10,03	3,248	4,588	0,8	11,92
	nov/11	334	30	11,13	3,248	5,314	0,8	13,81
	dez/11	328	31	10,58	3,248	5,954	0,8	15,47
	jan/12	317	31	10,23	3,248	5,853	0,8	15,21

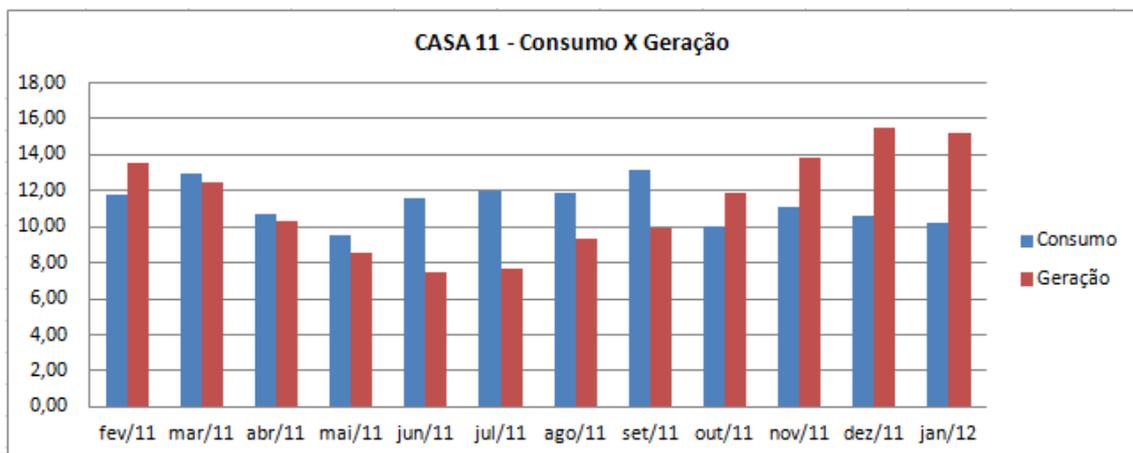


Gráfico 16 - Análise entre a média diária do consumo de energia (em kWh/dia) elétrica e geração de energia fotovoltaica (em kWh/dia) para CASA 11

Casa 12 – Área de Telhado

Área da casa = 348 m²

Área água “A” = 50 m²

Inc. telhado = 35° L

Pcc = 5,104 kWpcc

1 - Utilizando módulos de célula monocristalina

Temos,

$$A_{\text{total}} = 27,59 \text{ m}^2$$

$$n^{\circ} \text{módulos} = 22 \text{ unidades}$$

Então,

$$A_{\text{total}} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$$

2 - Utilizando módulos de célula Policristalina

Temos,

$$A_{\text{total}} = 33,80 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{módulos} = 20 \text{ unidades}$$

Então,

$$A_{\text{total}} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$$

3 - Utilizando módulos de filme fino

Temos,

$$A_{\text{total}} = 53,17 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{módulos} = 38 \text{ unidades}$$

Então,

$$A_{\text{total}} > \text{Área água “A”} \rightarrow \text{Ñ OK!}$$

4- RESULTADO FINAL

Mesmo com o aquecimento solar de água, nota-se que a casa consome uma grande quantidade de energia elétrica. Para a água calculada, as tecnologias que podem ser instaladas são os módulos monocristalinos e os policristalinos. Para adotar o de filme fino seria necessário acrescentar uma segunda água, àquela voltada para sudoeste.



Figura 37 - Planta de cobertura CASA 12

Casa 12 – Consumo x geração

A casa possui 348m², com 4 quartos;

4 moradores;

Aquecimento de água é através de coletores solar;

Possui ar condicionado;

Secadora de roupas;

Portão elétrico;

Nenhuma anormalidade no consumo energético.



Figura 38 – Fachada da CASA 12

Tabela 20 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 12

	CONSUMO				GERAÇÃO			
	MÊS	Consumo mensal (kWh)	Qtde dias no mês	média diária (kWh/dia)	Pcc (kWpcc)	Gpoa (kWh/m ² /dia)	R (80%)	E (kWh/dia)
CASA 12 (Palhoça)	fev/11	714	28	25,50	5,104	5,013	0,8	20,47
	mar/11	624	31	20,13	5,104	4,613	0,8	18,84
	abr/11	537	30	17,90	5,104	3,833	0,8	15,65
	mai/11	353	31	11,39	5,104	3,177	0,8	12,97
	jun/11	383	30	12,77	5,104	2,788	0,8	11,38
	jul/11	403	31	13,00	5,104	2,851	0,8	11,64
	ago/11	483	31	15,58	5,104	3,458	0,8	14,12
	set/11	655	30	21,83	5,104	3,697	0,8	15,10
	out/11	630	31	20,32	5,104	4,436	0,8	18,11
	nov/11	476	30	15,87	5,104	5,134	0,8	20,96
	dez/11	456	31	14,71	5,104	5,729	0,8	23,39
	jan/12	541	31	17,45	5,104	5,635	0,8	23,01

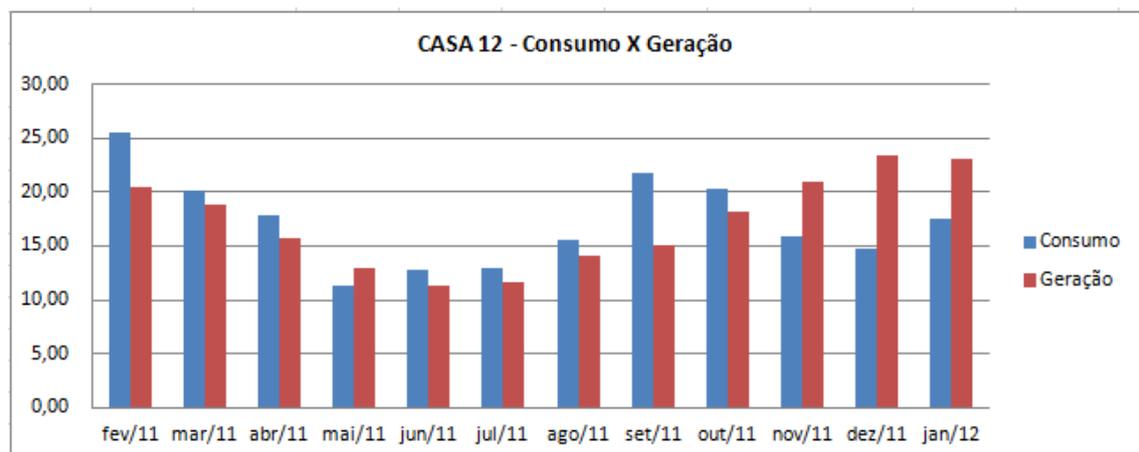


Gráfico 17 - Análise entre a média diária do consumo de energia (em kWh/dia) elétrica e geração de energia fotovoltaica (em kWh/dia) para CASA 12

Casa 13 – Área de Telhado

Área da casa = 250 m²

Área água “A” = 57,5 m²

Inc. telhado = 40° N

Pcc = 3,119 kWpcc

1 - Utilizando módulos de célula monocristalina

Temos,

$A_{total} = 16,86 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 14 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$

2 - Utilizando módulos de célula Policristalina

Temos,

$A_{total} = 20,66 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 13 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$

3 - Utilizando módulos de filme fino

Temos,

$A_{total} = 32,49 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 23 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$

4 - RESULTADO FINAL

A área de telhado selecionada para a casa permite torná-la 100% sustentável com qualquer uma das três tecnologias.

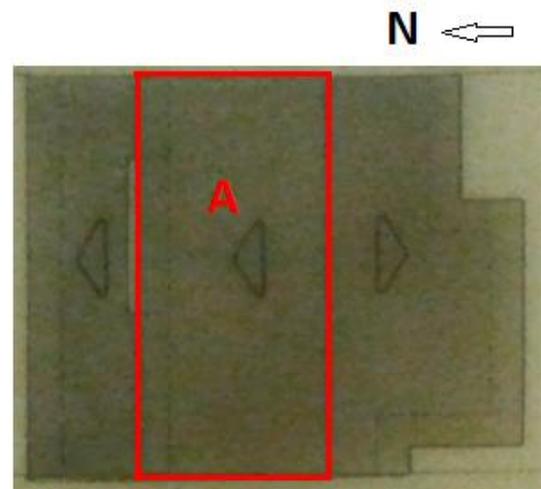


Figura 39 - Planta de cobertura CASA 13

Casa 13 – Consumo x geração

A casa possui 250m², com 4 quartos;

4 moradores;

Aquecimento de água é elétrico;

Possui ar condicionado;

Portão elétrico;

Nenhuma anormalidade no consumo energético.



Figura 40 – Fachada da CASA 13

Tabela 21 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 13

	CONSUMO				GERAÇÃO			
	MÊS	Consumo mensal (kWh)	Qtde dias no mês	média diária (kWh/dia)	Pcc (kWpcc)	Gpoa (kWh/m ² /dia)	R (80%)	E (kWh/dia)
CASA 13 (São José)	fev/11	530	28	18,93	3,119	5,074	0,8	12,66
	mar/11	410	31	13,23	3,119	5,03	0,8	12,55
	abr/11	320	30	10,67	3,119	4,576	0,8	11,42
	mai/11	280	31	9,03	3,119	4,218	0,8	10,53
	jun/11	340	30	11,33	3,119	3,854	0,8	9,62
	jul/11	240	31	7,74	3,119	3,818	0,8	9,53
	ago/11	540	31	17,42	3,119	4,362	0,8	10,89
	set/11	420	30	14,00	3,119	4,05	0,8	10,11
	out/11	240	31	7,74	3,119	4,58	0,8	11,43
	nov/11	360	30	12,00	3,119	5,004	0,8	12,49
	dez/11	390	31	12,58	3,119	5,388	0,8	13,45
	jan/12	130	31	4,19	3,119	5,374	0,8	13,41

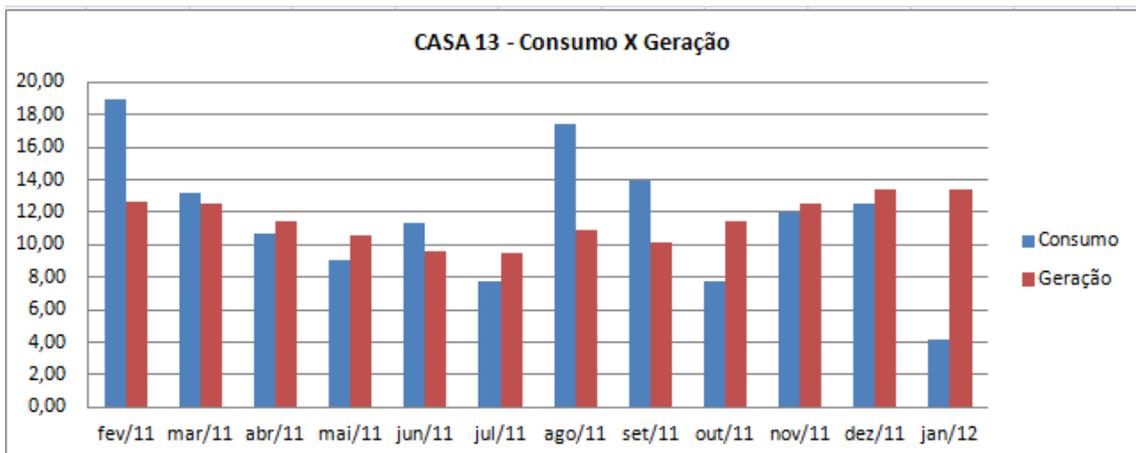


Gráfico 18 - Análise entre a média diária do consumo de energia (em kWh/dia) elétrica e geração de energia fotovoltaica (em kWh/dia) para CASA 13

Casa 14 – Área de Telhado

Área da casa = 382,76m²

Área água “A” = 58 m²

Inc. telhado = 30° N

Pcc = 2,269 kWpcc

1 - Utilizando módulos de célula monocristalina

Temos,

$A_{total} = 12,27 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 10 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$

2 - Utilizando módulos de célula Policristalina

Temos,

$A_{total} = 15,03 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 9 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$

3 - Utilizando módulos de filme fino

Temos,

$A_{total} = 23,64 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 17 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$

4 - RESULTADO FINAL

A área de telhado selecionada para a casa permite torná-la 100% sustentável com qualquer uma das três tecnologias.



Figura 41 - Planta de cobertura CASA 14

Casa 14 – Consumo x geração

A casa possui 382,76m², com 4 quartos;

3 moradores;

O tipo de aquecimento de água é elétrico;

Possui ar condicionado;

Portão elétrico;

Nenhuma anormalidade no consumo energético.



Figura 42 – Fachada da CASA 14

Tabela 22 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 14

	CONSUMO					GERAÇÃO			
	MÊS	Consumo mensal (kWh)	Qtde dias no mês	média diária (kWh/dia)		Pcc (kWpcc)	Gpoa (kWh/m ² /dia)	R (80%)	E (kWh/dia)
CASA 14 (São José)	fev/11	303	28	10,82	2,269	5,286	0,8	9,60	
	mar/11	297	31	9,58	2,269	5,148	0,8	9,34	
	abr/11	256	30	8,53	2,269	4,576	0,8	8,31	
	mai/11	209	31	6,74	2,269	4,132	0,8	7,50	
	jun/11	257	30	8,57	2,269	3,74	0,8	6,79	
	jul/11	226	31	7,29	2,269	3,724	0,8	6,76	
	ago/11	274	31	8,84	2,269	4,322	0,8	7,85	
	set/11	286	30	9,53	2,269	4,116	0,8	7,47	
	out/11	261	31	8,42	2,269	4,73	0,8	8,59	
	nov/11	213	30	7,10	2,269	5,248	0,8	9,53	
	dez/11	271	31	8,74	2,269	5,726	0,8	10,39	
	jan/12	263	31	8,48	2,269	5,686	0,8	10,32	

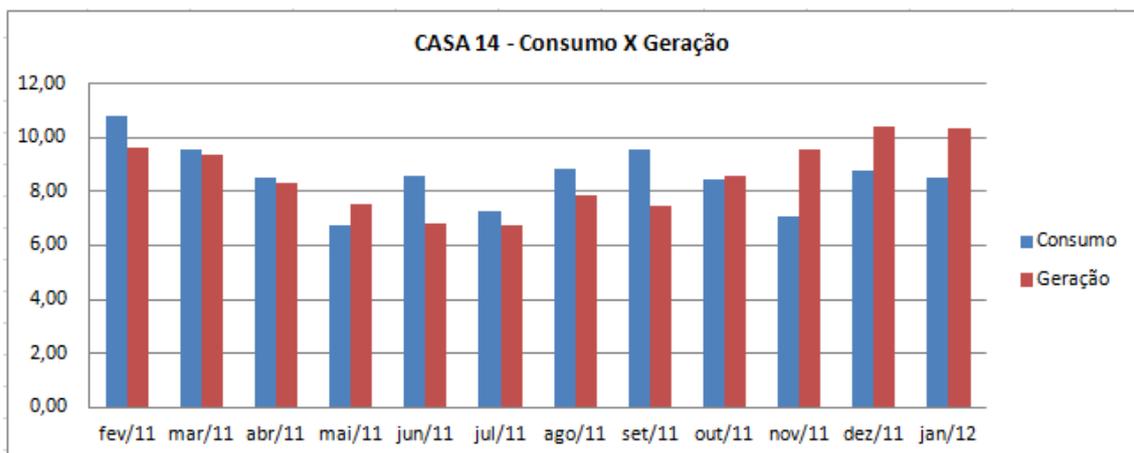


Gráfico 19 - Análise entre a média diária do consumo de energia (em kWh/dia) elétrica e geração de energia fotovoltaica (em kWh/dia) para CASA 14

Casa 15 – Área de Telhado

Área da casa = 140m²

Área água “A” = 30 m²

Inc. telhado = 35° N

Pcc = 4,827 kWpcc

1 - Utilizando módulos de célula monocristalina

Temos,

$A_{total} = 22,00 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 21 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$

2 - Utilizando módulos de célula Policristalina

Temos,

$A_{total} = 26,95 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 19 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$

3 - Utilizando módulos de filme fino

Temos,

$A_{total} = 42,39 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 36 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{Ñ OK!}$

4 - RESULTADO FINAL

A área de telhado selecionada para a casa atende apenas as necessidades das tecnologias monocristalina e policristalina.

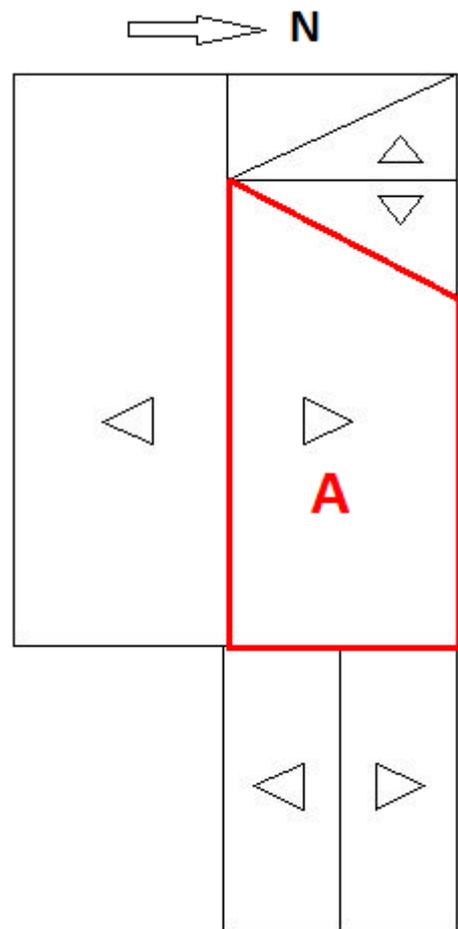


Figura 43 - Planta de cobertura CASA 15

Casa 15 – Consumo x geração

A casa possui 140m², com 3 quartos;

4 moradores;

O tipo de aquecimento de água é elétrico;

Possui ar condicionado;

Nenhuma anormalidade no consumo energético.



Figura 44 – Fachada da CASA 15

Tabela 23 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 15

MÊS	CONSUMO				GERAÇÃO			
	Consumo mensal (kWh)	Qtde dias no mês	média diária (kWh/dia)		Pcc (kWpcc)	Gpoa (kWh/m ² /dia)	R (80%)	E (kWh/dia)
fev/11	650	28	23,21		4,82739	5,19	0,8	20,04
mar/11	560	31	18,06		4,82739	5,102	0,8	19,70
abr/11	490	30	16,33		4,82739	4,588	0,8	17,72
mai/11	550	31	17,74		4,82739	4,186	0,8	16,17
jun/11	510	30	17,00		4,82739	3,808	0,8	14,71
jul/11	580	31	18,71		4,82739	3,18	0,8	12,28
ago/11	520	31	16,77		4,82739	4,35	0,8	16,80
set/11	580	30	19,33		4,82739	4,094	0,8	15,81
out/11	490	31	15,81		4,82739	4,668	0,8	18,03
nov/11	480	30	16,00		4,82739	5,136	0,8	19,83
dez/11	540	31	17,42		4,82739	5,57	0,8	21,51
jan/12	630	31	20,32		4,82739	5,544	0,8	21,41

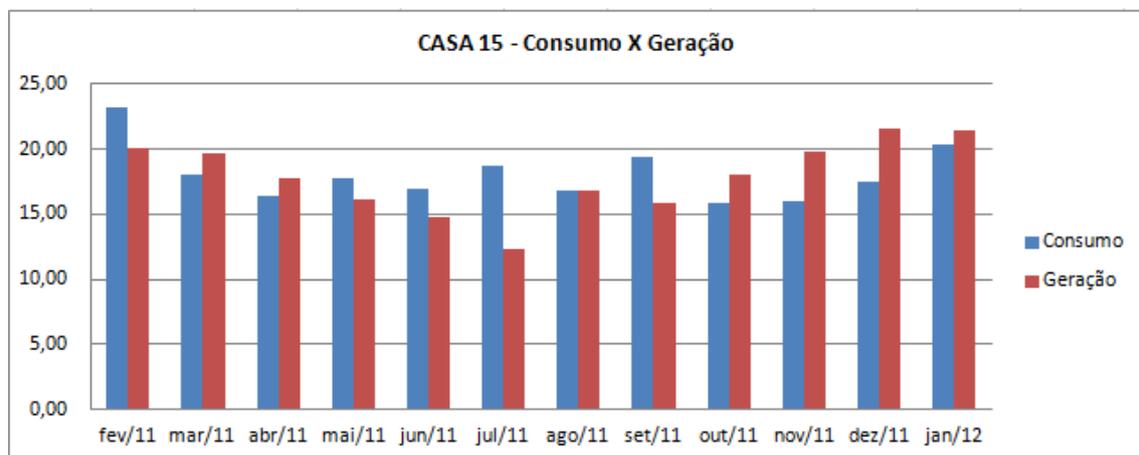


Gráfico 20 - Análise entre a média diária do consumo de energia (em kWh/dia) elétrica e geração de energia fotovoltaica (em kWh/dia) para CASA 15

Casa 16 – Área de Telhado

Área da casa = 104,26 m²

Área água “A” = 22,09 m²

Inc. telhado = 35° N

Pcc = 3,193 kWpcc

1 - Utilizando módulos de célula monocristalina

Temos,

$$A_{\text{total}} = 17,26 \text{ m}^2$$

$$n^{\circ} \text{ módulos} = 14 \text{ unidades}$$

Então,

$$A_{\text{total}} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$$

2 - Utilizando módulos de célula Policristalina

Temos,

$$A_{\text{total}} = 21,14 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 13 \text{ unidades}$$

Então,

$$A_{\text{total}} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$$

3 - Utilizando módulos de filme fino

Temos,

$$A_{\text{total}} = 33,26 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 24 \text{ unidades}$$

Então,

$$A_{\text{total}} > \text{Área água “A”} \rightarrow \text{Ñ OK!}$$

4- RESULTADO FINAL

A Casa possui apenas uma água grande voltada para o Norte, e esta tem área suficiente apenas para a instalação de módulos monocristalinos e policristalinos. Para instalar módulos de filme fino, seria necessário adotar mais de uma água, sendo que estas não estão voltadas para o norte geográfico, se fazendo necessário novos cálculos de irradiação considerando o desvio azimutal no radiaçol 1. Também seria necessário utilizar mais de um inversor, ou seja, um para cada água (índices de radiação diferentes e conseqüentemente as potências), ou adotar um inversor que reconheça dois picos de potência diferentes (um para cada água).

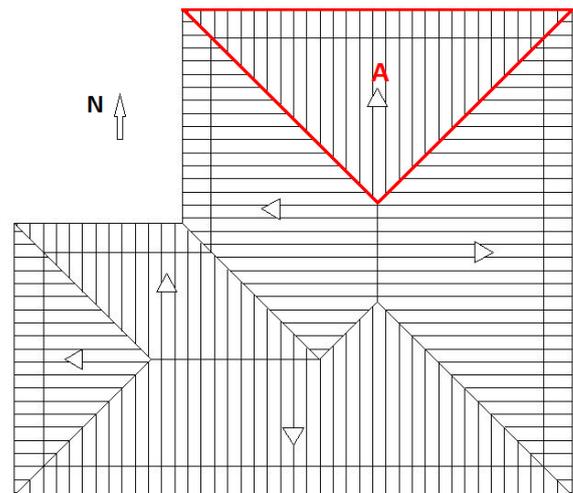


Figura 45 - Planta de cobertura CASA 16

Casa 16 – Consumo x geração

A casa possui 104,26m², com 3 quartos;

5 moradores;

Aquecimento de água é elétrico;

Possui ar condicionado;

Nenhuma anormalidade no consumo energético.



Figura 46 - Fachada da CASA 16

Tabela 24 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 16

	CONSUMO				GERAÇÃO			
	MÊS	Consumo mensal (kWh)	Qtde dias no mês	média diária (kWh/dia)	Pcc (kWpcc)	Gpoa (kWh/m ² /dia)	R (80%)	E (kWh/dia)
CASA 16 (Palhoça)	fev/11	286	28	10,21	3,193	5,19	0,8	13,26
	mar/11	286	31	9,23	3,193	5,102	0,8	13,03
	abr/11	323	30	10,77	3,193	4,588	0,8	11,72
	mai/11	345	31	11,13	3,193	4,186	0,8	10,69
	jun/11	539	30	17,97	3,193	3,808	0,8	9,73
	jul/11	517	31	16,68	3,193	3,18	0,8	8,12
	ago/11	389	31	12,55	3,193	4,35	0,8	11,11
	set/11	369	30	12,30	3,193	4,094	0,8	10,46
	out/11	265	31	8,55	3,193	4,668	0,8	11,92
	nov/11	303	30	10,10	3,193	5,136	0,8	13,12
	dez/11	295	31	9,52	3,193	5,57	0,8	14,23
	jan/12	435	31	14,03	3,193	5,544	0,8	14,16

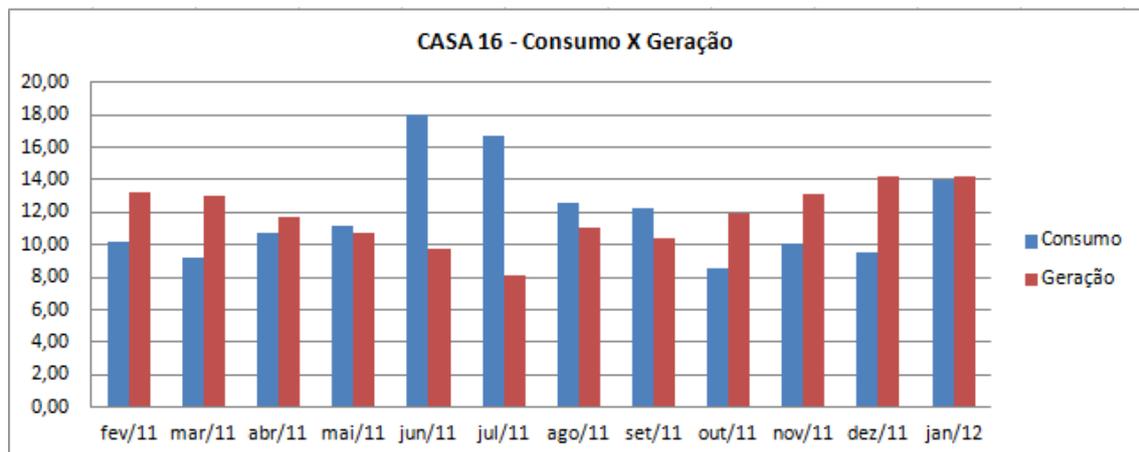


Gráfico 21 - Análise entre a média diária do consumo de energia (em kWh/dia) elétrica e geração de energia fotovoltaica (em kWh/dia) para CASA 16

Casa 17 – Área de Telhado

Área da casa = 120,47 m²

Área água “A” = 32,53 m²

Inc. telhado = 17° N

Pcc = 0,872 kWpcc

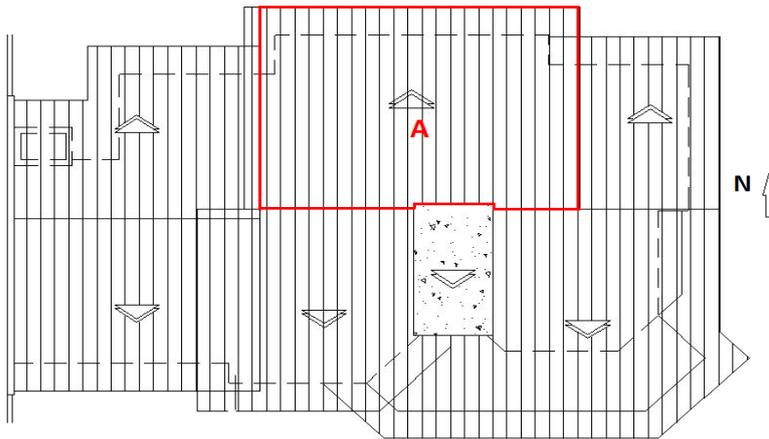


Figura 47 - Planta de cobertura CASA 17

1 - Utilizando módulos de célula monocristalina

Temos,

$A_{total} = 4,71 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 4 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água "A"} \rightarrow \text{OK!}$

2 - Utilizando módulos de célula policristalina

Temos,

$A_{total} = 5,77 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 3 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água "A"} \rightarrow \text{OK!}$

3 - Utilizando módulos de filme fino

Temos,

$A_{total} = 9,08 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{ módulos} = 6 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água "A"} \rightarrow \text{OK!}$

4- RESULTADO FINAL

A arquitetura e o baixo consumo da casa, permitem torná-la 100% sustentável utilizando qualquer uma das 3 tecnologias na área disponível da água “A”.

Casa 17 – Consumo x geração

A casa possui 120,47m², com 3 quartos;

Casal de idosos;

O tipo de aquecimento de água é elétrico;

Nenhuma anormalidade no consumo energético.



Figura 48 – Fachada da CASA 17

Tabela 25 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 17

	CONSUMO				GERAÇÃO			
	MÊS	Consumo mensal (kWh)	Qtde dias no mês	média diária (kWh/dia)	Pcc (kWpcc)	Gpoa (kWh/m ² /dia)	R (80%)	E (kWh/dia)
CASA 17 (Concórdia)	fev/11	92	28	3,29	0,872	5,872	0,8	4,09
	mar/11	97	31	3,13	0,872	5,698	0,8	3,97
	abr/11	97	30	3,23	0,872	4,832	0,8	3,37
	mai/11	144	31	4,65	0,872	4,062	0,8	2,83
	jun/11	126	30	4,20	0,872	3,548	0,8	2,47
	jul/11	124	31	4,00	0,872	3,728	0,8	2,60
	ago/11	104	31	3,35	0,872	4,572	0,8	3,19
	set/11	109	30	3,63	0,872	4,904	0,8	3,42
	out/11	98	31	3,16	0,872	5,53	0,8	3,86
	nov/11	117	30	3,90	0,872	6,292	0,8	4,39
	dez/11	128	31	4,13	0,872	6,618	0,8	4,61
	jan/12	82	31	2,65	0,872	6,49	0,8	4,53

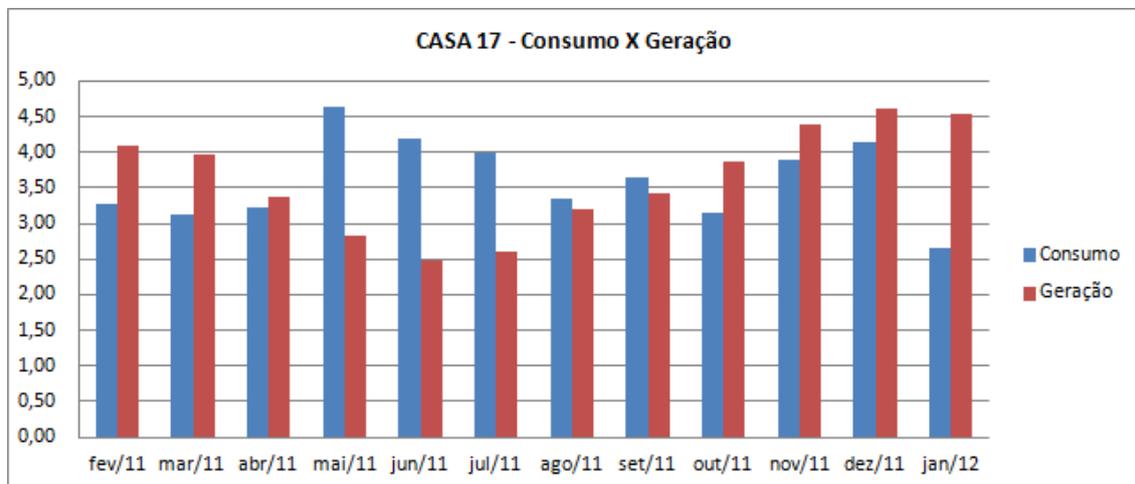


Gráfico 22 - Análise entre a média diária do consumo de energia (em kWh/dia) elétrica e geração de energia fotovoltaica (em kWh/dia) para CASA 17

Casa 18 – Área de Telhado

Área da casa = 200 m²

Área água “A” = 18 m²

Inc. telhado = 45° N

Pcc = 1,051 kWpcc

1 - Utilizando módulos de célula monocristalina

Temos,

$A_{total} = 5,68 \text{ m}^2$

$n^{\circ} \text{ módulos} = 5 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$

2 - Utilizando módulos de célula Policristalina

Temos,

$A_{total} = 6,96 \text{ m}^2$

$n^{\circ} \text{ módulos} = 4 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$

3 - Utilizando módulos de filme fino

Temos,

$A_{total} = 10,95 \text{ m}^2$

$n^{\circ} \text{ módulos} = 8 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$

4 - RESULTADO FINAL

Pela existência de aquecimento de água na casa, há uma diminuição na porcentagem do custo de energia elétrica, necessitando de um sistema FV de potência menor para atender o consumo. Mesmo com os coletores solares instalados na água que está voltada para o norte, a mesma possui área necessária para atender os três tipos de tecnologia.

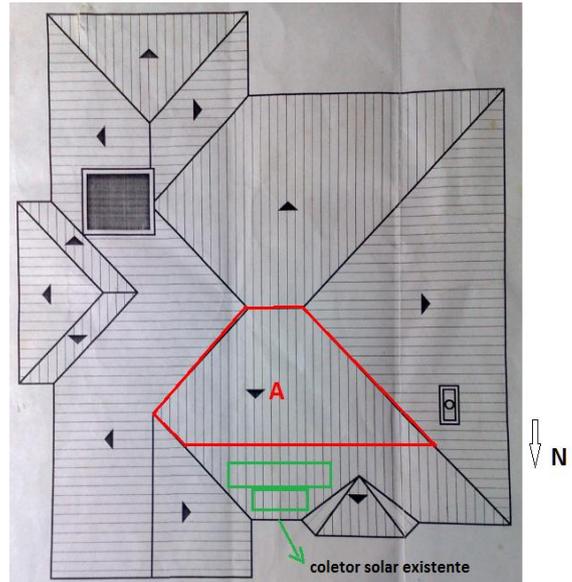


Figura 49 - Planta de cobertura CASA 18

Casa 18 – Consumo x geração

A casa possui 200 m², com 3 quartos;

4 moradores;

Aquecimento de água é através de coletores solares;

Portão elétrico;

Nenhuma anormalidade no consumo energético.



Figura 50 – Fachada da CASA 18

Tabela 26 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 18

	CONSUMO				GERAÇÃO			
	MÊS	Consumo mensal (kWh)	Qtde dias no mês	média diária (kWh/dia)	Pcc (kWpcc)	Gpoa (kWh/m ² /dia)	R (80%)	E (kWh/dia)
CASA 18 (Florianópolis)	fev/11	111	28	3,96	1,051	4,934	0,8	4,15
	mar/11	147	31	4,74	1,051	4,934	0,8	4,15
	abr/11	104	30	3,47	1,051	4,54	0,8	3,82
	mai/11	115	31	3,71	1,051	4,226	0,8	3,55
	jun/11	100	30	3,33	1,051	3,884	0,8	3,27
	jul/11	100	31	3,23	1,051	3,832	0,8	3,22
	ago/11	117	31	3,77	1,051	4,348	0,8	3,66
	set/11	150	30	5,00	1,051	3,994	0,8	3,36
	out/11	125	31	4,03	1,051	4,474	0,8	3,76
	nov/11	100	30	3,33	1,051	4,846	0,8	4,08
	dez/11	100	31	3,23	1,051	5,186	0,8	4,36
	jan/12	122	31	3,94	1,051	5,184	0,8	4,36

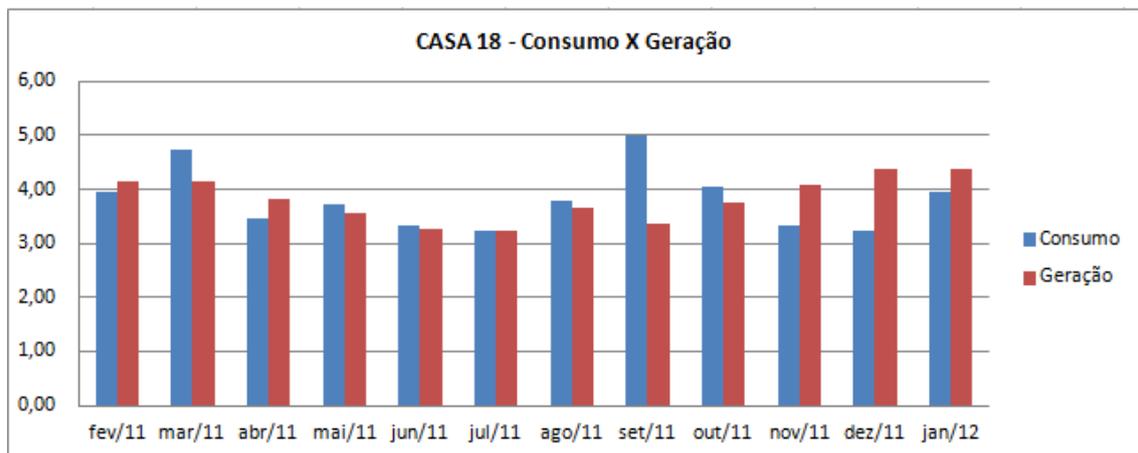


Gráfico 23 - Análise entre a média diária do consumo de energia (em kWh/dia) elétrica e geração de energia fotovoltaica (em kWh/dia) para CASA 18

Casa 19 – Consumo x geração

A casa possui 145,53m², com 3 quartos;

4 moradores;

O tipo de aquecimento de água é elétrico;

Portão elétrico;

Nenhuma anormalidade no consumo energético.



Figura 52 – Fachada da CASA 19

Tabela 27 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 19

CASA 19 (Palma Sola)	CONSUMO				GERAÇÃO			
	MÊS	Consumo mensal (kWh)	Qtde dias no mês	média diária (kWh/dia)	Pcc (kWpcc)	Gpoa (kWh/m ² /dia)	R (80%)	E (kWh/dia)
	fev/11	227	28	8,11	2,093	5,934	0,8	9,94
	mar/11	238	31	7,68	2,093	5,652	0,8	9,47
	abr/11	215	30	7,17	2,093	4,888	0,8	8,19
	mai/11	232	31	7,48	2,093	4,12	0,8	6,90
	jun/11	264	30	8,80	2,093	3,714	0,8	6,22
	jul/11	391	31	12,61	2,093	3,92	0,8	6,56
	ago/11	300	31	9,68	2,093	4,754	0,8	7,96
	set/11	298	30	9,93	2,093	5,118	0,8	8,57
	out/11	248	31	8,00	2,093	5,732	0,8	9,60
	nov/11	256	30	8,53	2,093	6,376	0,8	10,68
	dez/11	244	31	7,87	2,093	6,546	0,8	10,96
	jan/12	309	31	9,97	2,093	6,494	0,8	10,88

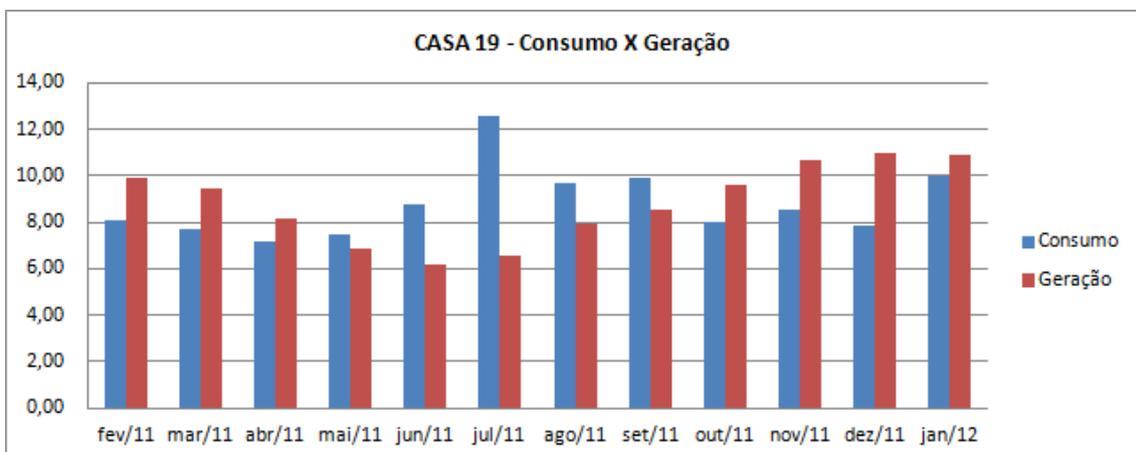


Gráfico 24 - Análise entre a média diária do consumo de energia (em kWh/dia) elétrica e geração de energia fotovoltaica (em kWh/dia) para CASA 19

Casa 20 – Área de Telhado

Área da casa = 124 m²

Área água “A” = 56 m²

Inc. telhado = 30° N

Pcc = 1,224 kWpcc

1 - Utilizando módulos de célula monocristalina

Temos,

$A_{total} = 6,62 \text{ m}^2$

$n^{\circ} \text{módulos} = 5 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$

2 - Utilizando módulos de célula Policristalina

Temos,

$A_{total} = 8,10 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{módulos} = 5 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$

3 - Utilizando módulos de filme fino

Temos,

$A_{total} = 12,75 \text{ m}^2 \rightarrow n^{\circ} \text{módulos} = 9 \text{ unidades}$

Então,

$A_{total} < \text{Área água “A”} \rightarrow \text{OK!}$

4 - RESULTADO FINAL

A arquitetura da casa permite com que a água “A” do telhado voltada para o norte tenha potencial para atender as áreas necessárias das três opções de módulos.

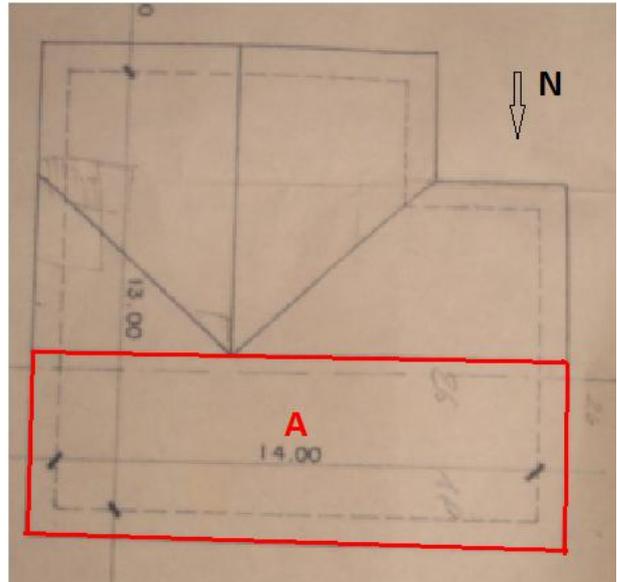


Figura 53 - Planta de cobertura CASA 20

Casa 20 – Consumo x geração

A casa possui 124m², com 3 quartos;

2 moradores;

O tipo de aquecimento de água é elétrico;

Ar condicionado instalado recentemente;

Nenhuma anormalidade no consumo energético.



Figura 54 – Fachada da CASA 20

Tabela 28 - Planilha de cálculos Consumo X Geração CASA 20

	CONSUMO				GERAÇÃO			
	MÊS	Consumo mensal (kWh)	Qtde dias no mês	média diária (kWh/dia)	Pcc (kWpcc)	Gpoa (kWh/m ² /dia)	R (80%)	E (kWh/dia)
CASA 20 (Concórdia)	fev/11	188	28	6,71	1,224	5,586	0,8	5,47
	mar/11	182	31	5,87	1,224	5,634	0,8	5,52
	abr/11	175	30	5,83	1,224	5,002	0,8	4,90
	mai/11	137	31	4,42	1,224	4,364	0,8	4,27
	jun/11	151	30	5,03	1,224	3,864	0,8	3,78
	jul/11	131	31	4,23	1,224	4,038	0,8	3,95
	ago/11	165	31	5,32	1,224	4,834	0,8	4,73
	set/11	136	30	4,53	1,224	4,932	0,8	4,83
	out/11	155	31	5,00	1,224	5,348	0,8	5,24
	nov/11	127	30	4,23	1,224	5,854	0,8	5,73
	dez/11	150	31	4,84	1,224	6,026	0,8	5,90
	jan/12	133	31	4,29	1,224	5,97	0,8	5,84

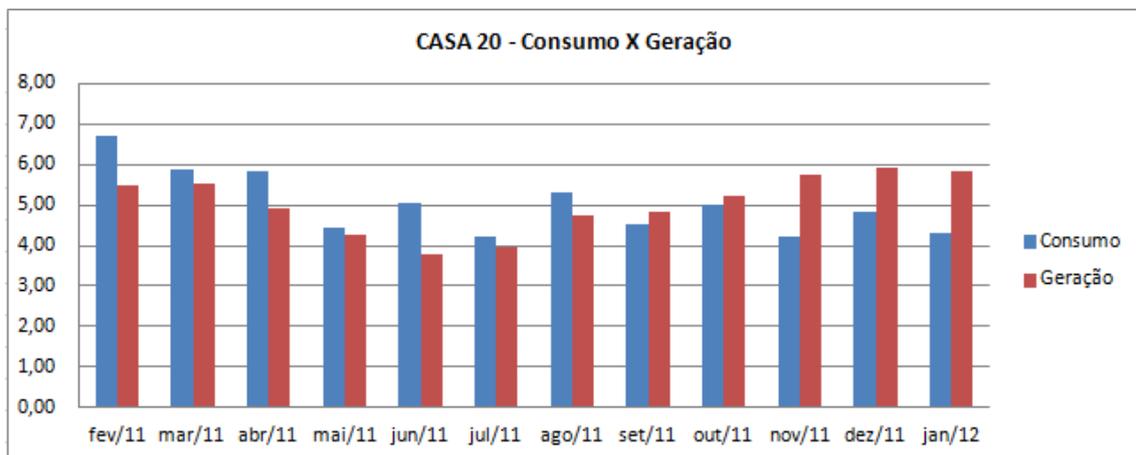


Gráfico 25 - Análise entre a média diária do consumo de energia (em kWh/dia) elétrica e geração de energia fotovoltaica (em kWh/dia) para CASA 20

4.1 ANÁLISE GERAL DAS ÁREAS DOS TELHADOS

Em uma visão geral, o gráfico 6 apresenta a área útil e as áreas necessárias das diferentes tecnologias para cada casa. No gráfico 7 tem-se a porcentagem de capacidade de instalação das tecnologias nas 20 residências.

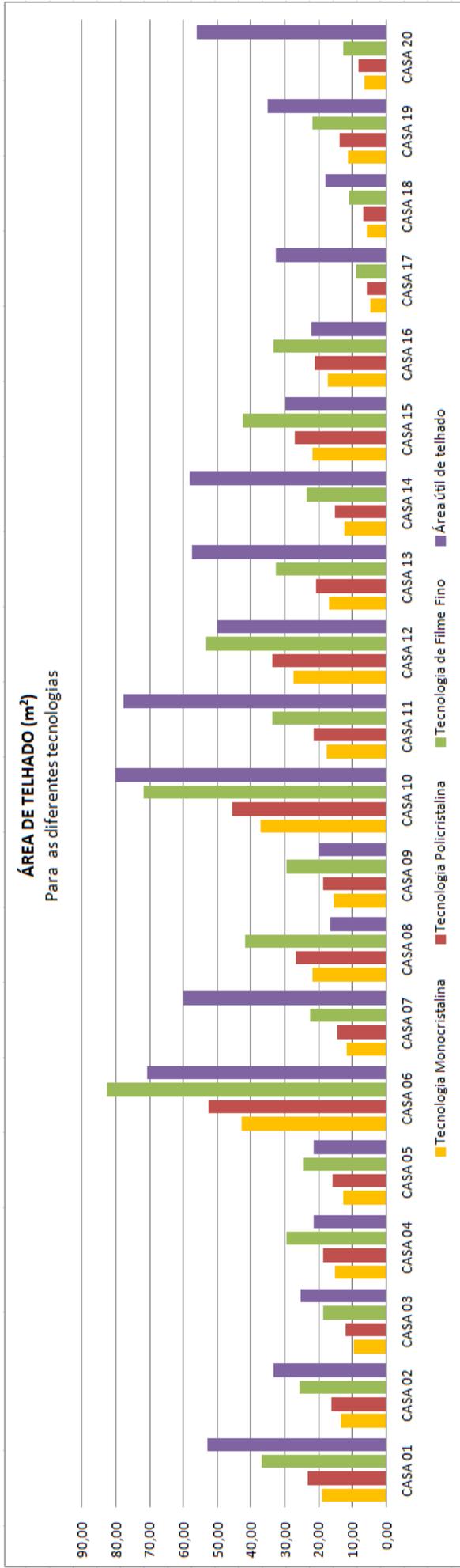


Gráfico 26 - Área necessária de telhado para a instalação do sistema FV das 20 residências comparando 3 tecnologias diferentes.

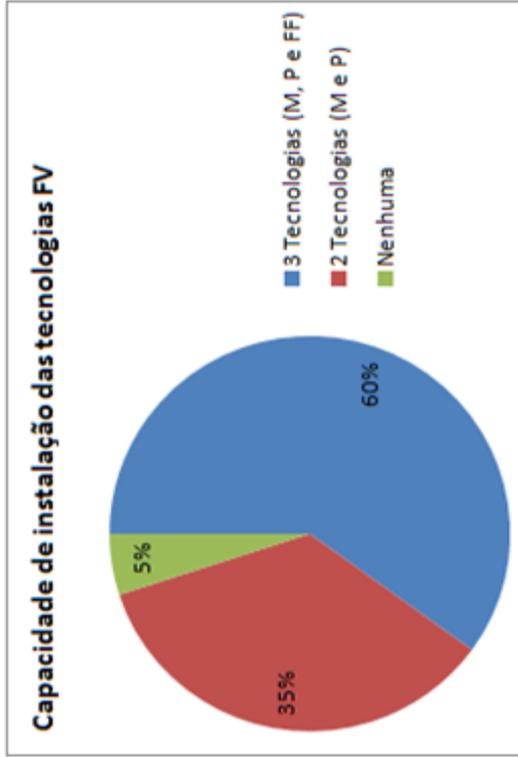


Gráfico 27 - Capacidade de instalação das diferentes tecnologias Mono, Policristalina e Filme Fino nas 20 residências.

4.2 ANÁLISE GERAL DE CONSUMO X GERAÇÃO

O gráfico 28 mostra que, nos valores de geração, apenas transformou-se as unidades de (kWh/dia) para (kW) multiplicando pelo número de dias do ano.

Observando o gráfico nota-se que todas as residências têm os mesmos valores para consumo e geração, determinado como parâmetro inicial do trabalho. A casa 08 é uma exceção, pois não foi possível torná-la 100% autossustentável, conforme mostrado no item 4.1.

As residências onde o valor de consumo foi o mesmo da geração fotovoltaica são as que possuem área suficiente em apenas uma água de telhado para a instalação do sistema. Para a residência onde o consumo foi maior que a energia gerada, apenas uma água de telhado não foi suficiente.

Apesar do gráfico geral anual apresentar os mesmos valores de consumo e geração, não é isso que ocorre durante os meses do ano. Como se pode observar nos gráficos mensais de cada casa no item anterior, existem determinadas épocas do ano onde o consumo é maior que a geração ou vice e versa. Isso ocorre pela variação sazonal da irradiação solar (G_{poa}), onde no inverno a incidência do sol é menor e conseqüentemente tem uma geração menor. Um fator que colabora bastante para o consumo ser maior no inverno de Santa Catarina é a utilização do chuveiro elétrico.

No verão todas as casas geram mais energia elétrica do que consomem, pois o valor de G_{poa} é favorável para a estação no estado, compensando as perdas do inverno. O gráfico 28 mostra o consumo total anual versus a geração total anual de cada casa já considerando a compensação da energia gerada entre as diferentes estações do ano.

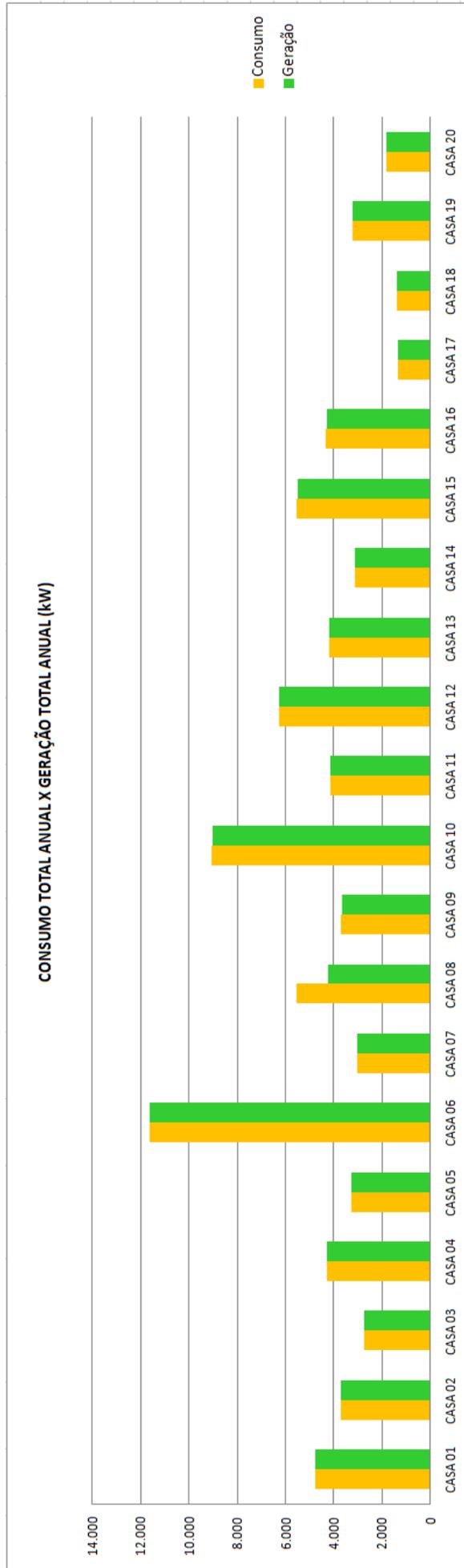


Gráfico 28 – Total anual consumido (em kWh/ano) X total anual de geração fotovoltaica (em kWh/ano) estimada para cada casa.

4.3 VIABILIDADE ECONÔMICA

Apresentam-se a seguir tabelas resumo com os resultados de VPL, TIR, *Payback* simples e *Payback* descontado de todas as residências. Como citado anteriormente foram analisados três diferentes cenários (A= R\$ 6.000,00 kW/pcc, B= R\$ 5.000,00 kW/pcc e C= R\$ 4.000,00 kW/pcc), conforme tabela 8. Para os cálculos utilizaram-se valores extraídos da tabela 3 e tabela 6. Para mais detalhes, encontram-se em apêndice tabelas contendo todos os valores de cálculo.

Tabela 29 - Resumo com os resultados das análises econômicas de cada residência.

CASA 01		CASA 02		CASA 03	
Cenário A		Cenário A		Cenário A	
Investimento inicial	R\$ 21.149,28	Investimento inicial	R\$ 14.742,39	Investimento inicial	R\$ 10.824,29
VPL	R\$ 5.380,14	VPL	R\$ 6.215,18	VPL	R\$ 4.624,99
TIR	8,61%	TIR	10,25%	TIR	10,31%
<i>Payback</i>	10 anos	<i>Payback</i>	9 anos	<i>Payback</i>	9 anos
<i>Payback</i> descontado	16 anos	<i>Payback</i> descontado	13 anos	<i>Payback</i> descontado	13 anos
Cenário B		Cenário B		Cenário B	
Investimento inicial	R\$ 17.624,40	Investimento inicial	R\$ 12.285,32	Investimento inicial	R\$ 9.020,24
VPL	R\$ 9.355,62	VPL	R\$ 8.986,34	VPL	R\$ 6.659,66
TIR	11,30%	TIR	13,21%	TIR	13,27%
<i>Payback</i>	8 anos	<i>Payback</i>	7 anos	<i>Payback</i>	7 anos
<i>Payback</i> descontado	12 anos	<i>Payback</i> descontado	10 anos	<i>Payback</i> descontado	10 anos
Cenário C		Cenário C		Cenário C	
Investimento inicial	R\$ 14.099,52	Investimento inicial	R\$ 9.828,26	Investimento inicial	R\$ 7.216,20
VPL	13,331,09	VPL	R\$ 11.757,50	VPL	R\$ 8.694,32
TIR	15,23%	TIR	17,61%	TIR	17,69%
<i>Payback</i>	6 anos	<i>Payback</i>	5 anos	<i>Payback</i>	5 anos
<i>Payback</i> descontado	8 anos	<i>Payback</i> descontado	7 anos	<i>Payback</i> descontado	7 anos
Viabilidade econômica		Viabilidade econômica		Viabilidade econômica	
VPL > 0 e TIR >TMA para os três Cenários, então o sistema é viável		VPL > 0 e TIR >TMA para os três Cenários, então o sistema é viável		VPL > 0 e TIR >TMA para os três Cenários, então o sistema é viável	
CASA 04		CASA 05		CASA 06	
Cenário A		Cenário A		Cenário A	
Investimento inicial	R\$ 16.950,77	Investimento inicial	R\$ 14.269,65	Investimento inicial	R\$ 47.554,63
VPL	R\$ 7.196,99	VPL	R\$ 3.959,27	VPL	R\$ 18.081,98
TIR	10,28%	TIR	8,84%	TIR	9,85%
<i>Payback</i>	9 anos	<i>Payback</i>	10 anos	<i>Payback</i>	9 anos
<i>Payback</i> descontado	13 anos	<i>Payback</i> descontado	16 anos	<i>Payback</i> descontado	14 anos
Cenário B		Cenário B		Cenário B	
Investimento inicial	R\$ 14.125,64	Investimento inicial	R\$ 11.891,37	Investimento inicial	R\$ 39.628,86
VPL	R\$ 10.383,26	VPL	R\$ 6.641,56	VPL	R\$ 27.020,93
TIR	13,24%	TIR	11,57%	TIR	12,74%
<i>Payback</i>	7 anos	<i>Payback</i>	8 anos	<i>Payback</i>	7 anos
<i>Payback</i> descontado	10 anos	<i>Payback</i> descontado	11 anos	<i>Payback</i> descontado	10 anos
Cenário C		Cenário C		Cenário C	
Investimento inicial	R\$ 11.300,51	Investimento inicial	R\$ 9.513,10	Investimento inicial	R\$ 31.703,09
VPL	R\$ 13.569,54	VPL	R\$ 9.323,86	VPL	R\$ 35.959,88
TIR	17,66%	TIR	15,56%	TIR	17,02%
<i>Payback</i>	5 anos	<i>Payback</i>	6 anos	<i>Payback</i>	5 anos
<i>Payback</i> descontado	7 anos	<i>Payback</i> descontado	8 anos	<i>Payback</i> descontado	7 anos
Viabilidade econômica		Viabilidade econômica		Viabilidade econômica	
VPL > 0 e TIR >TMA para os três Cenários, então o sistema é viável		VPL > 0 e TIR >TMA para os três Cenários, então o sistema é viável		VPL > 0 e TIR >TMA para os três Cenários, então o sistema é viável	

Tabela 30 - Resumo com os resultados das análises econômicas de cada residência.

CASA 07		CASA 08		CASA 09	
Cenário A		Cenário A		Cenário A	
Investimento inicial	R\$ 12.981,74	Investimento inicial	R\$ 24.143,73	Investimento inicial	R\$ 17.073,88
VPL	R\$ 3.866,43	VPL	R\$ 6.792,98	VPL	R\$ 14.044,81
TIR	9,04%	TIR	8,88%	TIR	13,75%
Payback	10 anos	Payback	10 anos	Payback	7 anos
Payback descontado	15 anos	Payback descontado	16 anos	Payback descontado	9 anos
Cenário B		Cenário B		Cenário B	
Investimento inicial	R\$ 10.818,12	Investimento inicial	R\$ 20.119,77	Investimento inicial	R\$ 14.228,23
VPL	R\$ 6.306,64	VPL	R\$ 11.331,33	VPL	R\$ 17.254,22
TIR	11,80%	TIR	11,61%	TIR	17,20%
Payback	8 anos	Payback	8 anos	Payback	5 anos
Payback descontado	11 anos	Payback descontado	11 anos	Payback descontado	7 anos
Cenário C		Cenário C		Cenário C	
Investimento inicial	R\$ 8.654,49	Investimento inicial	R\$ 16.095,82	Investimento inicial	R\$ 11.382,59
VPL	R\$ 8.746,84	VPL	R\$ 15.869,68	VPL	R\$ 20.463,64
TIR	15,85%	TIR	15,61%	TIR	22,40%
Payback	6 anos	Payback	6 anos	Payback	4 anos
Payback descontado	8 anos	Payback descontado	8 anos	Payback descontado	5 anos
Viabilidade econômica		Viabilidade econômica		Viabilidade econômica	
VPL > 0 e TIR >TMA para os três Cenários, então o sistema é viável		VPL > 0 e TIR >TMA para os três Cenários, então o sistema é viável		VPL > 0 e TIR >TMA para os três Cenários, então o sistema é viável	
CASA 10		CASA 11		CASA 12	
Cenário A		Cenário A		Cenário A	
Investimento inicial	R\$ 41.398,13	Investimento inicial	R\$ 19.488,87	Investimento inicial	R\$ 30.623,64
VPL	R\$ 8.968,26	VPL	R\$ 3.398,58	VPL	R\$ 3.973,11
TIR	8,24%	TIR	7,81%	TIR	7,36%
Payback	10 anos	Payback	11 anos	Payback	11 anos
Payback descontado	17 anos	Payback descontado	18 anos	Payback descontado	19 anos
Cenário B		Cenário B		Cenário B	
Investimento inicial	R\$ 34.498,44	Investimento inicial	R\$ 16.240,73	Investimento inicial	R\$ 25.519,70
VPL	R\$ 16.749,69	VPL	R\$ 7.061,95	VPL	R\$ 9.729,50
TIR	10,87%	TIR	10,38%	TIR	9,86%
Payback	8 anos	Payback	9 anos	Payback	9 anos
Payback descontado	12 anos	Payback descontado	13 anos	Payback descontado	14 anos
Cenário C		Cenário C		Cenário C	
Investimento inicial	R\$ 27.598,76	Investimento inicial	R\$ 12.992,58	Investimento inicial	R\$ 20.415,76
VPL	R\$ 24.531,66	VPL	R\$ 10.725,31	VPL	R\$ 15.485,90
TIR	14,70%	TIR	14,10%	TIR	13,47%
Payback	6 anos	Payback	7 anos	Payback	7 anos
Payback descontado	8 anos	Payback descontado	9 anos	Payback descontado	9 anos
Viabilidade econômica		Viabilidade econômica		Viabilidade econômica	
VPL > 0 e TIR >TMA para os três Cenários, então o sistema é viável		VPL > 0 e TIR >TMA para os três Cenários, então o sistema é viável		VPL > 0 e TIR >TMA para os três Cenários, então o sistema é viável	

Tabela 30 - Resumo com os resultados das análises econômicas de cada residência.

CASA 13		CASA 14		CASA 15	
Cenário A		Cenário A		Cenário A	
Investimento inicial	R\$ 18.716,41	Investimento inicial	R\$ 13.614,16	Investimento inicial	R\$ 24.417,19
VPL	R\$ 4.750,03	VPL	R\$ 3.830,42	VPL	R\$ 6.613,85
TIR	8,61%	TIR	8,88%	TIR	8,78%
Payback	10 anos	Payback	10 anos	Payback	10 anos
Payback descontado	16 anos	Payback descontado	16 anos	Payback descontado	16 anos
Cenário B		Cenário B		Cenário B	
Investimento inicial	R\$ 15.597,01	Investimento inicial	R\$ 11.345,13	Investimento inicial	R\$ 20.347,66
VPL	R\$ 8.268,19	VPL	R\$ 6.389,51	VPL	R\$ 11.203,61
TIR	11,30%	TIR	11,61%	TIR	11,49%
Payback	8 anos	Payback	8 anos	Payback	8 anos
Payback descontado	12 anos	Payback descontado	11 anos	Payback descontado	11 anos
Cenário C		Cenário C		Cenário C	
Investimento inicial	R\$ 12.477,61	Investimento inicial	R\$ 9.076,11	Investimento inicial	R\$ 16.278,13
VPL	R\$ 11.789,36	VPL	R\$ 8.948,59	VPL	R\$ 15.793,36
TIR	15,22%	TIR	15,61%	TIR	15,47%
Payback	6 anos	Payback	6 anos	Payback	6 anos
Payback descontado	8 anos	Payback descontado	8 anos	Payback descontado	8 anos
Viabilidade econômica		Viabilidade econômica		Viabilidade econômica	
VPL > 0 e TIR > TMA para os três Cenários, então o sistema é viável		VPL > 0 e TIR > TMA para os três Cenários, então o sistema é viável		VPL > 0 e TIR > TMA para os três Cenários, então o sistema é viável	
CASA 16		CASA 17		CASA 18	
Cenário A		Cenário A		Cenário A	
Investimento inicial	R\$ 19.156,95	Investimento inicial	R\$ 5.229,23	Investimento inicial	R\$ 6.306,75
VPL	R\$ 5.189,02	VPL	R\$ 2.217,10	VPL	R\$ 1.451,30
TIR	8,78%	TIR	10,27%	TIR	8,37%
Payback	10 anos	Payback	9 anos	Payback	10 anos
Payback descontado	16 anos	Payback descontado	13 anos	Payback descontado	17 anos
Cenário B		Cenário B		Cenário B	
Investimento inicial	R\$ 15.964,13	Investimento inicial	R\$ 4.357,69	Investimento inicial	R\$ 5.255,63
VPL	R\$ 8.789,99	VPL	R\$ 3.200,05	VPL	R\$ 2.636,79
TIR	11,49%	TIR	13,24%	TIR	11,02%
Payback	8 anos	Payback	7 anos	Payback	8 anos
Payback descontado	11 anos	Payback descontado	10 anos	Payback descontado	12 anos
Cenário C		Cenário C		Cenário C	
Investimento inicial	R\$ 12.771,30	Investimento inicial	R\$ 3.486,15	Investimento inicial	R\$ 4.204,50
VPL	R\$ 12.390,97	VPL	R\$ 4.183,01	VPL	R\$ 3.822,29
TIR	15,47%	TIR	17,65%	TIR	14,89%
Payback	6 anos	Payback	5 anos	Payback	6 anos
Payback descontado	8 anos	Payback descontado	7 anos	Payback descontado	8 anos
Viabilidade econômica		Viabilidade econômica		Viabilidade econômica	
VPL > 0 e TIR > TMA para os três Cenários, então o sistema é viável		VPL > 0 e TIR > TMA para os três Cenários, então o sistema é viável		VPL > 0 e TIR > TMA para os três Cenários, então o sistema é viável	

Tabela 31 - Resumo com os resultados das análises econômicas de cada residência.

CASA 19		CASA 20	
Cenário A		Cenário A	
Investimento inicial	R\$ 12.560,33	Investimento inicial	R\$ 7.342,85
VPL	R\$ 5.671,61	VPL	R\$ 2.367,88
TIR	10,54%	TIR	9,31%
Payback	9 anos	Payback	10 anos
Payback descontado	13 anos	Payback descontado	15 anos
Cenário B		Cenário B	
Investimento inicial	R\$ 10.466,94	Investimento inicial	R\$ 6.199,04
VPL	R\$ 8.032,60	VPL	R\$ 3.603,24
TIR	13,55%	TIR	11,92%
Payback	7 anos	Payback	8 anos
Payback descontado	9 anos	Payback descontado	11 anos
Cenário C		Cenário C	
Investimento inicial	R\$ 8.373,55	Investimento inicial	R\$ 4.895,23
VPL	R\$ 10.393,59	VPL	R\$ 4.838,59
TIR	18,04%	TIR	15,81%
Payback	5 anos	Payback	6 anos
Payback descontado	7 anos	Payback descontado	8 anos
Viabilidade econômica		Viabilidade econômica	
VPL > 0 e TIR > TMA para os três Cenários, então o sistema é viável		VPL > 0 e TIR > TMA para os três Cenários, então o sistema é viável	

Analisando a tabela 28 percebe-se que para um mesmo cenário a TIR é diferente em cada casa. Isso ocorre pois os valores de irradiação (G_{poa}) variam de uma casa para outra. Se todas as casas tivessem a mesma inclinação de telhado, o mesmo desvio azimutal e a mesma incidência solar, ou seja, terem o mesmo G_{poa}, todas as TIR seriam iguais.

Para o cálculo de custo inicial a diferença de G_{poa} influencia diretamente nos valores da Potência nominal necessária do sistema (P_{cc}) e custo inicial, onde os mesmos não foram proporcionais ao consumo total anual, resultando em diferentes valores de payback e VPL para cada casa em um mesmo cenário.

Por fim, tem-se uma média de anos para o sistema iniciar um retorno financeiro, conforme tabela 32.

Tabela 32 - Média do Payback descontado das vinte residências para cada cenário.

Cenário A	Cenário B	Cenário C
15 anos	11 anos	7,5 anos

5 CONCLUSÕES

O crescimento acelerado da matriz energética do mundo junto da Construção Civil é uma questão que deve ser levada em conta não somente para investimentos em grandes usinas. Os resultados apresentados neste trabalho mostram que o uso de fontes renováveis como a do sol e a integração de geradores fotovoltaicos a edifícios residências ou comerciais, tornando nossas cidades uma espécie de usina local, pode ser uma excelente alternativa.

Como já citado anteriormente, o Brasil se beneficia de muitas fontes de energia convencionais, sendo dependente delas apesar dos impactos ao meio ambiente, e também de algumas fontes renováveis. Entre estas, a busca por inovações no mercado eólico tem resultados positivos e no setor solar finalmente se estão dando os primeiros passos com a recente aprovação da resolução REN 482/2012 ANEEL para sistemas solares fotovoltaicos conectados à rede. Entretanto, ainda há necessidade de uma escala de produção nacional, diminuindo os custos de adesão e consequentemente atraindo o consumidor.

Os resultados do trabalho mostram que 95% das residências analisadas tem potencial para a instalação de energia solar FV utilizando apenas uma água do telhado. Apenas uma das 20 casas não poderia se tornar 100% sustentável devido a sua arquitetura, o que seria resolvido fazendo uso de mais uma água..

As diferentes arquiteturas das casas também foi um ponto interessante a ser considerado, pois em algumas é possível instalar uma ou outra as tecnologias e, para outras, apenas a de maior eficiência, a monocristalina. Notou-se que para módulos de filme fino de silício amorfo cristalino é necessário praticamente o dobro de área do que para as tecnologias mono e policristalina. O resultado foi positivo nas 20 residências, em que 65% têm capacidade de instalar as três tecnologias, 30% apenas monocristalina e policristalina, e apenas 5% não atendeu às necessidades de nenhuma tecnologia.

As casas apresentaram valores significativos, possibilitando a integração do sistema FV. A casa 08 foi a que mais apresentou dificuldades, não sendo possível torná-la 100% sustentável. Obteve-se para a arquitetura desse telhado uma eficiência de 76,36%, já sendo é uma boa parcela de economia da energia elétrica.

Para o estado de Santa Catarina, que tem um dos menores índices de irradiação do país, os resultados foram satisfatórios, tanto nas regiões litorâneas quanto para as continentais. Devido à sazonalidade de irradiação solar durante as diferentes estações do ano, a geração é variada, resultando numa geração maior ou menor que o consumo, como pode ser observado anteriormente no item 4.2.

Na maior parte dos casos o consumo foi maior que a geração durante o inverno. Já para o verão foi o inverso, sendo gerado mais do que o consumo. Fazendo uma analogia entre esses gráficos com a nova resolução da ANEEL para geração de energia fotovoltaica conectada à rede, pode-se concluir que no período de verão o consumidor gera mais energia FV, podendo acumular os créditos de eletricidade para serem utilizados no inverno.

Como os resultados vêm através de dados reais, pode-se ter uma prova real de que as residências unifamiliares da região em estudo tem o potencial necessário para a utilização da eletricidade solar. É só uma questão de tempo para que as pessoas se conscientizem de que esse tipo de investimento, além de limpo e sustentável, irá gerar economia em longo prazo. O problema está na palavra “prazo”. O investimento para essa tecnologia é incompatível com a mentalidade e o padrão de consumo da sociedade atual. Vivenciasse um paradoxo, em que de um lado há pessoas que vivem em condições sub-humanas, que descartam sem conhecer essa tecnologia porque o pouco dinheiro que ganham é para sobrevivência. De outro lado temos os grandes empresários, para os quais a tecnologia é financeiramente acessível, entretanto o capitalismo desenfreado faz com que essa alternativa passe despercebida, pois a regra do mercado é lucro a curto prazo, para eles tempo é dinheiro, poucos se preocupam com o meio ambiente.

Os resultados obtidos no item 4.3 mostraram que o tempo que o sistema leva para iniciar um retorno financeiro é de 15, 11 e 7,5 anos, nos cenários A, B e C respectivamente. Ainda é uma tecnologia cara para o investimento imediato, mas pensando que o dinheiro que o consumidor entregaria à distribuidora de energia seria algo sem retorno, após a instalação do sistema esse dinheiro seria utilizado para um patrimônio pessoal, ao invés de ser entregue à concessionária.

Ao longo da execução do trabalho e durante pesquisas de assuntos relacionados ao tema, notou-se que no Brasil infelizmente a mão de obra especializada em integração de sistemas fotovoltaicos ainda é um tanto deficiente. O crescimento desse setor é importante, pois além de termos uma energia limpa e renovável a nossa disposição, teremos aumento no número de empregos qualificados.

A tecnologia ainda é nova no país, pouco conhecida e explorada – prova disso é a falta de bibliografias nacionais e recursos de pesquisa para o trabalho. Das obras existentes, tem-se apenas uma usina solar de grande porte em operação, e os edifícios solares são tipicamente instalações experimentais em universidades, como as unidades em operação no campus da UFSC.

Na escolha do tema, por se tratar de algo novo e tecnológico, os estudos e pesquisas tiveram que ser mais intensos do que se escolhido algo específico da construção civil, clássica, o que resultou em um grande amadurecimento de minha parte.

REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 10899:2006** energia solar fotovoltaica, 2006.

ABRAVA. **Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento**. Disponível em <<http://www.abrava.com.br/>>. Acesso em nov. de 2011.

ANEEL. **Atlas de Energia elétrica do Brasil**. Brasília, 2008.

BERGAMASCHI, Homero. **Fotoperiodismo**. Disponível em <<http://www.ufrgs.br/agropfagrom/disciplinas/502/fotoper.doc>>. Acesso em out. de 2011.

BMU - **ZEITREIHEN ZUR ENTWICKLUNG DER ERNEUERBAREN ENERGIEN IN DEUTSCHLAND**. Berlim: Bundesministerium Für Umwelt, Naturschutz Und Reaktorsicherheit, 2012.

CAMPOS, Christiano Pires de. **A conservação das florestas no Brasil, mudança do clima e o mecanismo de desenvolvimento limpo**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, 2001.

DASOL – **Departamento Nacional de Aquecimento Solar**. Disponível em <<http://www.dasolabrava.org.br/>>. Acesso em nov. de 2011.

ENERGIA do Sol Disponível em: <<http://www.energiadosol.net/v2/>>. Acesso em: 16 abr. 2012.

EPE/MME. **Balanco Energético Nacional: Resultados Preliminares ano Base 2009**. Rio de Janeiro: EPE, 2010.

EPIA - **MARKET REPORT 2011**. A: European Photovoltaic Industry Association, 2011.

ESCOLA DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Laboratório de Energia Solar**. Disponível em: <<http://www.solar.ufrgs.br/>>. Acesso em: 20 fev. 2012.

FANTINELLI, J. T., **Tecnologia solar de interesse social e baixo custo para aquecimento de água na moradia**, Dissertação de Mestrado da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP, Campinas - São Paulo, 2002.

FF Solar: Energias Renováveis, LDA. Disponível em: <<http://ffsolar.com>>. Acesso em: 16 abr. 2012.

GRAZIANO JUNIOR, Sigfrido Francisco Carlos Giardino. **Iluminação Natural**. Lume: Arquitetura, São Paulo, n. , p.30-34, 2004. Disponível em: <http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed11/ed_11_Ponto.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2012.

GTES, Grupo de Trabalho de Energia Solar -. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos: Edição Especial PRC-PRODEEM**. Rio de Janeiro: Cepel - Cresesb, 2004. Disponível em: <www.cresesb.cepel.br/.../Manual_de_Engenharia_FV_2004.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2012.

GUIMARÃES, Ana Paula Cardoso. **Estimativa Atmosférica Incidente na Superfície Terrestre**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, 2003.

JORNAL da Energia: **O mundo da eletricidade em tempo real**. Disponível em: <<http://www.energiadosol.net/v2/>>. Acesso em: 16 abr. 2012.

Krenzinger, A., 1998. **RADIUSOL** – Programa para determinação da radiação solar sob superfícies com diferentes ângulos de inclinação. Laboratório de Energia Solar, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LIGHT Serviços de Eletricidade S. A., **Uso eficiente de energia – dicas: consumo doméstico**, <http://www.lightrio.com.br/>. Acesso em nov. de 2011.

LIU, Kuo-nan. **Solar radiation at the top of the atmosphere**. In: LIU, Kuonan. An Introduction to Atmospheric Radiation. Slat Lake City: Academic Press, 1980. Cap. 2, p. 35-48.

LOPO, Alexandre Boleira. **Análise do desempenho térmica de um sistema de aquecimento solar de baixo custo**. Dissertação de mestrado. Universidade federal do Rio Grande do norte, 2010.

M.S.Imamura, P.Helm, W.Palz, **“Photovoltaic System Technology - An European Handbook”**, CEC, H. S. Stephens & Associates, 1992.

MARTINS, Fernando Ramos; PEREIRA, Enio Bueno and ECHER, Mariza Pereira de Souza. **Levantamento dos recursos de energia solar no Brasil com o emprego de satélite geostacionário: o Projeto Swera.** *Rev. Bras. Ensino Fís.* [online]. 2004, vol.26, n.2, pp. 145-159. ISSN 1806-1117.

MPX. Disponível em: <<http://www.mpx.com.br>>. Acesso em: 16 abr. 2012.

NASCIMENTO, Cássio Araújo do. **Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica.** 2004. 21 f. Monografia (Pós-graduação Lato-sensu) - Ufla, Lavras/mg, 2004. Disponível em: <www.solenerg.com.br/files/monografia_cassio.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2012.

NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY. **Solar and Wind Energy Resource Assessment.** Disponível em: <swera.unep.net>. Acesso em: 20 fev. 2012.

OpenCourseWare - UNIA: Recursos didáticos en abierto. Disponível em: <<http://ocw.unia.es/>>. Acesso em: 16 abr. 2012.

PAIVA, Célia Maria. **Estimativa do Balanço de energia e da temperatura da superfície via satélite.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, 2005.

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

PEREIRA, Enio Bueno; COLLE, Sérgio. **A energia que vem do Sol.** *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 130, p.24-35, ago. 1997. Mensal.

RENEWABLES 2011: global status report. Alemanha: Secretariat And Deutsche Gesellschaft Für Internationale Zusammenarbeit, 2011.

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

RUTHER, R. **Experiences and Operational Results of the First Grid - Connected, Building** - Integrated, Thin Film Photovoltaic Installation in Brazil. In: 2nd World Conference and Exhibition of Photovoltaic Solar Energy Conversion, 1998, Viena. *Anais do 2nd World Conference and Exhibition of Photovoltaic Solar Energy Conversion*, 1998. p. 2655-2658.

SALAMONI, I.; MONTENEGRO, A.; RÜTHER, R. **A paridade tarifária da energia solar fotovoltaica para a próxima década no Brasil e a importância de um mecanismo de incentivo**. II Congresso Brasileiro de Energia Solar e III Conferência Regional Latino-Americana da ISES - Florianópolis, 2008.

SALAMONI, Isabel Tourinho; RÜTHER, Ricardo; ZILLES, Roberto. Uma oportunidade para o desenvolvimento da indústria fotovoltaica no Brasil: eletricidade solar para os telhados. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, v. 14, n. , p.219-243, 2009.

SEED (Brasil) (Org.). **Sol e mudança na temperatura da terra**. Disponível em: <<http://www.seed.slb.com/pt>>. Acesso em: 11 de nov. de 2011.

SERRÃO, Marcos Antonio Dos Santos. **Dimensionamento de um sistema fotovoltaico para uma casa de veraneio em Pouso da Cajaíba - Paraty**. 2010. 99 f. Monografia (Bacharel) - Ufrj, Rio de Janeiro, 2010.

SOUZA, L.G.M., **Sistema de aquecimento solar de água para aplicações residenciais utilizando materiais alternativos**, V CONEM – Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, Recife-Pe, 2006.

SOUZA, R.M. **Exportações e Consumo de Energia Elétrica: uma análise baseada na integração de Modelos Econômico e de Insumo-Produto Inter-Regional para Minas Gerais e o restante do Brasil**. 2008. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada). Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2008.

TIRADENTES, Atalo Antônio Rodrigues. **Uso da Energia Solar para Geração de eletricidade e para aquecimento de água**. Monografia. Universidade Federal de Lavras: Lavras, 2006.

User's Guide PVsyst Contextual Help, University of Geneva 1994-2010.

VASCONCELLOS, G.G. e VIDAL, J.W.B. **Poder dos trópicos: meditação sobre a alienação energética na cultura brasileira**. São Paulo: Casa Amarela, 2004.

VENZON, Marcio. **Proposta de utilização de energia solar para aquecimentos de água e fluentes para linhas tratamento de superfície na Atlas Indústria de Eletrodomésticos Ltda**. Monografia. Universidade Federal de Lavras: Lavras, 2004.

WEO - **WORLD ENERGY OUTLOOK 2011**. França: International Energy Agency, 2010.

ANEXO A – Módulo monocristalino

SUNPOWER

BENEFITS

Highest Efficiency

Panel efficiency of 18.5% is the highest commercially available for residential applications

More Power

Delivers up to 50% more power per unit area than conventional solar panels

Attractive Design

Unique all-back contact solar cells and optimized panel design eliminate harsh reflection from front-side metal contacts

Reliable and Robust Design

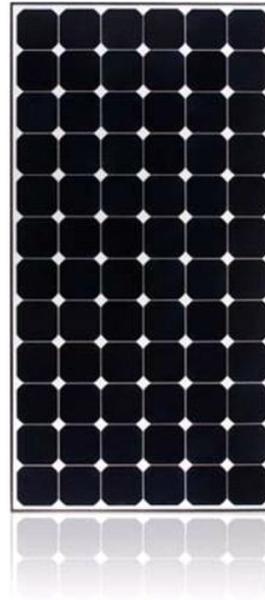
Proven materials, tempered front glass, and a sturdy anodized frame allow panel to operate reliably in multiple mounting configurations



SPR-230-WHT

230 SOLAR PANEL

EXCEPTIONAL EFFICIENCY AND PERFORMANCE



The SunPower 230 Solar Panel provides today's highest efficiency and performance for residential use. Utilizing 72 next generation SunPower all-back contact solar cells and an optimized panel design, the SunPower 230 elegantly delivers an unprecedented total panel conversion efficiency of 18.5%. The panel's reduced voltage-temperature coefficient and exceptional low-light performance attributes provide far higher energy delivery per peak power than conventional panels.

SunPower's High Efficiency Advantage - up to 50% More Power

Comparable systems covering 25 m ² / 270 ft ²		
	Conventional	SunPower
Watts / Panel	165	230
Efficiency	12.0%	18.5%
kWs	3.0	4.6



SUNPOWER

230 SOLAR PANEL

EXCEPTIONAL EFFICIENCY AND PERFORMANCE

Electrical Data

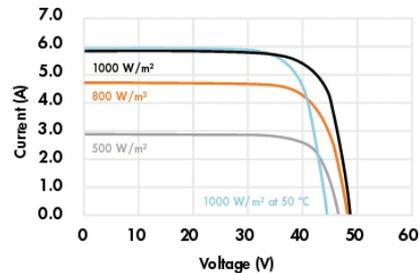
Measured at Standard Test Conditions (STC): irradiance of 1000 W/m², air mass 1.5g, and cell temperature 25° C

Peak Power (+/-5%)	Pmax	230 W
Rated Voltage	Vmp	41.0 V
Rated Current	Imp	5.61 A
Open Circuit Voltage	Voc	48.7 V
Short Circuit Current	Isc	5.99 A
Maximum System Voltage	IEC, UL	1000 V, 600 V
Temperature Coefficients		
	Power	-0.38% /°C
	Voltage (Voc)	-132.5 mV/°C
	Current (Isc)	3.5 mA/°C
Series Fuse Rating		20 A
Peak Power per Unit Area		185 W/m ² , 17.2 W/ft ²
CEC PTC Rating		213.5 W

Mechanical Data

Solar Cells	72 SunPower all-back contact monocrystalline
Front Glass	3.2 mm (1/8 in) tempered
Junction Box	IP65 rated with 3 bypass diodes
Output Cables	900 mm length cable / Multi-Contact connectors
Frame	Anodized aluminum alloy type 6063
Weight	15 kg, 33 lbs

IV Curve



Current/voltage characteristics with dependence on irradiance and module temperature.

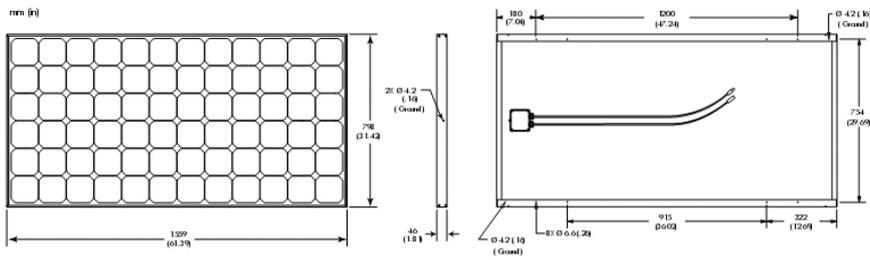
Tested Operating Conditions

Temperature	-40° C to +85° C (-40°F to +185°F)
Max. load	50 psf (2400 Pascals) front and back
Impact Resistance	Hail - 25mm (1 in) at 23 m/s (52 mph)

Warranty and Certifications

Warranty	25 year limited power warranty
	10 year limited product warranty
Certifications	IEC 61215, Safety tested IEC 61730
	UL listed (UL 1703), Class C Fire Rating

Dimensions



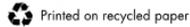
CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT. Go to www.sunpowercorp.com/panels for details

About SunPower

SunPower designs, manufactures and delivers high-performance solar electric technology worldwide. Our high-efficiency solar cells generate up to 50 percent more power than conventional solar cells. Our high-performance solar panels, roof tiles and trackers deliver significantly more energy than competing systems.

© October 2007 SunPower Corporation. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

Document #001-42190 Rev. 11



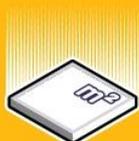
ANEXO B – Módulo monocristalino



MODULI SOLARI AD
ALTO RENDIMENTO

REC PEAK ENERGY EU SERIES

I moduli REC Peak Energy EU Series rappresentano la scelta ottimale per costruire un sistema fotovoltaico che unisca ad una qualità del prodotto che dura nel tempo una produzione affidabile di energia. I moduli sono qualificati per beneficiare del premio del 10% previsto dal IV Conto Energia in quanto contengono wafer e celle prodotte in Norvegia.



PIÙ ENERGIA
PER M²



MODULO
EUROPEO

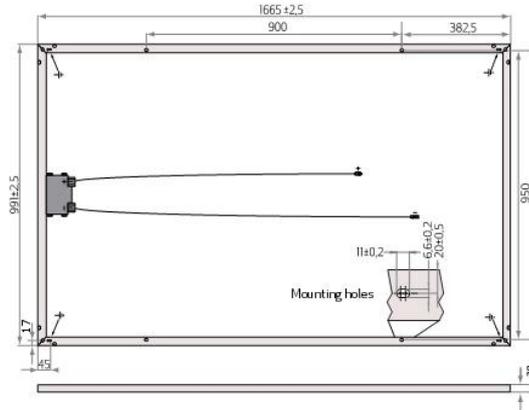


TEMPO DI AMMORTAMENTO
ENERGETICO DI UN ANNO



OTTIMIZZATO PER OGNI
CONDIZIONE DI LUCE

REC PEAK ENERGY EU SERIES



DATIELETRICI @ STC	REC225PE	REC230PE	REC235PE	REC240PE	REC245PE	REC250PE
Potenza nominale - P_{MPP} (Wp)	225	230	235	240	245	250
Tolleranza della classe di watt - P_{TOL} (W)	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5
Tensione massima - V_{MPP} (V)	28,9	29,2	29,6	29,9	30,2	30,5
Corrente massima - I_{MPP} (A)	7,8	7,9	8,0	8,0	8,1	8,2
Tensione circuito aperto - V_{OC} (V)	36,2	36,5	36,7	37,0	37,2	37,5
Corrente corto circuito - I_{SC} (A)	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8
Efficienza modulo (%)	13,6	13,9	14,2	14,5	14,8	15,1

Valori secondo condizioni di test standard STC (Massa d'aria AM1,5, irraggiamento 1000 W/m², temperatura della cella 25°C).
 Al limitato irraggiamento di 200 W/m² (AM1,5 e temperatura della cella 25°C) sarà raggiunto a meno il 97% dell'efficienza del modulo secondo STC.

DATIELETRICI @ NOCT	REC225PE	REC230PE	REC235PE	REC240PE	REC245PE	REC250PE
Potenza nominale - P_{MPP} (Wp)	167	170	173	176	179	182
Tensione massima - V_{MPP} (V)	26,6	26,8	27,1	27,3	27,6	27,9
Corrente massima - I_{MPP} (A)	6,3	6,3	6,4	6,4	6,5	6,6
Tensione circuito aperto - V_{OC} (V)	33,4	33,6	33,8	34,1	34,3	34,5
Corrente corto circuito - I_{SC} (A)	6,8	6,8	6,9	7,0	7,0	7,1

Temperatura operativa nominale delle celle NOCT (200 W/m², AM1,5, velocità del vento 1 m/s, temperatura ambiente 20°C).

CERTIFICATI



IEC 61215 e IEC 61720



Membro del PV Cycle

GARANZIA

10 anni di garanzia del prodotto
 25 anni di garanzia lineare sulla produzione energetica (diminuzione massima del rendimento pari allo 0,7% annuo).

15,1% EFFICIENZA

10 ANNI DI GARANZIA DEL PRODOTTO

25 ANNI DI GARANZIA LINEARE SULLA PRODUZIONE ENERGETICA

DATI SULLA TEMPERATURA

Temperatura operativa nominale delle celle (NOCT)	47,9°C (+2°C)
Coefficiente di temperatura di P_{MPP}	-0,43%/°C
Coefficiente di temperatura di V_{OC}	-0,33%/°C
Coefficiente di temperatura di I_{SC}	0,074%/°C

GENERALE

Celle	60 REC PE celle multicristalline 3 stringhe da 20 celle- 4 diodi di by-pass Celle prodotte in Norvegia
Anteriore	Vetro solare da 3,2 mm con trattamento di superficie antiriflesso Sun arc Technology
Backsheet	Polyester a doppio strato ad alta prestazione
Telaio	Alluminio anodizzato
Scatola di giunzione	IP67
Cavo	Cavi solari 4mm ² , 0,90m + 1,20m
Connettori	Hosiden 4mm ² (HSC 2009/2010) Utilizzabili con MC4

LIMITI OPERATIVI

Campo di temperatura modulo	-40 ... +80°C
Tensione sistema max	1000 V
Carico massimo	551 kg/m ² (5400 Pa)
Venti fino a massimo	197 km/h (fattore di sicurezza 3)
Potenza nominale max fusibili	15A
Corrente inversa max	15A

DATI MECCANICI

Dimensioni	1665 x 991 x 38 mm
Area	1,65 m ²
Peso	18 kg

ORIGINE DEI COMPONENTI

Wafer prodotti da REC Wafer, Herøya, Norvegia.
 Celle prodotte da REC Solar, Narvik, Norvegia.

Nota Dati tecnici soggetti a modifica senza preavviso.

REC è un'azienda verticalmente integrata leader nel settore dell'energia solare. Si posiziona tra i più grandi produttori mondiali di polisilicio e wafer per applicazioni solarie come produttore in rapida crescita di celle e moduli fotovoltaici. REC svolge inoltre attività di sviluppo progetti in specifici segmenti del settore fotovoltaico. Fondata in Norvegia nel 1996, REC è una società attiva nel settore dell'energia solare a livello internazionale con circa 4.000 dipendenti in tutto il mondo. Nel 2010, REC ha registrato ricavi per 14 miliardi di Corone norvegesi, pari a circa 1,7 miliardi di Euro. Per ulteriori informazioni visita il sito www.recgroup.com.



www.recgroup.com

Rev B1 - 11-2011

ANEXO C – Módulo de filme fino

SHARP

1,000-VOLT SYSTEMS

solar electricity



135 WATT

**FRAMELESS, GLASS-ON-GLASS
THIN FILM MODULE**

Amorphous Silicon/Microcrystalline Silicon
IEC-Certified for 1,000-volt systems
For Behind-the-Fence Applications



NS-F135G5

**THIN FILM PHOTOVOLTAICS:
THE NEXT EVOLUTION
OF SOLAR TECHNOLOGY**

Sharp's thin film product pairs amorphous silicon with a layer of microcrystalline silicon to achieve high stability and performance. Produced with less than one percent of the silicon used in crystalline solar cells, thin film products offer high performance with less semiconductor material. With a low temperature coefficient for output power, thin film generates greater energy than its crystalline silicon counterpart in geographic regions where temperatures are high. In warm climates, this translates into more kilowatt-hours per kilowatt. Certified to IEC 61646, these modules are for behind-the-fence applications.

**Sharp: The first name in solar power.
The last word in solar innovation.**
Offering one of the most efficient thin film photovoltaic products ever manufactured for multi-megawatt-scale power production.

ENGINEERING EXCELLENCE

Tandem-junction structure (amorphous silicon/microcrystalline silicon) captures a wider part of the solar spectrum, converting more sunlight into electricity.

HIGH VOLTAGE ADVANTAGE

Proprietary design increases reliability by minimizing losses caused by module output variation.

RELIABLE

Microcrystalline layer provides superior long-term stability and higher module efficiency. 25-year limited warranty on power output.

DURABLE

Two glass layers laminated with a high performing vapor barrier encapsulant.

INNOVATIVE

The front glass has low iron content and the back is tempered for greater strength. The encapsulant has a low moisture vapor transmission which eliminates the need for an edge seal. Modules are sized to optimize the greatest amount of power.



1 MW thin film installation in Munich, Germany, April 2009

SHARP: THE NAME TO TRUST

When you choose Sharp, you get more than well-engineered products. You also get Sharp's proven reliability, outstanding customer service and the assurance of our 25-year limited warranty on power output. A global leader in solar electricity, Sharp powers more homes and businesses than any other solar manufacturer worldwide.

BECOME POWERFUL



135 WATT

NS-F135G5

Amorphous Silicon/Microcrystalline Silicon
IEC-Certified for 1,000-volt systems (IEC 61646)

ELECTRICAL DATA		NAMEPLATE VALUES	
Maximum power	P _{max}	NS-F135G5	
Tolerance of P _{max}		135 W	
Open-circuit voltage	V _{oc}	+7%/-2%	
Short-circuit current	I _{sc}	61.3 V	
Voltage at maximum power	V _{pmax}	3.41 A	
Current at maximum power	I _{pmax}	47.0 V	
Module efficiency	η	2.88 A	
Temperature coefficient - open circuit voltage	β	9.6%	
Temperature coefficient - short circuit current	α	-0.3%/°C	
Temperature coefficient - power	γ	+0.07%/°C	
		-0.24%/°C	

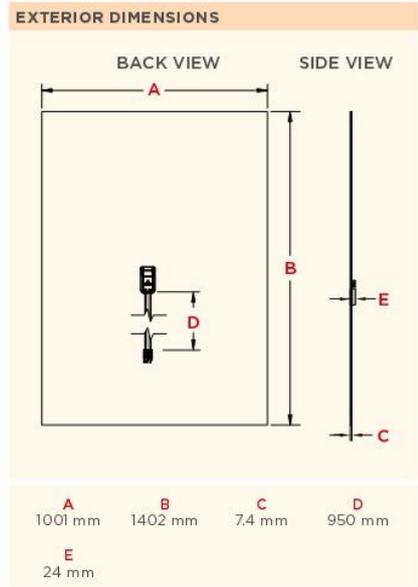
MADE IN JAPAN

The electrical data applies under standard test conditions (STC): Irradiance of 1000 W/m² with an AM1.5 spectrum at a cell temperature of 25° C. Output values are post initial Staebler-Wronski decay; actual measured initial values will be greater than nominal value (by approximately 15% for power).

SPECIFICATIONS (I)	
Cell	Tandem architecture of amorphous and microcrystalline silicon
Dimensions	1001 x 1402 x 7.4 mm
Weight	26 kg
Front glass	Low iron non-tempered glass
Back glass	Tempered
Connection type	Cable with SMK connector

SPECIFICATIONS (II)	
Maximum system voltage	1,000 V _{oc}
Maximum mechanical load	2,400 Pa
Series Fuse Rating	5 A
Operating temperature (cell)	- 40 to +90 °C
Storage temperature	- 40 to +90 °C
Storage air humidity	Up to 90 %
Installation orientation	Portrait or Landscape

Design and specifications are subject to change without notice. Sharp is a registered trademark of Sharp Corporation. All other trademarks are property of their respective owners.



SHARP ELECTRONICS CORPORATION
5700 NW Pacific Rim Boulevard, Camas, WA 98607
1-800-SOLAR-06 • Email: generalinfo@sharpusa.com
www.sharpusa.com/solar

ANEXO D – Questionário

1. Quantos moradores habitam a casa
2. Quantos m² tem a casa?
3. Quantidade de quartos?
4. Tem piscina (motor elétrico)?
5. Tem ar condicionado?
6. Qual tipo de aquecimento de água tem a casa? A gás, elétrico, ou solar.
7. Tem luzes de Jardim?
8. Portão elétrico?
9. Lavadora de louças?
10. Secadora de roupas?
11. Outros gastos de energia elétrica?