



Universidade Federal
do Rio de Janeiro

Escola Politécnica

VIABILIDADE ECONÔMICA DA ENERGIA FOTOVOLTAICA RESIDENCIAL NO BRASIL

Emilia Ribeiro Gobbo

Maria Antonia Tavares Fernandes da Silva

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia de Petróleo da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientadora: Rosemarie Bröker Bone, Dra.

Rio de Janeiro

Setembro de 2017

VIABILIDADE ECONÔMICA DA ENERGIA FOTOVOLTAICA RESIDENCIAL NO BRASIL

Emilia Ribeiro Gobbo

Maria Antonia Tavares Fernandes da Silva

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO DE PETRÓLEO.

Examinado por:

Prof.: Rosemarie Bröker Bone, Dra.

Prof. Paulo Couto, Dr.Eng.

Thiago Carvalho Saraiva, Bach. Eng.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

Setembro de 2017

Gobbo, Emilia Ribeiro

Silva, Maria Antonia Tavares Fernandes da

Viabilidade econômica da energia fotovoltaica no Brasil/
Emilia Ribeiro Gobbo, Maria Antonia Tavares Fernandes da
Silva – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2017.

XVI, 169 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Rosemarie Bröker Bone

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/
Engenharia de Petróleo, 2017.

Referências Bibliográficas: p. 111-122.

1. A Energia Fotovoltaica no Mundo. 2. Energia Fotovoltaica no Brasil. 3. Dimensionamento de um Projeto de Implantação de Energia Fotovoltaica Residencial no Brasil. 4. Análise da Viabilidade do Projeto. 5. Conclusão

I. Bone, Rosemarie Broker. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Engenharia de Petróleo. III. Do Petróleo às energias alternativas: a energia fotovoltaica no Brasil

Dedicamos este trabalho às nossas famílias e amigos, companheiros importantes nesta jornada.

AGRADECIMENTOS

Chegado esse momento importante de agradecimentos, gostaria de primeiramente agradecer a Deus pela minha vida e também à Nossa Senhora, que nos momentos mais difíceis, tenho certeza, passou à frente de todos eles e me guiou para o caminho certo a seguir.

A caminhada foi longa, mas vocês, meus pais e meu irmão, estiveram sempre ao meu lado. Maria Antonia e José Angelo, vocês foram meus pilares, minha base e meu escudo em todos os momentos. Sem o apoio de vocês, desde o início, não estaria aqui e não chegaria onde cheguei. Sou imensamente grata pela confiança que vocês têm e sempre tiveram em mim, me motivando a enfrentar todos os desafios. Tadeu, meu irmão que sempre acreditou em mim e mostrou que amor de irmãos só aumenta com o aumento da distância.

Um agradecimento especial à minha grande família: meus avos, tios e tias, vocês foram para mim mais um incentivo, me fazendo mostrar o meu melhor, para poder orgulhá-los.

Meu agradecimento aqui vai para todos os meus amigos de infância, que apesar da distância entre nós sempre estiveram presentes, mesmo pelas redes sociais, me fazendo me sentir em casa. Já aos amigos novos, não tenho palavras para descrever o que sinto por eles, cada um com seu jeito único e especial, fizeram esses anos serem leves, divertidos, animados e os melhores da minha vida. Um agradecimento especial ao meu namorado, Rian, que esteve ao meu lado nos melhores e piores momentos, me apoiando e incentivando a crescer cada dia.

Agradeço aos professores com os quais tive a honra de conviver, e em especial a professora Rosemarie por sua paciência, colaboração e orientação em nosso projeto de conclusão de curso.

A todos que não mencionei, mas foram muito importantes ao longo dessa jornada, meu muito obrigada, levo vocês comigo para sempre.

Emilia Ribeiro Gobbo

AGRADECIMENTOS

Finalmente, após sete anos de jornada, tenho este espaço para expressar em algumas palavras os meus agradecimentos. Sete anos que se expressaram de diversas formas tanto com muitas alegrias, assim como com desafios que me ajudaram a ser como sou hoje.

Primeiramente, agradeço aos meus pais e irmãos que sempre confiaram em mim como filha, irmã, estudante e pessoa. À minha mãe Raquel que é minha amiga acima de tudo e me serve de exemplo de calma perante dificuldades, muito estudo e persistência para alcançarmos nossos objetivos. Ao meu pai Octavio que me ouve e me ajuda em tomadas de decisões, que me é exemplo de dedicação e força frente aos obstáculos da vida. Desde cedo, ambos me proporcionaram todos os investimentos possíveis que garantissem minha inserção numa escola como a Universidade Federal do Rio de Janeiro. Para eles e meus irmãos, minha sincera gratidão e amor pela persistência e apoio mesmo em momentos de maiores dificuldades.

Devo agradecer a todos meus amigos que fui encontrando ao longo desse caminho. Apesar de todas as diferenças e trajetórias diversas, todos foram essenciais para completar minha história na UFRJ, desde o ciclo básico, meus amigos petroleiros que fiz antes da ida a França e minhas maiores surpresas ao meu retorno. Pessoas que fizeram meu dia a dia ser leve e que sempre disponibilizaram materiais de estudo e arrancaram sorrisos em dias mais cansativos.

Além dos meus novos companheiros, não posso deixar de mencionar meus amigos da vida, inicianos de coração, que trilham diferentes caminhos, mas que sempre estavam a postos para desamarar qualquer nó. Nunca deixaram de me encorajar em minhas aventuras e mudanças profissionais. Amigos de alma que levo comigo para sempre.

Meu agradecimento extremo ao professor e coordenador do meu curso, Paulo Couto, que nunca hesitou em sanar minhas dúvidas e me direcionar para minha conclusão de curso. À professora Anna Carla Araújo que me proporcionou uma das melhores experiências da minha vida em que pude realizar o duplo diploma da França onde me desenvolvi como profissional e pessoa. À orientadora Rosemarie Broker Bone que nos deu todo o suporte para que este projeto se realizasse com sucesso, disponibilizando seu tempo e energia com alegria em nos ajudar.

Por fim, meu agradecimento especial ao meu namorado Rafael Marino que entendeu em pouco tempo os desafios que enfrentamos numa faculdade pública, mas que sempre me deu força e estímulo para a conclusão. Ele me ajudou com palavras amigas e de amor a me tornar uma pessoa melhor sem hesitar em levantar críticas quando sentiu necessário.

Obrigada a todos os envolvidos nesse ciclo, certamente sem uma peça o quebra-cabeça nunca teria sido concluído. Em um momento de abertura de um novo ciclo, levo comigo as melhores lembranças e deixo meus sinceros agradecimentos.

Maria Antonia Tavares Fernandes da Silva

*“A mente que se abre a uma nova ideia
jamais voltará ao seu tamanho original”.*

Albert Einstein

viii

RESUMO

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro de Petróleo.

VIABILIDADE ECONÔMICA DA ENERGIA FOTOVOLTAICA RESIDENCIAL NO BRASIL

Emilia Ribeiro Gobbo

Maria Antonia Tavares Fernandes da Silva

Setembro/2017

Orientadora: Rosemarie Bröker Bone

Curso: Engenharia de Petróleo

Como uma alternativa de diminuição de gastos em energia elétrica e um estímulo à prática de preservação do caráter limpo e renovável da matriz energética, o uso de energia solar fotovoltaica tem surgido como uma possibilidade real em construções residenciais, indústrias e até mesmo em plataformas para extração e produção de petróleo. Busca-se, através desse trabalho, analisar os modelos de financiamentos em países influentes quando se fala em energias renováveis; e os investimentos feitos pelas *majors* petroleiras que, a partir do óleo, investem em energias alternativas, se tornando empresas de energia.

Arelado a isso, estuda-se o crescimento da incorporação da fonte de energia fotovoltaica no Brasil através da análise de sua legislação e instrumentos de apoio dados pelo Governo Federal ao setor fotovoltaico, mas para isso, o país deve agir com maior efetividade para transformar as oportunidades em negócios concretos. Percebe-

se que a falta de financiamentos com juros baixos, se torna um dos gargalos da energia solar no país.

Por fim, um estudo de viabilidade econômica para três diferentes orçamentos foi elaborado com análises de *payback*, amortização e Valor Presente Líquido, a fim de avaliar a atratividade do projeto de instalação fotovoltaica de micro-geração distribuída em uma residência no Brasil.

A partir dos resultados obtidos através da avaliação econômica, pode-se afirmar que caso o Brasil apresentasse estímulos para investimentos em energia fotovoltaica em residências, a partir de uma taxa de juros semelhante a Selic de 11,25%a.a., os orçamentos 1, 2 e 3 seriam pagos em oito, seis e oito anos, respectivamente. Ou seja, atualmente é impraticável a obtenção de empréstimos para a instalação de placas fotovoltaicas, devido as altas taxas de financiamento disponibilizadas pelos bancos brasileiros.

Palavras-chave: Petróleo, *majors* petrolíferas, energia fotovoltaica, financiamento, Brasil, Shell, Total, Statoil.

ABSTRACT

Abstract of Undergraduate Final Project presented to Escola Politécnica/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Petroleum Engineer.

ECONOMIC FEASIBILITY OF RESIDENTIAL PHOTOVOLTAIC ENERGY IN BRAZIL

Emilia Ribeiro Gobbo

Maria Antonia Tavares Fernandes da Silva

September/2017

Advisor: Rosemarie Bröker Bone

Department: Petroleum Engineering

The utilization of photovoltaic solar energy is nowadays being examined concerning residential and industrial buildings not to mention oil rigs as a substantial alternative. Its application is valuable due to the fact that it downgrades the usage of electric energy, therefore expanding the clean energy business. The present project's main objective is to analyze renewable energy financing plans on influent countries as well as the investments made by major oil companies on this field which consequently transforms them into energy companies.

Additionally, the implementation of solar energy in Brazil is studied through the research of legislation and funding opportunities given by the Federal Government. However, in order to make it a legitimate and successful substitute substantial measures are required. The key obstacle observed in this industry is the scarcity of low interest financial aid.

Finally, an economic feasibility analysis was performed on three different quotes through calculations of payback, amortization and net present value as a method of examining the financial attractiveness of the installation of a photovoltaic unit on a residence in Brazil.

From the financial analysis, it is possible to affirm that if Brazil invests in incentives for residential photovoltaic systems, with new lines of credits such as the Selic tax of 11,25 per year, the three diferente scenarios, 1, 2 and 3, would be paid in eight, six and eight years, respectively. Nowadays it is very hard to find attractive credit to instal residential solar systems, mainly because of high interest rates available from the brazilian banks.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CAPACIDADE INSTALADA ACUMULADA MUNDIAL, 2000-2015.....	6
FIGURA 2. O MERCADO FOTOVOLTAICO DOS PAÍSES TOP 10, 2015.....	7
FIGURA 3. PREÇO DO KWH NOS PAÍSES COM AS MAIORES CAPACIDADES INSTALADAS.....	8
FIGURA 4. CONSUMO GLOBAL DE ENERGIA PRIMÁRIA, 2014-2015.....	14
FIGURA 5. SISTEMA DE GERAÇÃO DE VAPOR A PARTIR DA ENERGIA SOLAR, OPERANDO EM OMAN, 2013-2017.....	16
FIGURA 6 A- B. TURBINAS EÓLICAS FLUTUANTES, (A) NORUEGA (B) REINO UNIDO, 2017....	18
FIGURA 7. PLATAFORMA DA EMPRESA SHELL DOTADA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS E AEROGERADORES, 2007.....	19
FIGURA 8. MATRIZ ENERGÉTICA NO BRASIL (A) NÃO-RENOVÁVEIS (B) TOTAL (C) RENOVÁVEIS, 2015.....	22
FIGURA 9. IRRADIAÇÃO SOLAR NO BRASIL E EUROPA, 2016.....	24
FIGURA 10. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NAS REGIÕES BRASILEIRAS, 2016.....	25
FIGURA 11. LOCALIZAÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS SOLARES FOTOVOLTAICOS CONTRATADOS NO LEILÃO DE ENERGIA DE RESERVA, 2014.....	30
FIGURA 12. LEI NO. 19.618 - ISENÇÃO DO IMPOSTO DE IMPORTAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE FONTE SOLAR, 2014.....	32
FIGURA 13. MICRO-USINA DE ENERGIA SOLAR EM JUAZEIRO/BAHIA, 2015.....	38
FIGURA 14. MAPEAMENTO DO POTENCIAL SOLAR NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO E EM DETALHE O BAIRRO COSME VELHO.....	47
FIGURA 15. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA ANUAL, 2015-2016.....	49
FIGURA 16. COMPOSIÇÃO TARIFÁRIA DE UMA CONTA DE LUZ NO BRASIL, 2017.....	50

FIGURA 17.IRRADIAÇÃO SOLAR NO PLANO INCLINADO - PRAÇA 15 DE NOVEMBRO, RIO DE JANEIRO, 2016.....	53
FIGURA 18.IRRADIAÇÃO SOLAR NO PLANO INCLINADO – RIO: PRAÇA 15 DE NOVEMBRO – RIO DE JANEIRO, 2016.	54
FIGURA 19.COMPARATIVO DE EFICIÊNCIA DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS.	56
FIGURA 20.ORÇAMENTO 1: CONSUMO E GERAÇÃO EM KWH/MÊS, JANEIRO-DEZEMBRO.	69
FIGURA 21.ORÇAMENTO 2: CONSUMO E GERAÇÃO EM KWH/MÊS, JANEIRO-DEZEMBRO.	70
FIGURA 22.ORÇAMENTO 3: CONSUMO E GERAÇÃO EM KWH/MÊS, JANEIRO-DEZEMBRO.	71
FIGURA 23. COMPORTAMENTO DO CASH FLOW DO ORÇAMENTO 1.....	78
FIGURA 24.COMPORTAMENTO DO CASH FLOW DO ORÇAMENTO 2.....	79
FIGURA 25. COMPORTAMENTO DO CASH FLOW DO ORÇAMENTO 3.....	81

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1. MECANISMOS DE INCENTIVOS GOVERNAMENTAIS EXISTENTES NOS EUA, EUROPA, CHINA E JAPÃO, 2017	10
TABELA 2. INICIATIVAS E INCENTIVOS A ENERGIA FOTOVOLTAICA EM PAÍSES SELECIONADOS, 2017	12
TABELA 3. RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL DIÁRIA OU INSOLAÇÃO DIÁRIA – MÉDIA ANUAL TÍPICA (WH/M ² /DIA).....	46
TABELA 4. HISTÓRICO REAL DA CARGA CONSUMIDA PELA RESIDÊNCIA, 2015-2016.....	49
TABELA 5. TARIFA MÉDIA ANUAL, 2015-2016	51
TABELA 6. CONSUMO MÉDIO ANUAL E GASTO MÉDIOANUAL, 2015-2016	51
TABELA 7. IRRADIAÇÃO SOLAR DIÁRIA MÉDIA MENSAL EM FUNÇÃO DO ÂNGULO DE INCLINAÇÃO: PRAÇA 15 DE NOVEMBRO/RJ/BRASIL	52
TABELA 8. ESPECIFICAÇÕES DO MODELO DO ORÇAMENTO 1	60
TABELA 9. ESPECIFICAÇÕES DO MODELO DO ORÇAMENTO 2	61
TABELA 10. ESPECIFICAÇÕES DO MODELO DO ORÇAMENTO 3.....	62
TABELA 11. ESPECIFICAÇÕES DE MODELO PARA O INVERSOR SOLAR.....	63
TABELA 12. DETALHAMENTO DAS PERDAS DO SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA	65
TABELA 13. GERAÇÃO ESPERADA PARA O ORÇAMENTO 1	66
TABELA 14. GERAÇÃO ESPERADA PARA O ORÇAMENTO 2.....	67
TABELA 15. GERAÇÃO ESPERADA PARA O ORÇAMENTO 3.....	68
TABELA 16. HISTÓRICO DE REAJUSTES TARIFÁRIOS GRUPO B1- RESIDENCIAL.....	74
TABELA 17. INVESTIMENTOS INICIAIS PARA O ORÇAMENTO 1	74

TABELA 18. INVESTIMENTOS INICIAIS PARA O ORÇAMENTO 2	75
TABELA 19. INVESTIMENTOS INICIAIS PARA O ORÇAMENTO 3	75
TABELA 20. PAYBACK PARA O ORÇAMENTO 1	77
TABELA 21. PAYBACK PARA O ORÇAMENTO 2	78
TABELA 22. PAYBACK PARA O ORÇAMENTO 3	80
TABELA 23. VALORES DA TAXA SELIC E DA TAXA DO BB AO ANO, ABRIL/2017	82
TABELA 24. INVESTIMENTO INICIAL DO ORÇAMENTO 1	83
TABELA 25. DÍVIDA DO ORÇAMENTO 1 AMORTIZADA	83
TABELA 26. INVESTIMENTO INICIAL DO ORÇAMENTO 2	84
TABELA 27. DÍVIDA DO ORÇAMENTO 2 AMORTIZADA	84
TABELA 28. INVESTIMENTO INICIAL DO ORÇAMENTO 3	84
TABELA 29. DÍVIDA DO ORÇAMENTO 3 AMORTIZADA	85
TABELA 30. CÁLCULO VPL DETALHADO DO ORÇAMENTO 1	87
TABELA 31. CÁLCULO VPL ORÇAMENTO 1: INVESTIMENTO EM TÍTULOS PÚBLICOS	88
TABELA 32. RESULTADO DO VPL PARA O ORÇAMENTO 1	88
TABELA 33. RESULTADO COMPARATIVO DOS INVESTIMENTOS PARA O ORÇAMENTO 1	89
TABELA 34. CÁLCULO VPL DETALHADO DO ORÇAMENTO 2	90
TABELA 35. CÁLCULO VPL ORÇAMENTO 2: INVESTIMENTO EM TÍTULOS PÚBLICOS	91
TABELA 36. RESULTADO DO VPL PARA O ORÇAMENTO 2	91
TABELA 37. RESULTADO COMPARATIVO DOS INVESTIMENTOS PARA O ORÇAMENTO 2	92
TABELA 38. CÁLCULO VPL DETALHADO DO ORÇAMENTO 3	93
TABELA 39. CÁLCULO VPL ORÇAMENTO 3: INVESTIMENTO EM TÍTULOS PÚBLICOS	94

TABELA 40. RESULTADO DO VPL PARA O ORÇAMENTO 3 94

TABELA 41. RESULTADO COMPARATIVO DOS INVESTIMENTOS PARA O ORÇAMENTO 3 95

LISTA DE SIGLAS

AC	Corrente Alternada
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BSW	Basic Sediments of Water
BB	Banco do Brasil
BP	British Petroleum
CC	Corrente Contínua
CEPEL	Centro de Pesquisa de Energia Elétrica
CCEAR	Contratos de Comercialização de Energia no Ambiente Regulado
CER	Contratos de Energia de Reserva
CPT	Condições Padrão de Teste
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sergio de Salvo Brito
EDF	<i>Électricité de France</i>
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
E&P	Exploração e Produção
FiT	<i>Feed-in Tarif</i>
FV	Fotovoltaico
FGTS	Fundo de Garantia do Tempo de Serviço
GEE	Gases do Efeito Estufa
GTP	Geração Total Esperada de Energia com Perdas
GW	GigaWatt
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
LER	Leilões de Energia de Reserva
MW	MegaWatt
MPPT	Rastreamento do Ponto de Máxima Potência (Maximum Power Point Tracker)
MWh	MegaWatt hora
PD&I	Pesquisas de Desenvolvimento e Inovação
PRI	Prazo de Retorno do Investimento
PRICE	Sistema de Amortização de Empréstimos
PL	Projeto de Lei

SOLcial	Projeto Social de Energia Solar Fotovoltaica
KW	QuiloWatt
EOR	Recuperação de Óleo Avançada
REN	Resolução Normativa
SAC	Sistema de Amortização Constante
SAE	Secretaria de Assuntos Especiais
SELIC	Sistema Especial de Liquidação de Custódia
SIN	Sistema Interligado Nacional
STC	Standard Test Conditions
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
OBJETIVO	2
ESCOPO	2
1 A ENERGIA FOTOVOLTAICA NO MUNDO	4
1.1 HISTÓRICO	4
1.2 MERCADO FOTOVOLTAICO	5
1.3 POLÍTICA E EVOLUÇÃO DOS INCENTIVOS.....	8
1.4 EMPRESAS DE PETRÓLEO VERSUS DE ENERGIA.....	13
1.4.1 SHELL.....	15
1.4.2 TOTAL.....	16
1.4.3 STATOIL.....	17
1.4.4 EXEMPLOS DE USO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS EM PLATAFORMAS DE PETRÓLEO.....	18
1.5 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS.....	21
2 ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL	22
2.1 POTENCIAL DA ENERGIA SOLAR BRASILEIRA	23
2.2 REGULAMENTAÇÃO E LEGISLAÇÃO DA ENERGIA SOLAR	25
2.3 POPULARIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	36
2.4 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS.....	38
3 DIMENSIONAMENTO DE UM PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA RESIDENCIAL NO BRASIL	40
3.1 METODOLOGIA E PREMISSAS DO DIMENSIONAMENTO	40
3.2 DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA RESIDÊNCIA.....	45

3.3	CONSUMO ANUAL DE ENERGIA	48
3.4	INFLUÊNCIA DA RADIAÇÃO SOLAR	51
3.5	O SISTEMA E SEUS COMPONENTES	54
3.5.1	<i>PAINEIS FOTOVOLTAICOS</i>	55
3.5.2	<i>INVERSORES</i>	57
3.5.3	<i>MODELOS DE ORÇAMENTO</i>	58
3.5.3.1	<i>ESPECIFICAÇÕES DOS PAINEIS SOLARES</i>	59
3.5.3.2	<i>ESPECIFICAÇÕES DOS INVERSORES</i>	62
3.6	PERDAS DO SISTEMA	64
3.7	GERAÇÃO ESPERADA TOTAL COM PERDAS	66
3.8	CONSIDERAÇÕES PARCIAIS	71
4	ANÁLISE DE VIABILIDADE DO PROJETO	73
4.1	ANÁLISE ECONÔMICA	73
4.1.1	<i>PAYBACK</i>	75
4.1.2	<i>AMORTIZAÇÃO</i>	81
4.1.3	<i>VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)</i>	86
4.2	CONSIDERAÇÕES PARCIAIS	95
5	CONCLUSÃO	97
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
	ANEXO A	111
	COMPREENDENDO A ENERGIA SOLAR	111
1.	<i>COMPONENTES</i>	111
2.	<i>SISTEMAS</i>	112
5.	FORMAS DE UTILIZAÇÃO	114
A.	VANTAGENS E DESVANTAGENS	115

B.	ASPECTOS AMBIENTAIS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
	ANEXO B	117
	ANEXO C	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.

INTRODUÇÃO

As empresas de petróleo após as crises da década de 70 iniciaram uma ampla mudança no seu perfil produtivo. Gradativamente deixaram de se preocupar somente com o petróleo, seu principal produto de exploração, mas passaram a concentrar esforços na geração de outras energias, consideradas alternativas. Os investimentos nas energias alternativas são proporcionados pelos resultados positivos vindos da exploração e produção (E&P) de óleo e gás natural, além das crescentes preocupações com o meio ambiente, em especial as emissões de Gás Efeito Estufa (GEE). Pode-se dizer que a diversificação produtiva das empresas petrolíferas tornou-as em empresas de energia. Logo, não se trata de uma prática de curto prazo, mas uma tendência que veio para ficar, alavancada pela característica inerente dos combustíveis fósseis – não renovável e/ou finito.

Os interesses ecológicos e econômicos se juntam, principalmente por existir muitas formas de financiamento e subsídios para se investir no setor de energia renovável ou limpa, o que atraem também as empresas de petróleo.

Esta tendência “verde” por parte de governos e da opinião pública mundial, além das flutuações nos preços do petróleo, tem levado as *majors* a desenvolverem no seu portfólio, um amplo leque de energias renováveis. Temos como exemplo, as empresas petroleiras *Shell*, *Total* e *Statoil*, principalmente, as quais vem investindo em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), a fim de desenvolverem tecnologias com o uso do sol, vento, biomassa, entre outras fontes renováveis.

Dentre as energias renováveis, a energia fotovoltaica foi a que apresentou maior crescimento e que obteve maiores investimentos em todo o mundo (REN21, 2016).

O Brasil se destaca como uma possível potência da energia solar por possuir altos níveis de insolação e grandes reservas de quartzo de qualidade; o quartzo contém silício, principal material utilizado para a fabricação da célula fotovoltaica. Estas são características naturais do Brasil, que possibilitam vantagens competitivas em produtos de alto valor agregado, como a fabricação de energia

fotovoltaica (FALSIROLI, 2015). Sendo assim, o país vem aumentando os incentivos na geração de energia fotovoltaica através de um conjunto de elementos para uma maior inserção desta energia na matriz energética nacional.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar a energia fotovoltaica a partir do petróleo. Parte-se da contextualização desta fonte de energia a partir da apresentação dos incentivos vindos da diversificação energética de empresas petrolíferas. Sendo assim, a primeira parte do trabalho será dedicada a mostrar os investimentos feitos nos países desenvolvidos e por empresas petrolíferas em energias renováveis.

A segunda parte terá como foco o detalhamento do panorama da energia fotovoltaica no Brasil, onde apresentar-se-ão as vantagens e os desafios desta nova fonte de energia no país. Encerrar-se-á a segunda parte no estudo da viabilidade econômica ao se instalar painéis fotovoltaicos em uma residência na cidade do Rio de Janeiro/Brasil para responder a seguinte pergunta: existe viabilidade econômica na instalação de placas fotovoltaicas em residências no Brasil? Serão analisados os perfis dos orçamentos obtidos utilizando três tipos de sistemas de instalação de placas fotovoltaicas, com a indicação de custos e benefícios das propostas.

ESCOPO

O trabalho será dividido em duas partes, a primeira parte analisar-se-á o panorama mundial da energia solar e a segunda parte terá como foco os esforços do Brasil para a inserção dessa fonte em sua matriz energética. A primeira parte está compreendida no capítulo 1 e a segunda parte corresponde aos capítulos 2, 3 e 4.

No primeiro capítulo avaliar-se-ão os diferentes incentivos financeiros e legislações nos países onde o uso da energia fotovoltaica é significativo. Também, partir-se-á da escolha de três empresas, representantes das majors da indústria

petrolífera, que possuem investimentos em energias renováveis, dentre elas a solar e analisar-se-á quantitativamente cada um desses esforços.

No segundo capítulo far-se-á uma análise histórica do uso de energia fotovoltaica no Brasil, seus problemas, panorama elétrico atual e perspectivas para o futuro no país, a partir de dados fiscais e legislativos.

No terceiro capítulo será calculada a viabilidade econômica de um projeto de instalação de um sistema fotovoltaico em uma casa brasileira, com consumo de 718,077 kWh médios de eletricidade por ano, situada na cidade do Rio de Janeiro.

Já no quarto capítulo serão analisados os perfis dos orçamentos obtidos utilizando três tipos de sistemas de instalação de placas fotovoltaicas, com a indicação de custos e benefícios das propostas. Como ferramentas de análise utilizar-se-ão: geração esperada, *payback*, amortização e valor presente líquido (VPL).

No último capítulo serão apresentadas as conclusões, uma síntese dos principais resultados obtidos neste trabalho para fins de responder as perguntas propostas: as empresas petroleiras estão investindo em energias renováveis? A energia fotovoltaica é de interesse das majors, governos e público em geral? Os investimentos em energia fotovoltaica são viáveis economicamente no Brasil? Existe viabilidade econômica na instalação de energia fotovoltaica em residências?

1 A ENERGIA FOTOVOLTAICA NO MUNDO

1.1 HISTÓRICO

A energia fotovoltaica teve início em 1839, a partir de estudos do físico francês Edmond Becquerel, que percebeu o aumento na geração de energia elétrica ao expor dois eletrodos metálicos junto com uma solução condutora a luz.

Em 1873, Willoughby Smith descobriu o efeito fotovoltaico¹ em sólidos com o selênio. Com isso, em 1876, W. G. Adams e R.E. Day lançaram o primeiro dispositivo sólido de geração de energia utilizando a luz do sol, com uma eficiência de aproximadamente de 0,5% (VALLÊRA & BRITO, 2006)

A célula fotovoltaica pioneira foi construída em 1883, por Charles Fritts. O inventor recobriu uma amostra de selênio semicondutor com pó de ouro. Apesar de apresentar eficiência inferior a 1%, o dispositivo teve sua importância, pois foi comprovada a produção de eletricidade por meio da energia solar (SILVA, 2006).

Já a primeira célula de silício, utilizada atualmente, foi produzida em 1954, nos Laboratórios Bell, nos Estados Unidos. No ano seguinte, iniciou-se a produção de elementos solares fotovoltaicos para aplicação espacial (VALLÊRA & BRITO, 2006)

Em 1958, marco do uso comercial de células solares, foram criadas células mais resistentes aos danos de radiação, consideradas melhores para o uso em missões espaciais. No mesmo ano, o satélite *Vanguard I* converte-se no primeiro satélite alimentado mediante energia solar, graças a um painel de 0.1W e 100 cm² (TELESCÓPIO, 2014).

¹A palavra fotovoltaica é um termo formado a partir de duas palavras: foto, que em grego significa “luz”, e voltaica, que vem da palavra “volte”, a unidade para medir o potencial elétrico, que por sua vez vem do sobrenome do físico italiano Alessandro Volta, inventor da pilha. (PORTALSOLAR, 2017(a))

No início dos anos 70, devido à crise do petróleo, estimulou-se o uso de células fotovoltaicas para a geração de energia elétrica nos países desenvolvidos e em desenvolvimento (GREEN, 2005).

No Brasil, estudos ligados à energia solar ficaram inicialmente restritos as universidades e centros de pesquisa, os quais por falta de incentivos fiscais não obtiveram importância na matriz energética brasileira.

Apesar do 1º Simpósio de Energia Solar Brasileira e da criação da Associação Brasileira de Energia Solar datarem de 1978, as pesquisas mais aprofundadas se moviam a passos lentos (ABENS, 2017).

Na década de 80 iniciou-se a construção de centrais fotovoltaicas pilotos de médio porte, todas instaladas na Europa e nos EUA.

Em 1990, houve a utilização de tecnologia fotovoltaica para a eletrificação rural em países em desenvolvimento, como o Brasil (CEPEL, 2003).

Devido às mudanças favoráveis no ambiente político e econômico que fomentaram fontes de energias renováveis na maioria dos países, a pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) da energia solar se intensificou, alimentada pela busca de uma diversidade energética e diminuição dos impactos ambientais causados pelos combustíveis fósseis e não renováveis.

1.2 MERCADO FOTOVOLTAICO

Mesmo durante as grandes crises econômicas, o mercado fotovoltaico (FV) cresceu notavelmente ao longo da última década e está no caminho para se tornar uma importante fonte de geração de energia do mundo.

Dentre as energias renováveis, a energia solar foi a que apresentou maior crescimento; em 2015, obteve os maiores investimentos, com mais de US\$ 81 bilhões (REN21, 2016).

Depois de ter atingido um recorde de crescimento em 2010, comparativamente aos anos anteriores; em 2013 voltou a crescer e a partir de

2014, como mostra a Figura 1, atingiu uma capacidade acumulada de 178 GigaWatts (GW) (EPIA, 2015).

A partir deste momento, a geração de energia fotovoltaica registrou crescimento, atingindo 229,3 GW de capacidade instalada acumulada em nível mundial em 2015 (EPIA, 2016).

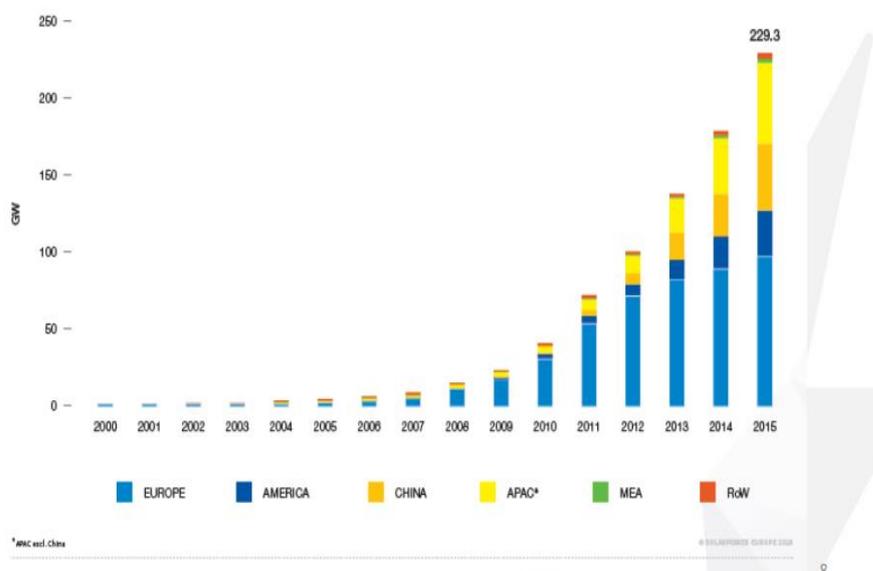


Figura 1. Capacidade instalada acumulada mundial, 2000-2015

Fonte: EPIA, 2016.

Uma das principais alavancas para o crescimento da capacidade instalada da FV foi a queda dos custos em infraestrutura (ou seja, redução de 75% ao longo de 10 anos), dados os massivos incentivos fiscais e a consequente redução de impactos ambientais. Com isso, há expectativas de atingir a meta de 540 GW em capacidade instalada mundial acumulada no final de 2017 (EPIA, 2014), ou seja, há expectativa de dobrar a capacidade instalada acumulada mundial.

TOP 10 COUNTRIES IN 2015 FOR ANNUAL INSTALLED CAPACITY				TOP 10 COUNTRIES IN 2015 FOR CUMULATIVE INSTALLED CAPACITY			
1		China	15,2 GW	1		China	43,5 GW
2		Japan	11 GW	2		Germany	39,7 GW
3		USA	7,3 GW	3		Japan	34,4 GW
4		UK	3,5 GW	4		USA	25,6 GW
5		India	2 GW	5		Italy	18,9 GW
6		Germany	1,5 GW	6		UK	8,8 GW
7		Korea	1 GW	7		France	6,6 GW
8		Australia	0,9 GW	8		Spain	5,4 GW
9		France	0,9 GW	9		Australia	5,1 GW
10		Canada	0,6 GW	10		India	5 GW

Figura 2. O mercado fotovoltaico dos países Top 10, 2015

Fonte: IEA PVPS, 2016.

China, Japão e EUA foram os países responsáveis pela maior parte da capacidade instalada adicionada em 2015: 30,4%, 22% e 14,6% respectivamente (REN21, 2016). A Figura 2 ilustra, na coluna a esquerda, os dez países com as maiores capacidades instaladas em energia solar em 2015. Já a coluna da direita ilustra os dez países com as maiores capacidades instaladas acumuladas até 2015. A China está na primeira colocação nas duas listas, mostrando que os investimentos interferem positivamente na inserção desta energia na matriz energética mundial.

Ao se observar a Figura 2, nota-se que a Alemanha possui alta capacidade instalada. Porém, em 2014, após o governo alemão reduzir os incentivos ao uso de energia solar, devido ao aumento da taxa em 380% sobre a energia renovável, tornou o valor da energia muito alto naquele país (THEGERMANENERGIEWENDE, 2014). A instalação de novos painéis desacelerou em comparação aos anos anteriores, proporcionando um aumento de apenas 3% da capacidade instalada no país, em 2015.

	Preço (Ct/kWh)	Preço (R\$/kwh)
Alemanha	30	0,939
EUA	9	0,282
Japão	18	0,563
Espanha	23	0,720
Canadá	8	0,250
Reino Unido	19	0,595
França	16	0,501
Dinamarca	30	0,939
Itália	25	0,783
Brasil	3	0,885

Figura 3. Preço do kWh nos países com as maiores capacidades instaladas, em 2017. Fonte: CLENERENERGY, 2017.

Comprova-se o alto valor da energia na Alemanha ao observar-se a Figura 3. O país juntamente com a Dinamarca e o Brasil, possuem os maiores valores pagos por kWh. Já Canadá e EUA, os valores mais baixos.

1.3 POLÍTICA E EVOLUÇÃO DOS INCENTIVOS

A geração fotovoltaica vem atuando como um significativo mercado do sistema de energia solar mundial e o rápido crescimento associado a esse setor afeta todo o planejamento e o design da rede de geração. Isso é impactante tanto nos modelos de negócios, quanto na forma como as empresas executam seus projetos.

Os principais mecanismos de incentivo ao aproveitamento energético de fontes renováveis é o sistema de cotas, onde as distribuidoras de energia elétrica são obrigadas a atender parte de seu mercado com fontes renováveis, como exemplo: *renewable certificates*², leilões de compra e o sistema de preços, onde a

²Certificados renováveis.

geração por fontes renováveis é adquirida a preços diferenciados, também chamado de *feed-in tariff*³ (FiT) (EPIA, 2014). No sistema de preços, tal como praticado na Europa, toda a energia produzida pela fonte subsidiada é medida e remunerada a preços diferenciados.

Novas formas de incentivos e modelos de negócios começaram a surgir, tais como: a) arrendamentos solares, b) contratos de compra de energia (PPA), c) *Behind-the-meter*⁴, d) títulos verdes e e) *crowdfunding*⁵, buscando reduzir as barreiras para consumidores e aumentar a lucratividade (EPIA, 2014).

A Tabela 1 resume cada um dos principais incentivos governamentais à energia fotovoltaica.

³Contrato de oferta padrão. Um mecanismo utilizado por políticas públicas destinadas a acelerar o investimento em tecnologias de energias renováveis por meio da oferta de contratos de longo prazo aos produtores de energias renováveis. (WIKIPEDIA, 2017(a))

⁴Atrás do medidor. É um sistema de incentivos e soluções tecnológicas para os produtos utilizados nos sistemas FV como: termostatos inteligentes, soluções de eficiência energética e a gestão de painéis solares em telhados. (PORTALSOLAR, 2017 (b))

⁵Plataforma online de financiamento coletivo. É um modelo de negócios desenvolvido pela plataforma *Mosaic*, nos EUA, usado para oferecer oportunidades de financiamento de sistemas de FV a consumidores simples. A plataforma é focada apenas em projetos americanos, mas é uma possível solução para financiamento de projetos FV em países emergentes, como é o caso do Brasil. (CRUNCHBASE, 2017)

Tabela 1. Mecanismos de incentivos governamentais existentes nos EUA, Europa, China e Japão, 2017

Mecanismo	Breve descrição
Tarifa-prêmio	Aquisição, pela distribuidora, da energia a uma tarifa superior àquela paga pelo consumidor. Subsídio dado pelo governo e repassado aos demais consumidores.
Sistema de cotas	Instrumento de aquisição obrigatória de determinado patamar de geração elétrica a partir de fontes renováveis.
Subsídio ao investimento inicial	Subsídio direto, seja sobre equipamentos específicos, seja sobre o investimento total do sistema FV.
Dedução no imposto de renda	Dedução do imposto de renda de parte ou todo investimento realizado em sistemas FV.
Incentivo à aquisição de eletricidade "verde" oriunda de sistemas fotovoltaicos	Confere ao consumidor final o direito de escolha quanto à aquisição de eletricidade proveniente de geração FV, mediante pagamento de uma tarifa maior.
Obrigatoriedade de aquisição de FV no portfólio obrigatório de renováveis	Instrumento de aquisição obrigatória de determinado patamar de geração elétrica proveniente de geração FV.
Fundos de investimentos para FV	Oferta de ações em fundos privados em investimentos.
Ações voluntárias de bancos comerciais	Concessão preferencial de hipotecas para construções que possuam sistemas FV e empréstimos para instalações destes sistemas.
Ações voluntárias de distribuidoras	Mecanismos de suporte à aquisição de energia renovável pelos consumidores, instalação de plantas centralizadas de FV, financiamento de investimentos e modelos de aquisição de eletricidade derivada de FV.
Padrões em edificações sustentáveis	Estabelecimento de padrões mínimos de desempenho para edificações (existentes e novas), cujo contexto favorece, entre outras, a adoção de sistemas FV.

Fonte: Elaboração dos autores com base em IEA (2011).

Países	Modelos	Descrição
China	<ul style="list-style-type: none"> Tarifas fixas Subsídios “Golden Sun” Redução de impostos Empréstimos a juros reduzidos 	Oferecem garantia de retorno para os proprietários dos sistemas FV sobre a energia gerada, concedidos em contratos de longo prazo, em um período de 15 a 20 anos.
EUA	<ul style="list-style-type: none"> Redução dos impostos Sistemas diferentes para cada estado Leasing⁶ de placas solares Financiamentos e investimentos comunitários Incentivos de desempenho Créditos de energias renováveis Tarifa fixa 	Os tipos e alcance dos incentivos financeiros e regulatórios variam entre os diversos estados norte-americanos devido as metas locais de redução de emissões, competitividade da energia FV distribuída com a tarifa local e disponibilidade de diferentes fontes de geração.
Japão	<ul style="list-style-type: none"> Novo Programa Luz do Sol (PD&I) Lei de Energia Alternativa Programas para redução dos GEE Subsídios Empréstimos com juros baixos Tarifa fixa 	O governo japonês lançou o programa FiT, que determina que os serviços públicos locais sejam obrigados a comprar 100% da energia gerada a partir de instalações solares de mais de 10 quilowatts (KW) por um período de 20 anos.
Alemanha	<ul style="list-style-type: none"> Tarifa fixa Leilões de Energia Solar 	Definida pelo <i>German Renewable Energy Act</i> de 2004 que garantia 10 anos de tarifa fixa.
Reino Unido	<ul style="list-style-type: none"> Certificados Verdes Transição da Tarifa fixa para os Contratos de compra de energia de longo prazo 	Devido as reduções da Tarifa fixa, está ocorrendo uma gradual transição entre os modelos de negócios baseados nas FiT para o mercado de contratos de compras de energia.
Espanha	<ul style="list-style-type: none"> Tarifa fixa Prêmio fixo Subsídios Redução dos impostos 	Decreto 436/2004: o produtor pode optar por um dos dois sistemas de pagamento de energia. Os subsídios são definidos pelo “ <i>Plan de Fomento de las Energias Renovables</i> ”.
Itália	<ul style="list-style-type: none"> Certificados verdes Subsídios Tarifas fixas 	Aplicação da taxa de incentivo de toda a energia produzida e não

⁶ Arrendamento.

	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Net metering</i> 	<p>somente a de se produzir e consumir no local, redução da burocracia para a obtenção da tarifa e as diferenciações das tarifas para com o tipo de integração arquitetônica e tamanho da planta de geração.</p>
<p>França</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tarifa fixa • Concurso • Lei de Transição de Energias • Leilões de Energia Solar • Remuneração Adicional 	<p>Tarifa fixa para centrais <12MegaWatts (MW) e concurso para centrais >12MW (duração até 20 anos)</p> <p>O governo francês pretende garantir a qualquer produtor de energia renovável, a compra de sua produção de energia pelo órgão <i>Électricité de France</i> (EDF) a um nível acima do preço de mercado.</p> <p>Neste contexto, busca-se garantir um retorno razoável do capital investido na energia solar.</p>

Tabela 2. Iniciativas e incentivos a energia fotovoltaica em países selecionados, 2017

Fonte: Elaborado pelas autoras com base em acervo BNDES (2017).

Com isso, um grande número de empresas, incluindo desenvolvedores e instaladores, companhias de investimento e grandes bancos entraram no mercado de financiamento de energia fotovoltaica no mundo.

A Tabela 2 mostra as principais iniciativas quanto ao desenvolvimento da energia fotovoltaica nos países onde essa fonte de energia é mais significativa e incentivada.

Nota-se que os tipos e alcance dos incentivos financeiros e regulatórios variam de país para país, devido a uma série de fatores, entre eles: a) metas locais de redução de emissões, b) competitividade da energia FV distribuída com a tarifa local e c) disponibilidade de diferentes fontes de geração. No processo de escolha

do modelo consideram-se as estruturas de mercado e modelos regulatórios vigentes no país.

1.4 EMPRESAS DE PETRÓLEO VERSUS DE ENERGIA

Além das crises enfrentadas recentemente e a redução do preço do barril (ANTUNES, 2016), as empresas de petróleo: *Shell*, *TOTAL*, *Statoil*, *British Petroleum (BP)*, *ExxonMobil*, entre outras, resolveram diversificar seus investimentos, inserindo em seu portfólio a produção de energia a partir da radiação solar. Isso veio a modificar o perfil das empresas petrolíferas de nível mundial. O objetivo de tal diversificação é minimizar os impactos das oscilações de preços do barril de óleo na lucratividade.

Aliam-se a busca pela manutenção da lucratividade, as pressões vindas de governos e da opinião pública mundial quanto às consequências de mudanças climáticas relacionadas à emissão de CO₂ decorrentes da queima de combustíveis fósseis.

A energia fotovoltaica foi, por muito tempo, vista como uma escolha ambientalmente responsável, atualmente é também vista como uma escolha econômico-fiscal inteligente.

A utilização de todas as fontes de energia se faz necessária para atender um mundo que apresenta população crescente e padrões de vida crescentes. Na Figura 4 apresenta-se o consumo de energia discriminado por tipo de combustível no ano de 2015. Nota-se um aumento no consumo de energias comparado à 2014. Neste cenário apenas o consumo de carvão diminuiu, comprovando, assim, a busca global por uma matriz energética menos poluente.

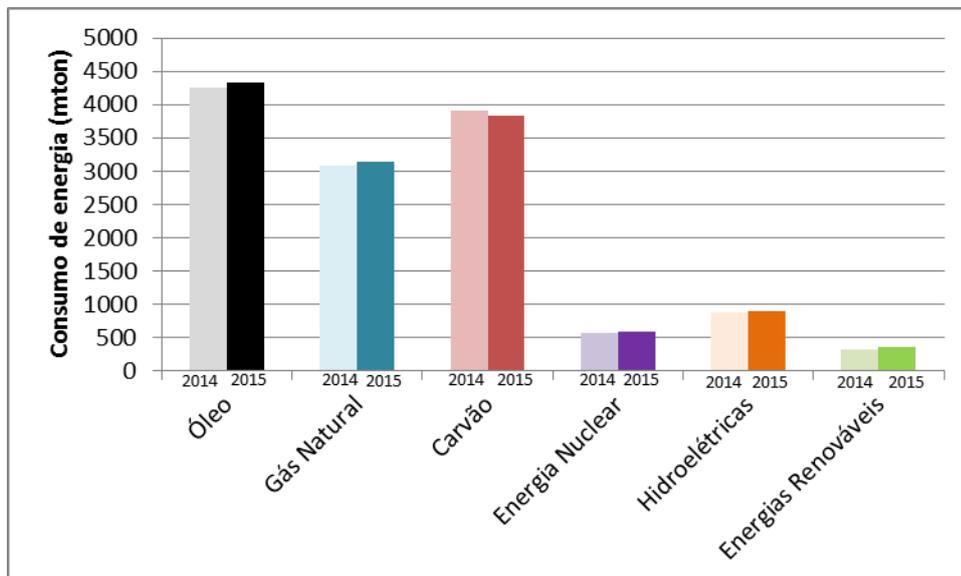


Figura 4. Consumo global de energia primária, 2014-2015

Fonte: Elaboração das autoras com base em BP, 2016.

Observando o aumento da demanda global de energia, as empresas ao longo dos últimos anos investiram visando ganhos de escala na geração de energias, tornando possível, entre outras, a geração de energia fotovoltaica com baixo custo.

Segundo o Relatório Estatístico realizado pela BP em 2016, a energia fotovoltaica é a fonte de energia que mais cresce; o setor de energias renováveis acrescentou 213 terawatt-hora de capacidade eólica, solar e de biocombustível em 2015.

Nas próximas subseções serão apresentadas as iniciativas de empresas petroleiras na geração de energia fotovoltaica, a saber: *Shell*, *Total* e *Statoil* e para finalizar o capítulo mostrar-se-ão exemplos de como as energias renováveis podem ser utilizadas em plataformas de petróleo offshore.

1.4.1 SHELL

A *Shell* atualmente investe aproximadamente R\$ 636 milhões por ano para explorar e desenvolver novas energias. A empresa criou em 2016, um departamento específico para estudar possibilidades de investimento em energias renováveis e com baixa emissão de carbono, chamadas “Novas Energias”. Com isso, estão se movendo, além das energias renováveis tradicionais, para três novas áreas de oportunidades: a) novos combustíveis para a mobilidade - biocombustíveis e hidrogênio, b) soluções energéticas integradas, onde as energias eólica e fotovoltaica poderão se associar ao gás natural para suprirem as intermitências e c) aumentar a eficiência do sistema (SUSTAINABILITY REPORTING, 2015).

Além disso, a empresa busca maneiras de explorar as tecnologias fotovoltaicas existentes visando diminuir a intensidade de emissões de carbono e o consumo de energia em suas operações (SHELL, 2017 (a)). Por exemplo, no Paquistão, foi instalado um sistema fotovoltaico de 100 quilowatts no depósito de combustível em Karachi, gerando cerca de 170 megawatts-hora de energia a cada ano. Isso ajudou a reduzir o consumo de diesel para geração de energia (SUSTAINABILITY REPORTING, 2015).

Com esse mesmo intuito, a *GlassPoint Solar* - empresa na qual a *Shell* é investidora - desenvolveu uma tecnologia para atender às necessidades exclusivas da indústria de petróleo. A tecnologia usa energia solar para gerar vapor a partir da água presente nos campos petrolíferos. Este vapor gerado é injetado nos poços visando aumentar a recuperação terciária de óleo (EOR), assim como o vapor produzido pela queima de combustível.



Figura 5. Sistema de geração de vapor a partir da energia solar, operando em Oman, 2013-2017

Fonte: GlassPoint, 2017

Estes geradores de vapor solar, como mostra a Figura 5, podem reduzir o consumo de gás e as emissões de carbono de um campo de petróleo em até 80%. O gás economizado pode ser redirecionado para o mercado de exportação ou outros usos de alto valor, como o desenvolvimento industrial e a geração de eletricidade (GLASSPOINT, 2017).

A Shell vem buscando uma energia emergente com baixa emissão de carbono, ou seja, unindo combustíveis tradicionais, como o petróleo e o gás natural, com a energia renovável (SHELL SUSTAINABILITY REPORT, 2016).

1.4.2 TOTAL

A empresa Total é a quarta maior do ramo privado de óleo e gás do mundo e a terceira maior operadora em energia fotovoltaica através da *SunPower* (TOTAL, 2017 (a)).

Em 2015, a empresa investiu US\$1,068 milhões em PD&I; dentre as áreas de pesquisa estão o desenvolvimento e a industrialização da energia fotovoltaica,

de biomassa e carbono, e em tecnologias de armazenamento. O objetivo da empresa é tornar-se competitiva em energias renováveis (GLOBAL REPORTING INITIATIVE, 2016).

Investir em energia fotovoltaica está em linha com a estratégia da TOTAL para o setor de gás natural. Segundo a empresa, estas duas fontes de energia são complementares em termos de disponibilidade e custo; ou seja, os recursos de gás natural prontamente disponíveis podem: a) compensar a natureza intermitente da energia fotovoltaica, b) pode ajudar a suavizar as flutuações dos preços do gás natural a partir do preço fixo da eletricidade gerada pela energia fotovoltaica (GLOBAL REPORTING INITIATIVE, 2016).

Para um horizonte de 20 anos buscar-se-á: a) diminuir em 20% das emissões de carbono; b) incrementar as energias renováveis, juntamente com o armazenamento de energia. Especificamente com relação aos painéis fotovoltaicos, pretende triplicá-los nos próximos cinco anos, a partir de 2017 (TOTAL, 2017 (a)).

1.4.3 STATOIL

A empresa *Statoil* iniciou seus esforços para gradualmente complementar seu portfólio petrolífero com energias renováveis no ano de 2016, assim como a *Shell*. Os investimentos no setor se iniciaram com a criação do “*Statoil Energy Ventures*”, um fundo corporativo de investimentos destinado às empresas em crescimento, voltadas às energias renováveis. Foram investidos U\$ 200 milhões em capital para as chamadas “Novas Soluções Energéticas” (STATOIL, 2017).

No âmbito das energias renováveis, a *Statoil*, desde 2010, se destaca pela geração eólica offshore e é líder na captura e armazenamento de carbono. Desenvolveu a *Hywind*, primeira turbina de vento flutuante de escala completa no mundo, que pode suportar ondas marítimas de 19 metros e estabeleceu um objetivo de redução de emissões de CO₂ por barril de óleo equivalente (boe) em 10% até 2020 (STATOIL, 2017).

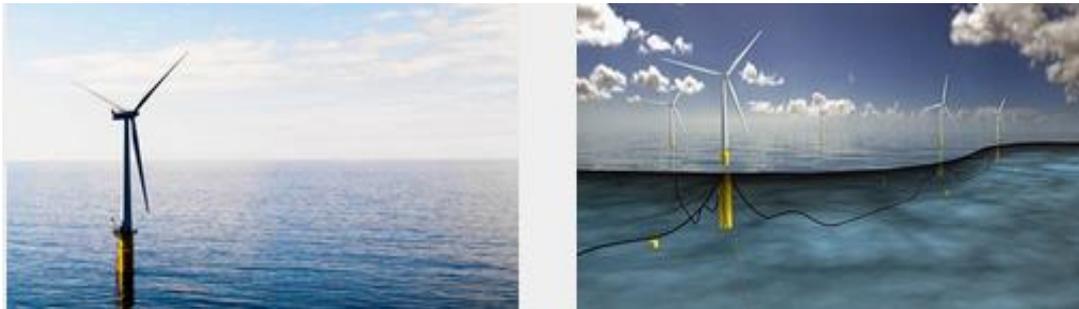


Figura 6 a- b. Turbinas eólicas flutuantes, (a) Noruega (b) Reino Unido, 2017.

Fonte: Statoil, 2017.

A energia renovável se insere em um mercado onde há uma dura concorrência e poucos projetos; com isso, a *Statoil* reforçou sua posição em investir em todo tipo de energia renovável, porém, mantendo o foco na energia solar e eólica.

1.4.4 EXEMPLOS DE USO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS EM PLATAFORMAS DE PETRÓLEO

Devido às características de aumento das necessidades de demanda de energia elétrica, desde 2006, a Shell possui uma plataforma no Mar do Norte com painéis fotovoltaicos e aerogeradores, como mostra a Figura 7. A instalação dos equipamentos foi baseada na tecnologia dos sítios eólicos offshore (CORBET et al, 2007).



Figura 7. Plataforma da empresa Shell dotada de sistemas fotovoltaicos e aerogeradores, 2007.

Fonte: CORBET et al, 2007

Regiões tropicais, onde o Brasil se localiza, recebem forte incidência de raios solares e, em alto-mar, as radiações são maiores. As plataformas ficam totalmente expostas durante os sete dias da semana e as 24 horas por dia, frente às variações climáticas extremas. Assim, a incidência de raios solares é uma fonte de suprimento das necessidades de energia para uso diário.

Na indústria petrolífera, tecnologias cada vez mais avançadas estão sendo requeridas para aproveitar ao máximo a exploração de uma reserva petrolífera. Conseqüentemente, essas tecnologias requerem o uso significativo de energia elétrica. A energia eólica e a fotovoltaica entram como fonte de geração necessária para o funcionamento das plataformas onshore e offshore.

A redução de custos e a economia de energia podem ocorrer desde a exploração até a distribuição do petróleo, onde destacam-se: a) os processos de extração de óleo com alta viscosidade e b) o tratamento do óleo e gás natural já extraídos. Abaixo explicações sobre a fonte de redução de custos com o uso de energia solar.

a) Extração de óleo com alta viscosidade

A extração de petróleo com alta viscosidade é uma aplicação viável da energia solar. Há poços em terra que possuem petróleo de alta viscosidade. É comum que precisem de injeção de água sob alta temperatura ou vapor de baixa pressão.

Um dos processos consiste em utilizar uma pequena caldeira, com um tanque de água, aquecendo-se a água e injetando-se diretamente no poço. Esta tecnologia, apesar de demandar espaço para acoplar todos os equipamentos, e visto que uma plataforma *offshore* muitas vezes tem limitação de espaço; neste caso é preciso prever em novos projetos espaços condizentes para a instalação desses aparatos.

A instalação de um sistema de aquecimento termossolar, com reservatório de água anexado, objetivando a injeção de água aquecida ou de vapor por batelada, reduz significativamente as necessidades de acompanhamento desses poços, permitindo inclusive a reativação de poços inativos (PERES, 2009).

b) Tratamento do óleo e gás natural

A utilização de energia solar na separação primária de petróleo com alto *Basic Sediments of Water* (BSW) é, muitas vezes, viável em locais com pouca disponibilidade energética, substituindo a energia elétrica, o gás natural ou outros combustíveis.

Em poços onshore é comum a utilização de gás natural para o aquecimento da emulsão que vem dos poços nas estações concentradoras. Com a utilização de energia fotovoltaica haverá uma redução do uso desse gás em cerca de 60% (PERES, 2009).

Nesse contexto de busca pela diversificação e atrelado às mudanças globais das matrizes energéticas, o Brasil se destaca como uma possível potência da energia solar.

1.5 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

Num primeiro momento viu-se que os diferentes incentivos financeiros e legislações nos países tem o uso da energia fotovoltaica significativo, e evidencia as variações existentes de país para país. Isso faz com que um grande número de empresas, incluindo desenvolvedores e instaladores, companhias de investimento e grandes bancos a entrem no mercado de financiamento de energia fotovoltaica no mundo.

Foram escolhidas três empresas representantes das majors da indústria petrolífera, que possuem investimentos em energias renováveis, dentre elas a solar. Avaliou-se quantitativamente cada um desses esforços. Observado o aumento da demanda global de energia, as empresas ao longo dos últimos anos investiram visando ganhos de escala na geração de energias, tornando possível, entre outras, a geração de energia fotovoltaica a baixo custo, destacando-se o efeito de substituição do petróleo pelas energias alternativas, em especial a fotovoltaica. Isso fez com que fosse uma alternativa viável em plataformas de petróleo *offshore*.

O segundo capítulo apresentará uma análise histórica do uso de energia fotovoltaica no Brasil, seus problemas, panorama elétrico atual e perspectivas para o futuro, a partir de dados fiscais e regulatórios.

2 ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL

A matriz elétrica brasileira foi planejada com grandes investimentos em hidrelétricas e termoelétricas. Segundo o Relatório Alvorada (GREENPEACE, 2016), cerca de 64% da eletricidade brasileira é oriunda de hidrelétricas e 17,5% de termoelétricas. Esta característica implica em problemas socioambientais, como a perda de biodiversidade e a inundação de áreas habitadas por populações e comunidades indígenas. Por outro lado, órgãos públicos como o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Secretaria de Assuntos Especiais (SAE) e Ministério do Meio Ambiente vem identificando mudanças climáticas que podem comprometer a capacidade de geração de energia vinda de hidrelétricas, o que pode dificultar e/ou inviabilizar novas construções (GIRARD, 2015).

A Figura 8 ilustra a estrutura da oferta interna de energia em 2015, onde pode-se verificar a esquerda, a matriz para energias não renováveis (tais como: óleo, gás natural, gás industrial, nuclear e carvão), a direita para energias renováveis (tais como: etanol e bagaço, eólica, solar, biodiesel, lenha e carvão vegetal, hidroelétrica e outros) e ao centro, o totalizador dividido em não-renováveis e renováveis.

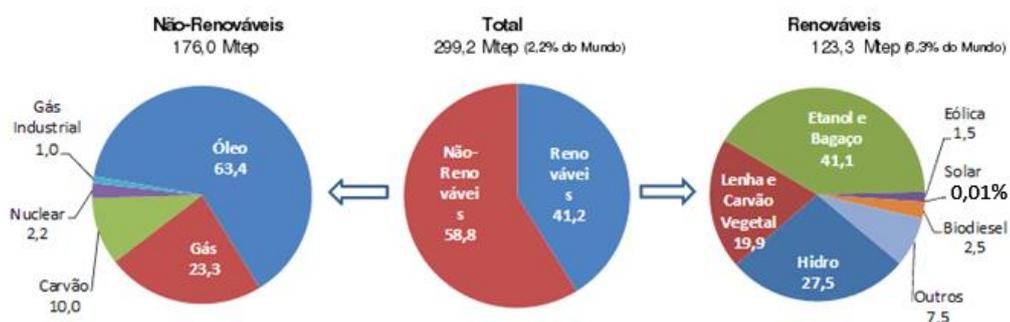


Figura 8. Matriz Energética no Brasil (a) não-renováveis (b) total (c) renováveis, 2015

Fonte: Ministério de Minas e Energia, 2016.

Observa-se que a participação de renováveis versus não-renováveis é de 41,2% frente a 58,8%; porém, desses 41,2% apenas 0,010% são oriundos da energia solar.

A oferta de energia interna a qual se refere a Figura 8 (a) (b) e (c) acima, mostra a importância do petróleo e gás natural como fonte de energia, e representam 86,7% do total da oferta de recursos não renováveis. Nota-se a supremacia das proporções das energias renováveis na matriz energética no Brasil, onde: 41,2% do total são renováveis frente a 14,2% da média mundial (MME, 2016).

Na Figura 8 (c), o etanol e o bagaço de cana detêm a maior participação, 41,1%. Já a energia solar e a eólica representam somadas 1,51% do total.

Um país como o Brasil, que apresenta uma matriz com forte presença de energia renovável, uma maior inserção da energia solar diminuiria, cada vez mais, a dependência da energia de origem fóssil.

2.1 POTENCIAL DA ENERGIA SOLAR BRASILEIRA

Uma série de fatores destaca o Brasil como uma possível potência da energia fotovoltaica: (a) os altos níveis de insolação e (b) as grandes reservas de quartzo de qualidade. Esses fatores possibilitam vantagens competitivas em produtos de alto valor agregado, como a produção de silício, com elevado grau de pureza, para a fabricação de células e módulos solares (FALSIROLI, 2015).

De acordo com o estudo realizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) no ano de 2014, concluiu-se que se todo o potencial de geração de energia solar nas residências e comércios brasileiros fosse aproveitado com sistemas fotovoltaicos, o país produziria 283,5 milhões de MWh por ano. Esse volume de energia seria suficiente para abastecer mais de duas vezes o atual consumo doméstico de eletricidade, que é de 124,8 milhões de MWh por ano.

Tais fatores atraem investidores e o desenvolvimento do mercado interno, fazendo com que a energia fotovoltaica passe a ter um papel importante na matriz

energética nacional. Entretanto, é possível verificar um baixo aproveitamento da energia fotovoltaica no território brasileiro. Por exemplo, o estado de Santa Catarina é caracterizado por registrar o menor índice de radiação solar do Brasil, com cerca de 4,25 kWh/m² (EPE, 2012); mas corresponde a quatro vezes mais a radiação total da Alemanha, considerada uma das líderes mundiais em aproveitamento de energia fotovoltaica. Por outro lado, a Europa possui instalados 88 GW de energia fotovoltaica, enquanto o Brasil detém em torno de 1GW (PORTAL SOLAR, 2016).

Pode-se, então, afirmar que o Brasil deve incrementar o uso da energia vinda de radiações solares. A Figura 8 traz uma comparação dos valores de irradiação solar do Brasil e da Europa.

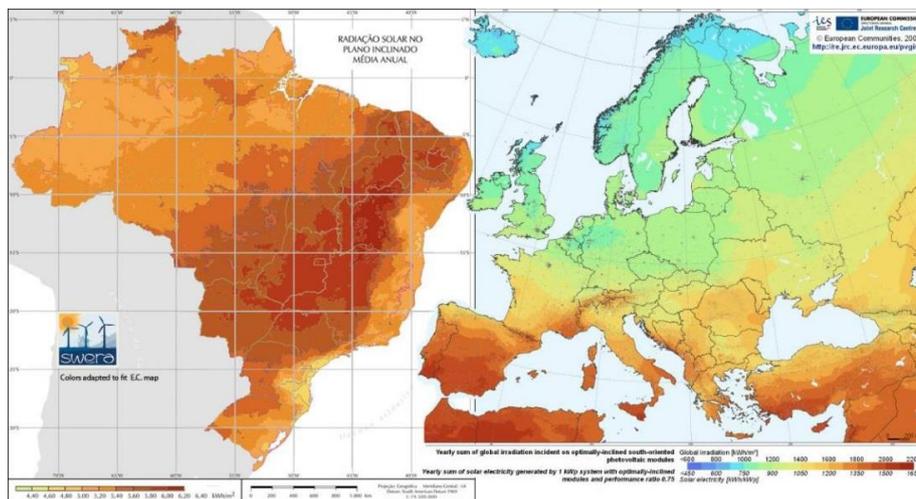


Figura 9. Irradiação solar no Brasil e Europa, 2016

Fonte: PortalSolar, 2016.

No ano de 2016, a irradiação média anual do Brasil variou entre 1.200 e 2.400 kWh/m², valores que são significativamente superiores a maioria dos países europeus, cujas estatísticas indicam intervalos entre 900 e 1.250 kWh/m²/ano na Alemanha, entre 900 e 1.650 kWh/m²/ano na França e entre 1.200 e 1.850 kWh/m²/ano na Espanha (EPE, 2012).

As maiores irradiações solares no Brasil, como mostra a Figura 8, estão no Centro-Oeste, interior do Nordeste e o Sudeste, respectivamente.

Ao se observar a Figura 10, que apresenta o consumo de energia elétrica por região, no ano de 2016, nota-se que as regiões com maiores irradiações solares estão entre as regiões com maiores consumos de energia.

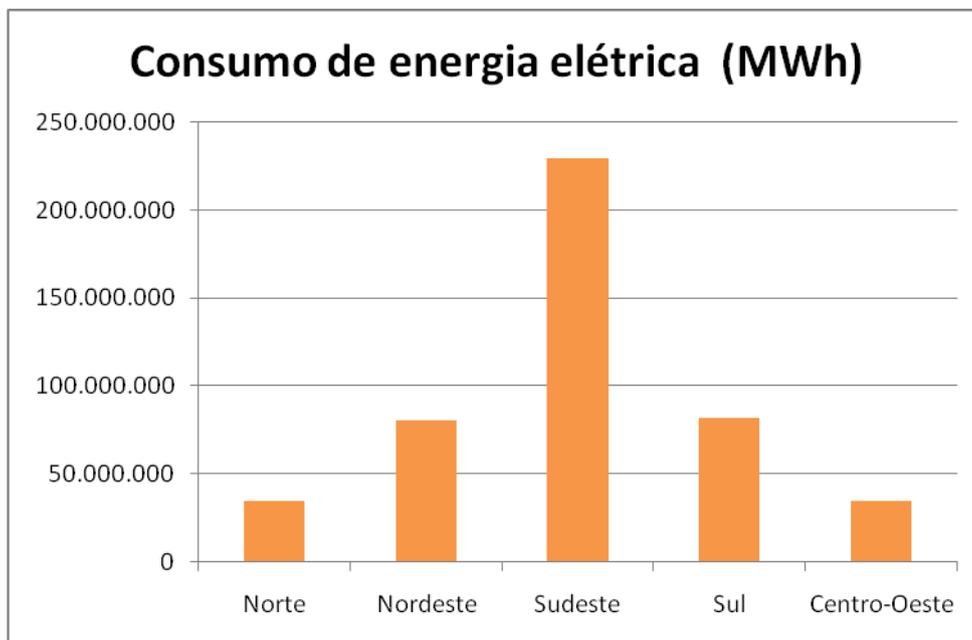


Figura 10. Consumo de energia elétrica nas regiões brasileiras, 2016

Fonte: Elaboração das autoras com base em EPE, 2014.

O Brasil busca o desenvolvimento do setor fotovoltaico, através de um conjunto de incentivos para uma maior inserção desse setor em sua matriz energética. A partir de 2012, o governo brasileiro iniciou intervenções e revisões do arcabouço regulatório do setor elétrico.

Na próxima seção serão exemplificadas as Resoluções Normativas, Decretos e Leis que embasam o crescimento gradual dessa fonte.

2.2 REGULAMENTAÇÃO E LEGISLAÇÃO DA ENERGIA SOLAR

Em 2012, com o intuito de gerar descontos/abatimentos na conta de luz para quem gera energia limpa, a Resolução Normativa no. 482/2012 estabeleceu as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos

sistemas de distribuição de energia elétrica. A iniciativa foi desenvolvida pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

A referida Resolução Normativa introduz as seguintes definições:

- i. “Microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada **menor ou igual a 100 kW** e que utilize fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras; (grifo dos autores)
- ii. Minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada **superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW** para fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras; (grifo dos autores)
- iii. Sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa gerada por unidade consumidora com microgeração distribuída ou minigeração distribuída compense o consumo de energia elétrica ativa. ”

A Resolução Normativa (REN) nº 482/2012 criou o Sistema de Compensação de Energia Elétrica permitindo que o consumidor instale pequenos geradores elétricos em sua unidade consumidora e troque energia com a distribuidora local, com o objetivo de reduzir o valor da sua fatura de energia elétrica (AMBIENTE ENERGIA, 2016). Ou seja, quando a quantidade de energia gerada em determinado mês for superior à energia consumida naquele período, o consumidor fica com créditos que podem ser utilizados para diminuir a fatura dos meses seguintes. De acordo com as novas regras, o prazo de validade dos créditos passou de 36 para 60 meses, sendo que eles podem também ser usados para abater o consumo de unidades consumidoras do mesmo titular situadas em outro local, desde que na área de atendimento de uma mesma distribuidora. Esse tipo de utilização dos créditos foi denominado de “autoconsumo remoto”.

O sistema de compensação de energia tem analogia com uma “conta corrente” entre o consumidor e a concessionária. Sempre que existir esse saldo positivo, ou seja, quando se gera mais do que se consome, a energia é fornecida para a distribuidora, gerando crédito em kWh, que pode ser consumido em até 60 meses.

A rede elétrica disponível é utilizada como backup, quando a energia gerada localmente não é suficiente para satisfazer a demanda do consumidor, o que geralmente é o caso para fontes intermitentes de energia, como a fotovoltaica.

A REN nº 687/2015, como atualização da REN nº 482/2012, diz respeito à possibilidade de instalação de geração distribuída em condomínios, ou seja, empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras. Nessa configuração, a energia gerada pode ser repartida entre os condôminos em porcentagens definidas pelos próprios consumidores (AMBIENTE ENERGIA, 2016). A atualização da REN está conforme o artigo 6º a seguir.

“Art. 6º Podem aderir ao sistema de compensação de energia elétrica os consumidores responsáveis por unidade consumidora:

I – com microgeração ou minigeração distribuída;

II – integrante de empreendimento de múltiplas unidades consumidoras;

III – caracterizada como geração compartilhada;

IV – caracterizada como autoconsumo remoto.

§1º Para fins de compensação, a energia ativa injetada no sistema de distribuição pela unidade consumidora será cedida a título de empréstimo gratuito para a distribuidora, passando a unidade consumidora a ter um crédito em quantidade de energia ativa a ser consumida por um prazo de 60 (sessenta) meses”.

Portanto, a REN nº 687/2015 garante:

- a. Permissão do uso de qualquer fonte renovável;
- b. Microgeração distribuída à central geradora, com potência instalada de até 75 quilowatts (KW) e;
- c. Minigeração distribuída com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW (sendo 3 MW para a fonte hídrica), conectadas na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras (ANEEL, 2016).

Outro grande marco para a energia solar no Brasil foi a inclusão da fonte solar (fotovoltaica e heliotérmica) pelo Ministério de Minas e Energia, através das Portarias nº 226/2013 e nº300/2013, nos leilões de energia A-3/2013 e A-5/2013, respectivamente. Estas portarias abriram a possibilidade de competir igualmente com outras fontes, como a eólica e as térmicas, na modalidade “por disponibilidade”.

Segue um trecho da Portaria nº 226/2013:

“No Art. 2º Caberá à ANEEL elaborar o Edital, seus Anexos e os respectivos Contratos de Comercialização de Energia no Ambiente Regulado - CCEAR, bem como adotar as medidas necessárias para a promoção do Leilão “A- 3”, de 2013.

§ 1º [..]

§ 2º No Leilão “A-3”, de 2013, serão negociados os seguintes CCEAR:

I – [..]; e

II - CCEAR na modalidade por disponibilidade de energia elétrica, com prazo de vinte anos, diferenciados por fontes, para empreendimentos de geração a partir de fonte eólica, fonte solar, termelétrica a gás natural,

inclusive em ciclo combinado ou a biomassa. ” (EPE, 2013(a)).

Em 2014, por sua vez, na Portaria nº 236/2014 (EPE (b)) foram definidas as condições do Leilão de Energia de Reserva de 2014, onde os projetos fotovoltaicos não competiram com outras fontes, apenas entre si, como mostra o primeiro parágrafo apresentado na portaria supracitada.

“§ 1º No Leilão de Energia de Reserva, de 2014, serão negociados Contratos de Energia de Reserva - CER na modalidade por quantidade de energia, diferenciados por fontes, com início de suprimento de energia elétrica em 1º de outubro de 2017 e prazo de suprimento de vinte anos:

I - para empreendimentos de geração a partir da fonte solar fotovoltaica;

II - para empreendimentos de geração que utilizem como combustível principal biomassa composta de resíduos sólidos urbanos e/ou biogás de aterro sanitário ou biodigestores de resíduos vegetais ou animais, assim como lodos de estações de tratamento de esgoto; e

III - para empreendimentos de geração a partir da fonte eólica. ”

Os Leilões de Energia de Reserva (LER) contratam via chamada pública, a energia de reserva destinada a aumentar a segurança no fornecimento de energia elétrica ao Sistema Interligado Nacional (SIN). Esta energia adicional busca restaurar o equilíbrio entre as garantias físicas atribuídas às usinas geradoras e a garantia física total do sistema, sem que haja impacto nos contratos existentes e nos direitos das usinas geradoras. A contratação desta energia tem por objetivo, ainda, reduzir os riscos de desequilíbrio entre a oferta e demanda de energia

elétrica. Tais riscos decorrem, principalmente, de atrasos imprevisíveis de obras, ocorrência de hidrologias muito críticas e indisponibilidade de usinas geradoras (MME, 2017).

Dessa forma, houve um número significativo de projetos incentivando a energia fotovoltaica ao longo do período de 2013 a 2014. Foram cadastrados 400 projetos, que totalizaram mais de 10 GWp (EPE, 2014). A quantidade e a capacidade instalada dos empreendimentos fotovoltaicos contratados no Leilão de Energia de Reserva de 2014 estão apresentadas na Figura 11.

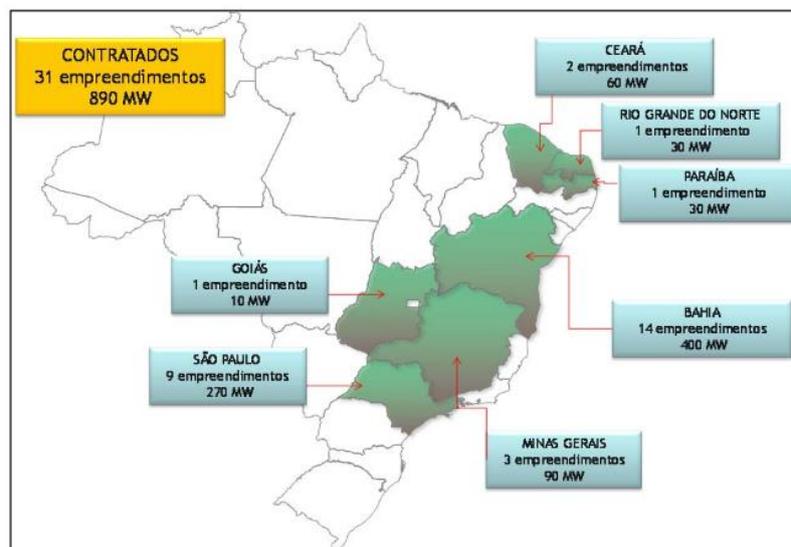


Figura 11. Localização dos empreendimentos solares fotovoltaicos contratados no Leilão de Energia de Reserva, 2014

Fonte: Acervo BNDES, 2017.

Nota-se a partir da Figura 11, que as contratações de projetos para energia solar ocorreram, de forma majoritária, nas regiões Nordeste e Sudeste do Brasil, que são caracterizadas pelo maior potencial de irradiação solar (PORTAL SOLAR, 2016).

Outra ação que merece ser destacada é a iniciativa do estado de Pernambuco, ao criar um leilão específico para a fonte fotovoltaica. Este leilão foi realizado em dezembro de 2013, quando contratou cinco projetos, ao preço médio

de R\$ 228,63/MWh, que totalizaram uma potência de 122 MWp (ECODEBATE, 2014). Contudo, dos projetos contratados, apenas a usina de geração solar da Enel Green Power, em Tacaratu/Pernambuco se concretizou em 2017 (ENEL SOLUÇÕES, 2017).

O empreendimento em Tacaratu une o parque eólico Fontes dos Ventos, com potência de 80 MW as centrais Fontes Solar I e II, com capacidade de geração conjunta de 340 GWh/ano (ENEL GREEN POWER, 2017).

Os demais projetos vencedores do leilão em fase de finalização fizeram a opção de compra dos equipamentos no mercado local e isso fez com que as empresas ganhassem mais um ano e meio de prazo para o início das operações. Ou seja, iniciaram em junho de 2015 com uma capacidade instalada de geração de 82 megawatts (MW).

O quinto projeto foi desclassificado pelo Governo de Pernambuco por não ter atendido às exigências propostas (MG, 2017).

Em 2013, foi criada a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), com sede em São Paulo. Já o estado de Minas Gerais foi o primeiro estado brasileiro a dar isenção de IMPOSTO SOBRE CIRCULAÇÃO DE MERCADORIAS e SERVIÇOS (ICMS) para a energia solar. A partir dessas mudanças, em 2014 foi aprovada a Lei no. 19.618 que garante que equipamentos e componentes para a geração de energia solar sejam isentos do Imposto sobre Importação. A Figura 12 mostra a decisão do Congresso Nacional sobre o tema.

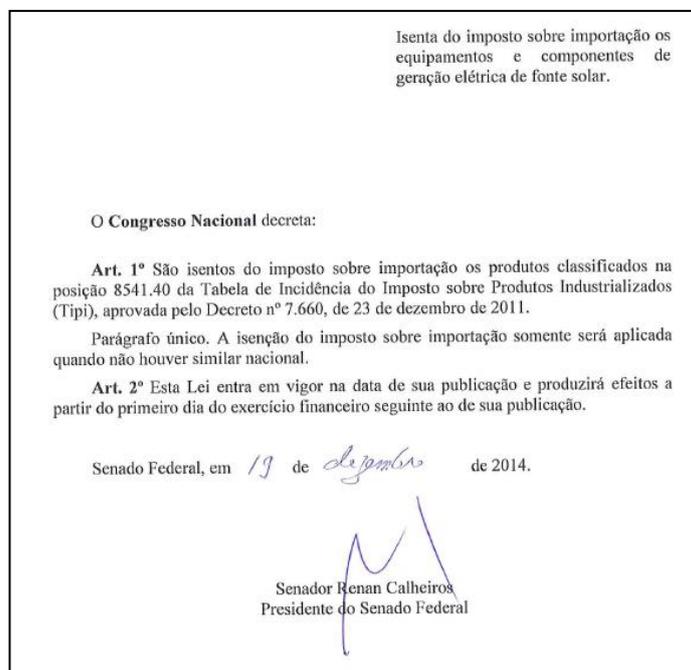


Figura 12. Lei no. 19.618 - isenção do imposto de importação de equipamentos de fonte solar, 2014

Fonte: Senado Federal, 2017.

O Brasil está em linha com o que está acontecendo em nível mundial; o Governo Federal, a partir de outubro de 2016 vem incentivando os investimentos em energias renováveis por empresas de energia nacionais e estrangeiras.

O Projeto de Lei nº 696 de 2015 é uma das concretizações desta iniciativa. O objetivo principal do projeto de lei é determinar o uso obrigatório de recursos de pesquisa e desenvolvimento em fontes alternativas, por empresas do setor elétrico e pela Indústria do Petróleo (SENADO FEDERAL, 2017 (a)). Este projeto de lei visa alterar a Lei nº 9.991 de 24 de julho de 2000, bem como as Leis nº 9.478 de 6 de agosto de 1997 e nº 12.351 de 22 de dezembro de 2010.

Após as alterações propostas, o Art. 3º do Projeto Lei 696/2015 passa a ser:

“O art. 29 da Lei nº 12.351, de 22 de dezembro de 2010, passa a vigorar com a seguinte redação:

Art. 29. XXIV – a obrigatoriedade de investimento mínimo em pesquisa, desenvolvimento e inovação no setor energético.

§ 1º Para fins do disposto no inciso XXIV, poderá ser fixada, no contrato de partilha de produção, a destinação de até 1% (um por cento) da receita bruta da produção do Campo de Petróleo ou de Gás Natural para pesquisa, desenvolvimento e inovação em temas relevantes do setor energético.

§ 2º Deverão ser aplicados, no mínimo, 50% (cinquenta por cento) dos recursos de que trata o § 1º em pesquisa, desenvolvimento tecnológico e inovação para o setor de energias alternativas renováveis por fonte eólica, solar, biomassa, pequenas centrais hidrelétricas, cogeração qualificada e maremotriz até 31 de dezembro de 2039”.

Serão priorizados pela aplicação desses recursos, os projetos relacionados à fonte eólica, solar, biomassa, hidráulica e tecnologias convergentes, tais como: armazenamento de energia, smart grids⁷ e smartcities⁸, além de pesquisas e tecnologias de baixo carbono.

O Projeto de Lei (PL) nº. 1868 de 2015, que tramita no Congresso Nacional, trata sobre as diretrizes gerais da política urbana. O objetivo será expandir para as famílias do programa “Minha Casa Minha Vida”, a instalação e geração de energia elétrica vinda da solar e fomentar, assim, a implantação dos sistemas de energia solar nas novas edificações comerciais e residenciais.

O artigo 2º do PL assegura:

⁷ Rede elétrica inteligente.

⁸ Cidades inteligentes.

“Art. 2º O art. 5º-A da Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009, que dispõe sobre o Programa Minha Casa Minha Vida, passa a vigorar acrescido do seguinte inciso V:

“Art. 5º

- A [...]

-V – a exigência de implantação de sistema de energia solar e de reaproveitamento da água nas unidades habitacionais individuais. (NR)”

No âmbito federal, o objetivo do projeto de lei nº 4.332 de 2016 apresentado pelo Senado Federal será prover uma fonte de recursos para a instalação de unidades de microgeração ou minigeração distribuída de energia elétrica com a criação do Programa Brasil Solar.

Como mostra os Art 1º e 2º do referido projeto:

“Art. 1º

Fica criado o Programa de Incentivo ao Uso de Energia Solar e de outras fontes renováveis – Programa Brasil Solar, que tem como objetivo fomentar o uso e o desenvolvimento da microgeração e minigeração distribuída de energia elétrica em edificações multifamiliares, comerciais ou mistas e unifamiliares em condomínios horizontais ou verticais.

Art. 2º:

O Programa Brasil Solar deve utilizar um sistema de compensação no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo, às concessionárias ou permissionárias de distribuição de

energia elétrica –distribuidoras –e posteriormente compensada com créditos a serem descontados do consumo de energia elétrica ativa.”

Com o mesmo intuito da Lei nº 1868 de 2015 e do projeto de lei nº 4.332 de 2016 apresentados anteriormente, uma proposta de lei nº 371 de 2015 do Senado Federal em tramitação visa permitir o uso de recursos do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS) na aquisição e na instalação de equipamentos destinados à geração própria de energia elétrica em residências.

“Art. 1º O art. 20 da Lei nº 8.036, de 11 de maio de 1990, passa a vigorar acrescido dos seguintes inciso XVIII e § 22:

“Art. 20. 20.

.....

.....

.....

XVII –

.....

XVIII – aquisição e instalação de equipamentos destinados à geração de energia elétrica para uso próprio ou para injeção total ou parcial na rede elétrica de distribuição, desde que:

a) os equipamentos sejam instalados em moradia própria;

b) a geração de energia elétrica ocorra a partir das fontes hidráulica, solar, eólica ou biomassa;

c) o trabalhador tenha no mínimo de 3 (três) anos de trabalho sob o regime do FGTS, na mesma empresa

ou em empresas diferentes

.....

§ 22. O trabalhador poderá exercer uma única vez o direito de utilizar os recursos do FGTS para a finalidade de que trata o inciso XVIII deste artigo.” (NR)”

O Projeto Social de Energia Solar Fotovoltaica (SOLcial), a partir da chamada pública da ANEEL de 2013 para PD&I viabilizou a construção de mini usinas solares no Brasil, com o financiamento do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) para fábricas de painéis fotovoltaicos, com regras de conteúdo local. Um exemplo do resultado deste projeto foi a construção da fábrica da Canadian Solar inaugurada em dezembro de 2016, na cidade de Sorocaba, no interior de São Paulo (BNDES, 2017).

Há muitos pequenos projetos nacionais de geração de energia elétrica fotovoltaica, que contemplam regiões com déficit de energia elétrica vinda da rede das concessionárias, principalmente em comunidades rurais e/ou isoladas do Norte e Nordeste do Brasil. Estes projetos estão focados em quatro tipos de demanda: i) bombeamento de água, para abastecimento doméstico, irrigação e piscicultura; ii) iluminação pública; iii) sistemas de uso coletivo, tais como: eletrificação de escolas, postos de saúde e centros comunitários; e iv) atendimento domiciliar (ANEEL, 2013).

Para finalizar o capítulo e buscar responder à pergunta proposta inicialmente: “Os investimentos em energia fotovoltaica são viáveis economicamente no Brasil?”

A próxima seção discute sobre a popularização da energia solar, tanto centralizada quanto a distribuída.

2.3 POPULARIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

O principal desafio da popularização dos sistemas de energia solar é seu preço, considerado elevado para a média da população. Esses custos têm origem

não só na necessidade de importação das placas fotovoltaicas ou de seus componentes, mas também em sua instalação que deve ser feita por empresa especializada.

A obtenção de recursos para o investimento inicial para a compra e instalação de equipamentos não é trivial para a maioria da população de média e baixa renda. Nesse cenário surge a alternativa de utilizar os recursos do FGTS para este fim (SENADO FEDERAL, 2015 (b)).

Essa proposta de utilização do FGTS, além de aumentar a eficiência energética com a utilização de fontes renováveis, beneficiará principalmente a população de baixa renda, a partir de um menor dispêndio com energia elétrica.

Para enfrentar os obstáculos para a obtenção de energia solar, algumas empresas buscam diminuir os custos e apresentar soluções mais acessíveis. Porém, é preciso aumentar o alcance da tecnologia, implementando-a em larga escala, sobretudo nos custos com mão de obra. Por isso, parcerias com empreendimentos imobiliários de grande importância — como o “Minha Casa, Minha Vida”, por exemplo, que já usa o sistema de aquecimento solar, e em grandes condomínios fechados de baixa renda — são as principais portas de entrada das empresas do setor fotovoltaico (SOLARVOLT, 2017).

Os conjuntos residenciais do “Minha Casa, Minha Vida” para famílias de baixa renda no sertão baiano, como o apresentado na Figura 13, se transformaram em uma micro-usina de energia solar, com potencial de produção de 2,1 Mega Watts (MW), o suficiente para abastecer 3,6 mil domicílios em um ano (PORTAL ECOD, 2015).

O Brasil está avançando na adoção de instrumentos de apoio ao setor fotovoltaico, mas necessita agir com maior efetividade na concretização de negócios.



Figura 13. Micro-usina de energia solar em Juazeiro/Bahia, 2015

Fonte: Portal EcoD, 2015.

O desempenho de uma cadeia produtiva fotovoltaica no país, de modo competitivo e sustentável, deve passar pelo esforço conjunto e coordenado do governo federal, estadual e municipal e o setor privado.

Os desafios da energia fotovoltaica no Brasil são grandes, pois é necessário vencer: (a) as grandes construtoras/incorporadoras, que preferem hidrelétricas às usinas solares; e (b) a falta de financiamentos viáveis economicamente.

2.4 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

A partir de uma análise histórica do uso de energia fotovoltaica no Brasil, evidenciou-se os seus problemas.

Através da análise do panorama elétrico atual e perspectivas para o futuro no país, conclui-se que a energia fotovoltaica no Brasil enfrenta e enfrentará inúmeros desafios como: vencer o *lobby* das grandes construtoras, que preferem hidrelétricas às usinas solares, além da falta de financiamentos com juros baixos, que representam um dos gargalos da energia solar no país.

O sistema de compensação de energia, net metering, adotado no Brasil desde 2012, não oferece a mesma atratividade proporcionada por outros mecanismos empregados em outros países. Por este motivo, a sua inserção recai

unicamente sobre a viabilidade econômica, o que reflete na necessidade de um maior prazo para a sua popularização.

Buscando responder à pergunta inicialmente proposta: “Os investimentos em energia fotovoltaica são viáveis economicamente no Brasil? ”, no próximo capítulo será calculada a viabilidade econômica de um projeto de instalação de um sistema fotovoltaico numa casa brasileira com consumo de 718,077 kWh médios de eletricidade por ano, situada na cidade do Rio de Janeiro.

3 DIMENSIONAMENTO DE UM PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA RESIDENCIAL NO BRASIL

Como uma alternativa para a diminuição de gastos em energia elétrica e um estímulo à prática da preservação do caráter limpo e renovável da matriz energética, o uso de energia solar fotovoltaica tem surgido como uma possibilidade real em novas construções residenciais.

No Brasil ainda existem muitos impasses quanto à fabricação e instalação desta fonte de energia em larga escala, o que aumentam os custos associados a esse tipo de instalação para a maioria da população de média e baixa renda.

Para responder ao objetivo deste trabalho, apresentar-se-á um estudo de viabilidade econômica da instalação de um sistema fotovoltaico interligado à rede elétrica em uma residência.

3.1 METODOLOGIA E PREMISSAS DO DIMENSIONAMENTO

Inicia-se com a descrição das condições que os cálculos serão desenvolvidos, que engloba o consumo intenso de energia típico de uma família de classe média alta composta por cinco pessoas habitantes da cidade do Rio de Janeiro.

Em seguida, comparações entre os possíveis modelos de orçamentos de sistemas fotovoltaicos serão decisivos para o desenvolvimento e resolução deste problema.

Os modelos propostos se referem as alternativas de instalação de acordo com o interesse da família e se enquadram em:

- a. Pacote completo de instalação (mão de obra, instalação técnica e homologação do projeto) e equipamentos pela empresa NeoSolar;

- b. Pacote completo de instalação (mão de obra, instalação técnica e homologação do projeto) e equipamentos pela empresa FFA Energia;
- c. Compra de equipamentos separada do serviço de instalação orçada pela empresa FFA Energia.

Os cálculos visando responder se o projeto de instalação de energia fotovoltaica gera ganhos de energia são:

- I) Geração Total Esperada de Energia com Perdas (GTP);
- II) *Payback*;
- III) Amortização;
- IV) Valor Presente Líquido (VPL).

I) Geração Total Esperada de Energia com Perdas (GTP)

Analisar-se-á o consumo mensal e serão calculadas a geração de energia de acordo com cada instalação (orçamento 1, orçamento 2, orçamento 3) e a geração esperada, onde se considerará as perdas do sistema.

O consumo mensal de energia elétrica da residência parte de dados reais (de agosto de 2015 até agosto de 2016), que serão utilizados como base para o cálculo do consumo médio anual, assim como o gasto médio anual.

A geração total de energia levará em conta a incidência solar relativa a localização da residência onde insere-se a coordenada geográfica do local a ser analisado que é imputada no software SunData do CRESESB (2016). O software disponibiliza a radiação média solar diária do mês em $\text{kwh/m}^2/\text{dia}$ (CRESESB,2016).

O cálculo da geração de energia total esperada também partirá de um estudo mensal para anual. Ou seja, se multiplicará pelo número de dias no mês para se obter a geração mensal daquele sistema. A partir desses dados se chegará

a geração total do sistema que será comparada com o consumo visando saber se os sistemas garantirão a autossuficiência da família em energia fotovoltaica.

Visando resultados mais próximos da realidade, levar-se-á em consideração as perdas e a ineficiência dos sistemas. Para os três orçamentos serão consideradas as mesmas perdas, dado que se utilizará o mesmo inversor e a instalação ocorrerá na mesma residência. A ineficiência é contabilizada a partir de um cálculo independente, pois esta é aplicada para cada orçamento de acordo com o tipo de placa fotovoltaica escolhida.

Para a geração total esperada com perdas, será utilizada a fórmula 1 (BIAGIO,2016) abaixo:

$$GTP = \sum_{t=0}^n I_o \cdot A \cdot \eta \cdot (1 - p) ,$$

n – Número de dias no mês;

I_o – Radiação média diária do mês em questão (kWh/m².dia);

A – Área total de painéis fotovoltaicos;

η – Eficiência do painel;

p – Perda percentual do sistema;

Equação 1

O cálculo detalhado da Geração Esperada Total com Perdas encontra-se na seção 3.7.

Os resultados referentes a viabilidade da instalação de energia fotovoltaica na residência se baseiam no tempo de retorno do investimento, na análise de incentivos atuais (ano de 2017) e no custo de oportunidade frente aos ativos financeiros. Além disso, a análise da redução do gasto em energia elétrica considera o sistema de incentivos de compensação de energia e o cálculo da previsão das tarifas da concessionária Light. Todos os cálculos serão realizados obedecendo a legislação pertinente e as tarifas da Light para uma aproximação com a realidade.

II) *Payback*

Diversos fatores de decisão devem ser avaliados para a implementação de um projeto de instalação de energia fotovoltaica. Com o intuito de analisar o período de recuperação do investimento, optou-se pelo cálculo do payback. O cálculo é na modalidade simples, visto que é um projeto de longo prazo. Ou seja, previsões e correções são difíceis de incorporar ao projeto sem afasta-lo da realidade. Também para não se distanciar de resultados reais, optou-se por incorporar a depreciação dos painéis no cálculo do payback. Esta é uma variável cumulativa e igualmente aplicada anualmente para os três orçamentos.

A fórmula 2 (BIAGIO, 2016) mostra as variáveis relativas ao payback:

$$\text{Payback} = n, \text{ tal que } \sum_{t=0}^n FC_n = I_0,$$

n – Número de anos;

I₀ – Investimento Inicial;

R – Receita (valor anual);

FC_n – Fluxo de Caixa do ano referência (*R_n*);

Equação 2

Os resultados dos cálculos e as respectivas análises do payback estarão presentes no capítulo 4, seção 4.1.1.

III) Amortização da Dívida

Dado o alto investimento na instalação, o pagamento será via financiamento em parcelas, ao invés de pagamento à vista para a obtenção dos equipamentos e mão de obra. A amortização da dívida será de 25 anos (tempo dado ao sistema de instalação), obedecendo a tabela do Sistema de Amortização Constante (SAC). A escolha da amortização visa facilitar o cliente que queira adquirir o projeto a fim de evitar juros futuros que antecipam a sua dívida.

Os cenários de financiamento serão construídos com duas taxas de juros: a) a taxa básica de juros – SELIC; b) a taxa de juros de mercado – obtida no Banco de Brasil para pessoa física na modalidade financiamento de material de construção. A escolha das duas taxas tem como propósito a comparação entre dois cenários de financiamento visando avaliar a realidade brasileira a esse tipo de investimento.

A amortização para cada taxa de juros foi dada pela fórmula 3:

$$\text{Amortização} = \text{Receita} - (\text{Dívida} \times \text{Taxa de Juros})$$

Equação 3

Os respectivos resultados e análises estarão disponíveis no capítulo 4 da seção 4.1.2.

IV) Valor Presente Líquido

A última ferramenta a ser utilizada é o Valor Presente Líquido (VPL). Por levar em conta o valor do dinheiro no tempo, o resultado permite determinar a viabilidade do projeto. Entretanto, a opção pelo VPL se deve a possibilidade de análise do custo de oportunidade entre os projetos de instalação de placas fotovoltaicas e a aplicação do dinheiro em títulos públicos. Optou-se por títulos públicos atrelados à selic por ser um ativo financeiro associado ao governo federal e portanto, considerado livre de risco de default. Além disso, o nível de renda da família condiz com essa modalidade de aplicação financeira.

Abaixo encontra-se a equação 4 para o método padrão de cálculo do VPL desenvolvido no capítulo 4 da seção 4.1.3 (BIAGIO, 2016):

$$VPL = - \text{Investimento Inicial} + \frac{FC_1}{(1+i)^1} + \frac{FC_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1+i)^n}$$

Equação 4

FC – Fluxo de caixa = créditos menos débitos;

i – Taxa de desconto ou taxa de juros;

n - Período de tempo.

O projeto de implantação de um sistema fotovoltaico não gera lucros, porém gera redução de custos, calculados anualmente. Todos os gastos que seriam destinados para os pagamentos da tarifa de consumo da rede elétrica serão contabilizados no cash flow devido a economia gerada e, portanto, representam economia de gastos.

O diferencial financeiro resultante da geração de energia em relação ao consumo da família, não será aplicado em nenhum ativo financeiro. Caso o diferencial fosse aplicado, certamente o benefício com a geração da energia fotovoltaica seria maior que o calculado.

Os cálculos usados para fins de verificação da viabilidade econômica (payback, amortização e VPL) terão previsões a partir de 2017. O investimento inicial será o “ano 0” e o “ano 1” equivalerá ao primeiro ano após a realização da implantação dos painéis fotovoltaicos. Escolheu-se 25 anos como a data final, dado que os três projetos disponibilizam garantias para as placas e inversores neste horizonte temporal.

3.2 DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA RESIDÊNCIA

Segundo o IBGE (2013), 66% da população brasileira são compostas por pessoas com ganhos inferiores a quatro salários mínimos, totalizando uma renda máxima de aproximadamente R\$ 2.034,00 mensais. Esta característica apresenta-se como um obstáculo quanto à instalação de um sistema fotovoltaico para a maioria da população.

Sendo assim, três critérios foram considerados no processo de escolha da casa para o dimensionamento de uma instalação do sistema fotovoltaico:

- a. Adequação tecnológica da unidade, ou seja, área disponível para instalação;
- b. Perfil sócio-econômico do consumidor, isto é, aquele que está disposto a pagar pelo sistema, dado que a instalação possui um custo inicial relativamente alto;

c. Tempo desejado para o retorno do investimento em energia fotovoltaica.

A partir dos dados obtidos na tabela 3, chega-se a média anual típica da radiação solar nas capitais brasileiras, de aproximadamente 5.238 Wh/m²/dia. Esta média de radiação é identificada em várias cidades. Contudo, as capitais dos estados do Rio de Janeiro e de São Paulo figuram como potenciais para a escolha deste tipo de fonte energética. Dentre as duas capitais, os autores selecionaram a capital Rio de Janeiro.

Tabela 3. Radiação solar global diária ou insolação diária – média anual típica (Wh/m²/dia)

insolação (Wh/m²/dia)	Capitais do território brasileiro por faixa de insolação
5700 a 5900	Belo Horizonte, Goiânia, Teresina
5500 a 5700	Natal, João Pessoa, Maceió, Fortaleza, Campo Grande, Brasília, Cuiabá, Palmas, Boa Vista
5300 a 5500	Recife, Aracaju, Salvador, Porto Velho, Rio Branco, Manaus, Macapá, Belém, São Luiz
5100 a 5300	Rio de Janeiro, São Paulo
4900 a 5100	Vitória
4700 a 4900	Curitiba, Porto Alegre
4500 a 4700	Florianópolis

Fonte: Marques et Al , 2013.

A escolha do bairro foi através do uso do aplicativo Mapa Solar do Rio de Janeiro (2017), vide Figura 14, desenvolvido em parceria com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), do Governo Federal e da Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável (CRESESB, 2016). O programa permite o mapeamento do potencial de geração de energia fotovoltaica nos telhados das edificações da cidade do Rio de Janeiro. Optou-se pelo bairro de Cosme Velho, devido a avaliação do potencial solar ser indicado como de nível excelente. Este bairro também atende aos propósitos do projeto, por ser considerado um bairro de população predominantemente de classe A e B (classe alta ou classe média alta), que possuem renda mensal mínima de 10 salários mínimos, correspondendo a R\$ 9.370,01 (IBGE, 2016). Ou seja, caracteriza-se por ter uma população com potencial de investimento em energia fotovoltaica para fins de diversificação energética e redução da conta de luz num futuro próximo.

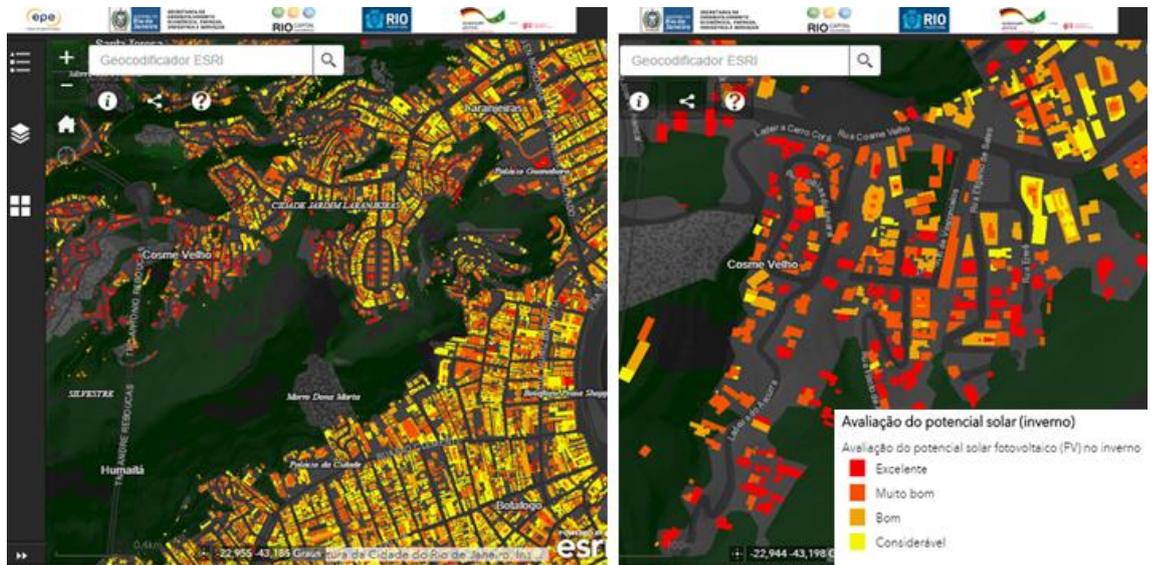


Figura 14. Mapeamento do potencial solar na cidade do Rio de Janeiro e em detalhe o bairro Cosme Velho

Fonte: Adaptado do Mapa Solar Rio; CRESESB, 2016.

A residência objeto do estudo pertence a classe média alta. Ela possui três quartos, sendo uma suíte, um lavabo, um banheiro social, sala de estar e jantar, hall de entrada e uma cozinha com dependências de serviço. A área total da casa totaliza 200 m². O telhado da casa apresenta um espaço adequado para a instalação das placas fotovoltaicas, com uma área de aproximadamente 234,92m² e com livre acesso para a fixação dos módulos solares.

Através do aplicativo Mapa Solar do Rio de Janeiro, verificou-se que a área é livre de sombreamentos ao longo de todo o dia. Dessa forma, em termos técnicos, a geração fotovoltaica é considerada viável para a residência.

A família residente é composta por cinco pessoas, um casal e três filhos. A família está inserida no mercado de trabalho e, portanto, em dias úteis e horários entre 8 horas e 18 horas não consome energia no local, além do stand by dos equipamentos eletrônicos; contrário do que ocorre a noite e aos finais de semanas, quando todos consomem energia simultaneamente.

O sistema de geração utilizado será conectado a rede elétrica da concessionária Light e obedecerá a resolução ANEEL no. 482/2012. Esta resolução determina que a geração distribuída a partir da compensação de energia elétrica é válida para os consumidores que utilizem fontes incentivadas de energia. Também permite que a energia excedente gerada pela unidade consumidora seja injetada na rede da distribuidora que exerce o papel de armazenadora. Como compensação pela exportação de energia, o proprietário do sistema fotovoltaico privado pagará apenas a diferença entre o consumo e a geração, ou seja, receberá créditos em energia pela exportação do excedente. Os créditos de energia gerados são válidos por 60 meses (ANEEL, 2016).

Este projeto residencial é um exemplo de compensação, pois os picos de demanda não coincidem com o horário de presença de luz solar. Portanto, o sistema de compensação de energia será ativado. O uso da energia será noturno, enquanto que a geração será diurna.

3.3 CONSUMO ANUAL DE ENERGIA

Ao se mapear o local, a carga de consumo de energia é proveniente de utensílios domésticos tais como: máquina de lavar, ventiladores, cafeteira, sanduicheira, micro-ondas, liquidificador, geladeira, freezer, além de aparelhos de ar condicionado, computadores, televisões, aparelhos eletroeletrônicos em geral e chuveiros elétricos. Em termos de iluminação dos cômodos, são usadas lâmpadas incandescentes, sendo a minoria de lâmpadas fluorescentes, o que repercute no aumento da conta mensal de energia.

A proposta de instalação considera o histórico real e recente da carga consumida pela residência durante um ano. Os extratos de contas de luz englobam os meses de agosto de 2015 a agosto de 2016, como seguem na tabela 4 e Figura 15.

Tabela 4. Histórico real da carga consumida pela residência, 2015-2016

Mês	Consumo (kWh/mês)	Tarifa (R\$)	Gasto (R\$)
Agosto/2015	442	0,84	371,24
Setembro/2015	441	0,84	370,95
Outubro/2015	651	0,82	534,17
Novembro/2015	688	0,82	561,16
Dezembro/2015	705	0,93	656,38
Janeiro/2016	1075	0,94	1009,77
Fevereiro/2016	816	0,93	757,00
Março/2016	1038	0,93	960,69
Abril/2016	1289	0,88	1134,48
Maió/2016	866	0,87	750,76
Junho/2016	473	0,88	414,45
Julho/2016	401	0,88	351,44
Agosto/2016	450	0,87	391,78

Fonte: Elaboração dos autores com base nos extratos das contas de luz da residência dimensionada pela Concessionária Light, 2015-2016

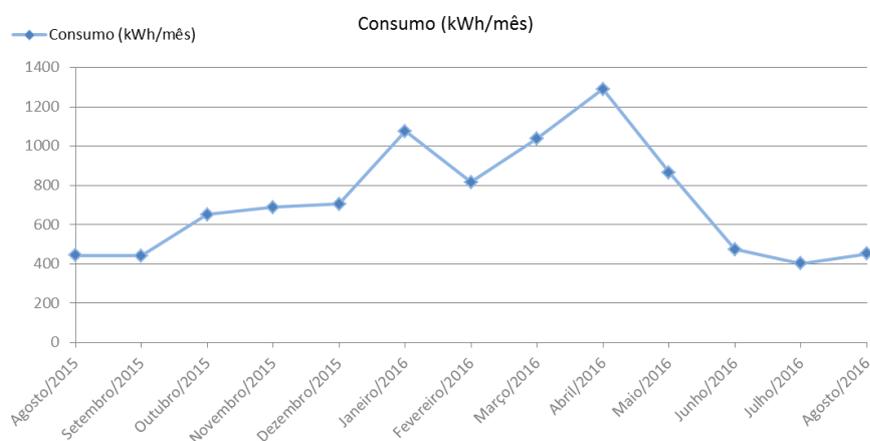


Figura 15. Consumo de energia elétrica anual, 2015-2016

Fonte: Elaboração dos autores com base nos extratos das contas de luz da residência dimensionada pela Concessionária Light, 2015-2016

Pode-se verificar que os meses de dezembro de 2015 a abril de 2016 apresentaram um maior consumo de energia elétrica. Isto se deveu ao fato destas estações apresentarem temperaturas, em média, mais altas. Em compensação, os

casos de pico de consumo aconteceram simultaneamente com a época de maior incidência solar na cidade do Rio de Janeiro conforme indicado na tabela de Dados Climatológicos para o Rio de Janeiro do INMET (médias climatológicas de 1961 a 1990), localizado no anexo B (WIKIPEDIA, 2017 (b)).

A tarifa de energia elétrica (R\$/kWh) da residência possui um totalizador proveniente do consumo de energia mais a transmissão, encargos setoriais, distribuição e tributos. Isso significa 63,97% do valor total, como mostra a Figura 16.

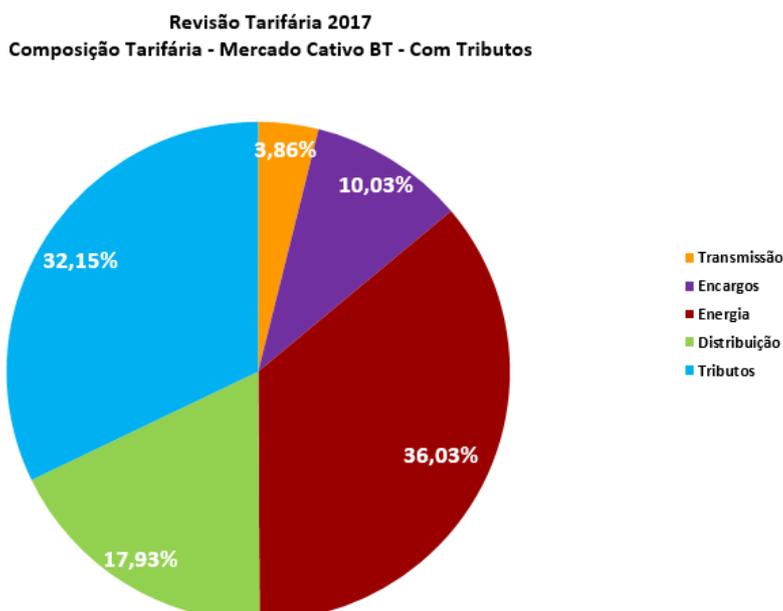


Figura 16. Composição tarifária de uma conta de luz no Brasil, 2017

Fonte: Light, 2017 (b).

Optou-se por uma análise mais ampla da tarifa, para isso realizou-se um cálculo que se baseou na soma dos gastos totais com consumo dividida pela soma do consumo total da residência. O resultado é o custo da tarifa média de energia elétrica indicado na Tabela 5.

Tabela 5. Tarifa Média Anual, 2015-2016

Consumo Total (kWh)	Gasto Total (R\$)	Tarifa Média(R\$)
9335	8264,27	0,885

Fonte: Elaboração dos autores com base nos extratos das contas de luz da residência dimensionada pela Concessionária Light, 2015-2016.

Tabela 6. Consumo Médio Anual e Gasto Médio Anual, 2015-2016

Consumo Médio (kWh)	Gasto Médio (R\$)
718,077	635,71

Fonte: Elaboração dos autores com base nos extratos das contas de luz da residência dimensionada pela Concessionária Light, 2015-2016.

Nota: Período de treze meses – agosto/2015 a agosto/2016.

3.4 INFLUÊNCIA DA RADIAÇÃO SOLAR

Os resultados da radiação⁹ solar em um determinado local consideram o histórico das medições. Neste caso, as coordenadas geográficas do local da instalação foram imputadas na base SunData do CRESESB/CEPEL (2016) para se obter os dados relativos a localização da casa selecionada. Esse banco de dados informa os valores mensais e médios anuais para a inclinação da radiação com o mesmo valor da latitude em locais próximos ao informado. O mesmo banco disponibiliza o valor da maior média anual e do maior mínimo mensal que correspondem a outro ângulo de inclinação da radiação solar também informado.

Esse banco de dados foi de extrema importância para o cálculo da capacidade de geração de energia elétrica, cujo objetivo foi aproximar os números

⁹ Diferença entre irradiação e radiação solar: a irradiação solar é a irradiância integrada em um intervalo de tempo especificado, geralmente uma hora ou um dia, e é dada em watt hora por metro quadrado (Wh/m²). Irradiação solar nada mais é do que uma determinada quantidade de radiação solar por unidade de área. (WIKIPEDIA, 2017 (c)).

teóricos aos da realidade, garantindo com isso assertividade e o máximo de aproveitamento do sistema ao longo do ano.

A residência se encontra a 22.940893 Sul e 43.200616 Oeste, no bairro de Cosme Velho, Rio de Janeiro. O sistema forneceu resultados de locais próximos ao bairro e endereço, por exemplo: Jardim Botânico (distância de 5,5 km), Praça 15 de Novembro (distância de 5,3 km) e Penha (distância de 17,6 km).

Optou-se pelo registro da Praça 15 de Novembro, devido a menor distância comparativamente as das demais localidades oferecidas pelo SunData. A Tabela 07 e a Figura 17 mostram o resultado da irradiação solar diária média mensal em função do ângulo de inclinação solar.

Tabela 7. Irradiação solar diária média mensal em função do ângulo de inclinação: Praça 15 de Novembro/RJ/Brasil

Mês/Ângulo	Radiação Solar (kWh/m ² .dia) em função do ângulo de inclinação			
	Plano Horizontal	Ângulo da Latitude	Maior Média Anual	Maior Mínimo Mensal
	0°	23°	21°	34°
Janeiro	5,86	5,29	5,36	4,83
Fevereiro	5,67	5,41	5,45	5,07
Março	5,22	5,38	5,39	5,23
Abril	4,06	4,57	4,54	4,62
Maio	3,83	4,76	4,70	5,00
Junho	3,22	4,14	4,08	4,41
Julho	3,78	4,85	4,78	5,15
Agosto	4,06	4,85	4,73	4,90
Setembro	4,22	4,47	4,47	4,41
Outubro	4,86	4,74	4,77	4,51
Novembro	5,28	4,85	4,91	4,47
Dezembro	5,61	5,01	5,08	4,55
<i>Média</i>	4,64	4,85	4,86	4,76
<i>Delta</i>	2,64	1,26	1,37	0,82

Fonte: Elaboração dos autores com base em CRESESB/CEPEL, 2016.

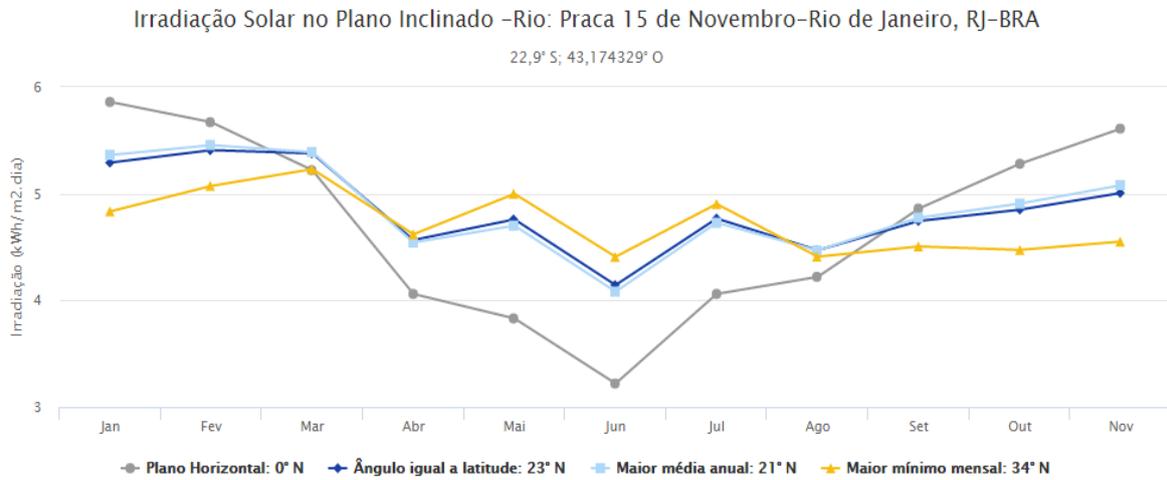


Figura 17. Irradiação solar no plano inclinado - Praça 15 de Novembro, Rio de Janeiro, 2016

Fonte: CRESESB/CEPEL, 2016.

A inclinação solar deve ser determinada de forma a otimizar a captação dos raios do sol. Esta iniciativa garante uma maior geração global e, conseqüentemente, uma maior rentabilidade do sistema ao longo dos anos, mesmo não garantindo a autossuficiência energética na residência.

Com base nos valores fornecidos pelo SunData, a maior média anual ocorre com uma inclinação de 21°, o que determina a orientação dos módulos na instalação do telhado em 21° Norte visando compensar a localização geográfica da residência escolhida (23°Sul).

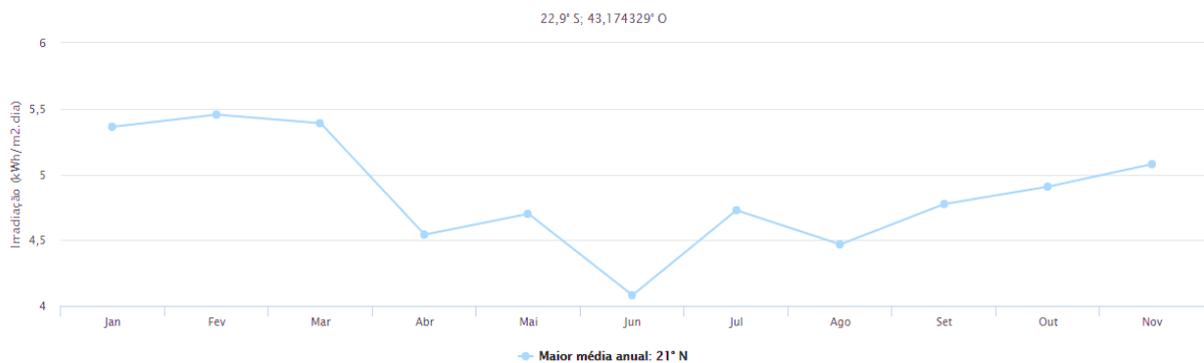


Figura 18. Irradiação solar no plano inclinado – Rio: Praça 15 de Novembro – Rio de Janeiro, 2016

Fonte: CRESESB/CEPEL, 2016.

É possível observar que o mês de junho é o de menor irradiação, pois representa o 1º. mês do inverno e tem o dia 21 de junho com a noite mais longa (WIKIPÉDIA, 2017 (c)).

Vale ressaltar que a previsão da geração solar fotovoltaica possui grande exatidão em condições de céu claro e com o auxílio de ferramentas para o cálculo da posição relativa entre o Sol e a Terra. Entretanto, a possibilidade de nuvens e o seu movimento podem resultar em variações da radiação solar e, conseqüentemente, na variação da previsão quanto a geração de energia elétrica mesmo em pequenas escalas.

A seguir detalhar-se-ão os sistemas e equipamentos a serem instalados na residência selecionada.

3.5 O SISTEMA E SEUS COMPONENTES

Um sistema fotovoltaico possui quatro componentes básicos (PORTAL SOLAR, 2017):

- a. Paineis solares: Constituídos por módulos fotovoltaicos interligados eletricamente. São montados em uma única estrutura. Seu objetivo é a produção de energia elétrica em corrente contínua quando a luz do sol o

atinge para posterior devolução ao sistema. Os painéis são dimensionados de acordo com a energia necessária.

- b. Controladores de carga: Funcionam como válvulas para o sistema. Evitam sobrecargas ou descargas exageradas na bateria. Tem como objetivo aumentar a vida útil e o desempenho dos equipamentos.
- c. Inversores: Responsáveis em converter a energia de corrente contínua enviada pelos painéis em energia elétrica de corrente alternada. São utilizados em residências ou empresas. No caso de sistemas conectados, também são responsáveis pela sincronia com a rede elétrica.
- d. Baterias: Tem como objetivo a armazenagem da energia elétrica que será distribuída de acordo com a necessidade.

Dos quatro componentes mencionados acima, dois podem ser considerados determinantes na escolha do sistema a ser instalado numa residência ou empresa.

Nas próximas seções os painéis fotovoltaicos e os inversores serão detalhados sucessivamente a fim de esclarecer as especificações escolhidas para o sistema em questão.

3.5.1 PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Os painéis fotovoltaicos são compostos por células que possuem a função de conversão da energia solar em energia elétrica através do efeito fotovoltaico explicado no anexo A. Os painéis existentes divergem conforme a composição que, por sua vez, determinam as suas principais características.

Os painéis mais comuns são formados por células tipo monocristalinas, policristalinas ou silício amorfo. As células monocristalinas são consideradas as pioneiras do sistema fotovoltaico e se destacam pela sua alta eficiência, registrando um rendimento elétrico de aproximadamente 16%, podendo chegar em 23% em condições de laboratório. Esse tipo de painel normalmente ocupa espaços relativamente pequenos e apresenta bom rendimento, com uma vida útil de

aproximadamente 30 anos, gerando segurança a longo prazo. Sua grande desvantagem está em seu custo de fabricação, devido a sua complexidade, alto gasto de energia e a exigência de materiais em estado químico muito puro (GIAPE, 2003).

Os painéis constituídos por células policristalinas têm um custo de produção inferior, porém também apresentam rendimento elétrico inferior, de 13% a 16%. A redução do valor é devido a sua composição e a imperfeição do cristal. Por mais que apresente um desempenho mais baixo, atualmente estes painéis correspondem a 80% das escolhas do consumidor, por apresentarem a melhor relação custo-benefício. Sua vida útil se iguala aos monocristalinos (GIAPE, 2003).

Os painéis de silício amorfo são os que apresentam o custo mais reduzido do mercado, mas também apresentam um rendimento elétrico considerado muito baixo, sendo este de aproximadamente de 8% a 10% (GIAPE, 2003).

Todo painel possui a parte frontal revestida de resina ou vidro temperado de alta transparência e com resistência à tempestade, neve, granizo, salinidade, umidade e poeira. A corrente gerada pelo painel é contínua (CC) e pode alimentar diretamente equipamentos que utilizam essa propriedade e também carregar baterias (MARQUES et al, 2013).

A Figura 19 mostra a eficiência de painéis fotovoltaicos.

EFICIÊNCIA	PERCENTUAL DO TOTAL DE PAINÉIS PRODUZIDOS*	DE UMA FORMA SIMPLES
>=16%	~ 10%	OS PAINÉIS MAIS EFICIENTES
15% - 15,9%	~ 30%	ACIMA DA MÉDIA DE EFICIÊNCIA
14% - 14,9%	~ 30%	EFICIÊNCIA OK
13% - 13,9%	~ 20%	ABAIXO DA MÉDIA DE EFICIÊNCIA
<13%	~ 10%	OS PAINÉIS MENOS EFICIENTES

Figura 19. Comparativo de eficiência de painéis fotovoltaicos

Fonte: Portal Solar, 2017.

3.5.2 INVERSORES

O inversor solar é responsável pela conversão da corrente contínua (CC) do sistema fotovoltaico em corrente alternada (CA), ajustando-a para a frequência e nível de tensão conforme a demanda. Considerado um adaptador de energia, ele permite a ligação entre o gerador fotovoltaico e a rede elétrica ou a carga, dado que a maioria dos aparelhos eletrônicos utiliza a energia na forma de corrente alternada (ECYCLE, 2013).

O inversor também pode ser considerado um sistema de segurança. O inversor de sistemas conectados a rede possui a tecnologia de interrupção do fornecimento de energia para equipamentos, quando detecta condição de ilhamento, ou seja, quando a rede de distribuição está desconectada ou fora de operação. Sua desconexão pode ser automática ou manual (MARQUES et al, 2013).

Quanto à eficiência do inversor, seu valor geralmente varia de 85% a 90% e um dos fatores que a determina é a existência de transformadores. Os transformadores ao converterem uma forma de energia em outra, desencadeiam uma perda de energia em forma de calor, o que torna os inversores menos eficientes (SOLAR BRASIL, 2017).

Basicamente, existem dois tipos de inversores:

- a. Inversores de rede, que são ligados à rede elétrica ou *On-grid*;
- b. Inversores autônomos ou *Off-grid*.

O inversor *On-grid* se caracteriza por estar conectado diretamente à rede elétrica. Este transfere a energia produzida diretamente ao quadro de distribuição de força para ser consumida de acordo com a demanda. Todo o processo de injeção do excedente e do consumo na rede é feito pelo inversor automaticamente (PORTAL ENERGIA, 2004).

O *Off-grid* se comporta de maneira contrária ao inversor *On-grid* e foi desenvolvido para sistemas fotovoltaicos isolados por não interagir com a rede elétrica. O inversor converte a energia produzida que se armazena em bancos de

baterias e, portanto, se conecta as baterias e não aos painéis fotovoltaicos (BRASENERGY, 2017).

Os equipamentos e mão de obra a serem escolhidos serão orçados e estes orçamentos proporcionarão os cálculos da viabilidade econômica da instalação de placas fotovoltaicas e da economia de energia elétrica.

3.5.3 MODELOS DE ORÇAMENTO

Como foi apresentado na seção 3.1, optou-se por três orçamentos: 1, 2 e 3. Os orçamentos 1 e 2 são modelos que oferecem pacotes completos de instalação, englobando todos os equipamentos necessários, assim como a mão de obra de instalação e o projeto de homologação. Os custos iniciais do orçamento 1 foram disponibilizados pela empresa NeoSolar, enquanto os custos do orçamento 2 pela empresa FFA Energia. Os custos do orçamento 3 foram combinações de compra dos equipamentos com o serviço de instalação terceirizado da empresa FFA Energia.

Para o orçamento 1 foi utilizado um simulador de orçamento online para a instalação das placas fotovoltaicas em residências, que sugere a quantidade de placas, a potência a ser escolhida, o inversor a ser instalado e o custo total do sistema. Esse simulador utiliza informações como localização, consumo de energia médio mensal e tarifa média para o cálculo do orçamento. Após a simulação, houve contato direto com a empresa visando entender a indicação dos custos e garantir que este seria o orçamento final dado por ela. Para o orçamento 2, realizou-se uma demanda direta com a empresa FFA Energia disponibilizando todas as informações necessárias para obter o orçamento.

Para ambos os orçamentos, os itens considerados foram:

- a. equipamento gerador solar completo;
- b. material elétrico com acessórios;
- c. projeto e homologação junto à distribuidora;

- d. serviço de instalação;
- e. sistema de monitoramento.

O orçamento 3 foi uma proposta elaborada pelos autores com o intuito de comparar o custo-benefício da compra do projeto completo e o custo-benefício do serviço de instalação combinando com a compra dos equipamentos de forma independente. Este orçamento foi calculado a partir do site da empresa NeoSolar, que apresentou os melhores preços para os pacotes de equipamentos, junto com a empresa FFA Energia que realiza o projeto de homologação com equipamentos já adquiridos pelos clientes. Ressalta-se que a empresa FFA Energia sugere a compra do pacote completo por questões de selo de garantia dos equipamentos. Este sistema fotovoltaico apresenta um custo inicial muito alto e as empresas se recusam a realizar a instalação em separado por questões de possíveis danos aos equipamentos, uma vez que não são os fornecedores.

Atualmente os kits do sistema fotovoltaico apresentam maior custo-benefício, pois disponibilizam conectores, suporte para o telhado, cabos e quadros elétricos, além de placas e inversores, por um preço total mais viável do que a compra individual de cada equipamento. Todos os equipamentos do kit estão de acordo com as especificações da empresa FFA Energia, pois ela oferece o projeto de instalação. Dadas as especificações, o *site* da Neo Solar apresenta uma proposta de pacotes de equipamentos por preços mais competitivos do mercado.

3.5.3.1 ESPECIFICAÇÕES DOS PAINÉIS SOLARES

Para estabelecer qual modelo usar em uma instalação fotovoltaica é preciso considerar o custo, o coeficiente de temperatura, a eficiência das células e a área ocupada. É importante um conhecimento prévio para aceitar as propostas de orçamentos e equipamentos sugeridos pelas empresas especializadas, para não incorrer em superdimensionamentos.

O orçamento 1 sugeriu módulos fotovoltaicos de modelo Yingli YL275d-30b. A escolha foi pautada na comparação entre os diversos modelos existentes no

mercado e a potência sugerida pelo simulador da empresa conforme pode-se ver na Tabela 8.

Tabela 8. Especificações do modelo do Orçamento 1

Orçamento 1	
Características do módulo fotovoltaico	
Marca	Yingli Solar
Modelo	YL275d-30b
Tipo	Silício Monocristalino
Dimensões	(1640 x 990 x 40)mm
Área	1,61 m ²
Peso	18,5 kg
Potência Nominal	275 Wp
Eficiência	16,90%
Tensão Máxima (Vmp)	31,2 V
Corrente Máxima (Imp)	8,82 A
Tensão de Circuito Aberto (Voc)	35,9 V
Corrente de Curto Circuito (Ioc)	9,34 A
Quantidade	18

Fonte: Adaptado do Datasheet do modelo YINGLI YL275d-30b, 2017.

Cada módulo possui 60 células e potência de 275 Wp. O painel fotovoltaico escolhido é composto por células de silício monocristalino e apresenta uma boa eficiência registrada por 16,90%.

O orçamento 1 apresenta um total de 18 módulos, que possuem garantia do fabricante de 10 anos contra defeitos de fabricação, 25 anos de garantia linear de degradação padrão e está dentro das Condições Padrão de Teste ou *Standard Test Conditions* (CPT ou sigla em inglês *STC*), que estabelecem irradiação de 800 W/m², espectro de massa de ar 1 m/s e temperatura de célula de 20°C. Todas as especificações do modelo se encontram no Anexo C.

Tabela 9. Especificações do modelo do Orçamento 2

Orçamento 2	
Características do módulo fotovoltaico	
Marca	Canadian Solar
Modelo	CS6K-275
Tipo	Silício Monocristalino
Dimensões	(1650 x 992 x 40)mm
Área	1,64 m ²
Peso	18.2 kg
Potência Nominal	275 Wp
Eficiência	16,80%
Tensão Máxima (Vmp)	28.5 V
Corrente Máxima (Imp)	6.95 A
Tensão de Circuito Aberto (Voc)	35.1 V
Corrente de Curto Circuito (Ioc)	7.54 A
Quantidade	16

Fonte: Adaptado do *Datasheet* do modelo Canadian Solar CS6K-275, 2017.

Para o orçamento 2, o modelo da *Canadian Solar CS6K-275* foi o selecionado. Este modelo fornecido pela segunda empresa apresenta uma potência de 275Wp e eficiência de 16,8%, inferior ao modelo oferecido pela primeira empresa. Dado que é composto por células de silício monocristalino, serão necessários 16 módulos para o sistema fotovoltaico a ser instalado.

O orçamento 2, por mais que envolva os mesmos serviços e equipamentos do orçamento 1, apresenta um investimento inicial inferior ao orçamento 1. Um dos motivos da diferença de preço se deve ao modelo das placas serem fabricadas pela *Canadian Solar* do Brasil. As demais marcas precisam ser importadas, o que acarreta em custos que ultrapassam os de placas de fabricação nacional. Todas as especificações do modelo se encontram no Anexo C.

Tabela 10. Especificações do modelo do Orçamento 3

Orçamento 3	
Características do módulo fotovoltaico	
Marca	Canadian Solar
Modelo	CS6P-265
Tipo	Silício Policristalino
Dimensões	(1638 x 982 x 40)mm
Área	1,61 m ²
Peso	18 kg
Potência Nominal	265 Wp
Eficiência	16,47%
Tensão Máxima (Vmp)	30,6 V
Corrente Máxima (Imp)	8,66 A
Tensão de Circuito Aberto (Voc)	37,7 V
Corrente de Curto Circuito (Ioc)	9,23 A
Quantidade	18

Fonte: Adaptado do *Datasheet* do modelo *Canadian Solar CS6P-265, 2017*.

O orçamento 3 apresentou a marca *Canadian Solar* devido ao custo-benefício dos kits de instalação oferecidos no mercado nacional. A quantidade total equivaleu a 18 módulos de silício policristalino do modelo CS6P 265, que proporcionam individualmente 265 Wp e eficiência de 16,47%. Todas as especificações do modelo se encontram no Anexo C.

3.5.3.2 ESPECIFICAÇÕES DOS INVERSORES

Assim como elaborado para os painéis fotovoltaicos, para a escolha dos inversores levou-se em consideração as sugestões de cada empresa. Os dois orçamentos oriundos das empresas (NeoSolar e FFA Energia) sugeriram a mesma marca de inversor, apontado como ideal de acordo com o consumo da residência: Fronius modelo Primo 4.0-1.

Para o orçamento 3, a escolha foi baseada no custo, eficiência e principalmente, na faixa de potência gridtie do aparelho, que se aplica a

necessidade indicada pela residência. Dentre as opções do mercado, o kit de instalação mais completo, com as especificações dos painéis, quantidade, potência e preço competitivo foi o que englobou o inversor da marca Fronius, modelo 4.0-1.

Este modelo não possui transformador e é monofásico. É recomendado para o autoconsumo e possui uma faixa de potência gridtie de 2 a 5kW. Suas especificações estão detalhadas na Tabela 11.

Tabela 11. Especificações de modelo para o inversor solar

Características do inversor solar	
Marca	Fronius
Modelo	Primo 4.0-1
Tipo	Monofásico
Dimensões	(645 x 431 x 204)mm
Faixa de Potência	2-5 Kw
Peso	21,5 Kg
Eficiência Máxima	98,00%
Potência Máxima CA	4000 VA
Voltagem Mínima CC	80 V
Voltagem Máxima CC	1000V
Corrente Máxima CC	11/11 A
Voltagem de Saída CA	180-270 V
Frequencia	60 Hz
Quantidade	1

Fonte: Adaptado do *Datasheet* do modelo Fronius Primo 4.0-1, 2017.

O custo do produto é geralmente alto, o que afetou os orçamentos para os três orçamentos. Porém, o modelo Fronius 4.0-1 possui algumas características relevantes, que o destaca: a) garantia do fabricante de cinco anos, b) classe de proteção “Índice de Proteção” 65¹⁰ (IP65), c) eficiência de 98% e d) posse de dois

¹⁰ O índice de proteção identifica o grau de proteção que determinado objeto tem contra impacto de objetos sólidos e contato acidental com água. É um padrão internacional, definido pela norma IEC 60529. O primeiro dígito representa o grau de proteção contra objetos sólidos e o segundo dígito representa o grau de proteção contra objetos líquidos (como a água). O grau de proteção IP65

otimizadores MPPT, que permitem uma eficiência máxima, mesmo com os painéis em condições adversas de instalação. Todas as especificações do modelo, assim como o manual de dados se encontram no Anexo C.

3.6 PERDAS DO SISTEMA

Todo sistema fotovoltaico conectado à rede possui perdas que precisam ser analisadas e quantificadas. Para uma estimativa de geração de energia fotovoltaica é preciso contabilizar esses valores, dado que eles possuem uma representação negativa para o estudo de viabilidade econômica.

Como mencionado na metodologia, seção 3.1, as mesmas perdas são consideradas para os três orçamentos.

Os principais motivos de perdas do sistema que serão levados em consideração para os cálculos são (LARONDE, 2010; MARION, 2005; VALLINA, 2010):

- a. Queda de tensão no lado CC (Corrente Contínua);
- b. Queda de tensão no lado AC (Corrente Alternada);
- c. Eficiência do inversor;
- d. Diodos e conexões;
- e. Degradação por incidência inicial da luz;
- f. Transformadores de isolamento;
- g. Sombreamento e dados incorretos de placa (remete à confiabilidade do fornecedor).

Tanto o desvio no rendimento nominal do módulo quanto à eficiência do inversor na conversão são dados retirados dos manuais de especificações dos equipamentos. A perda se deve ao *mismatch* no MPPT (Rastreamento do Ponto de Máxima Potência ou em inglês, *Maximum Power Point Tracker*) e é proveniente de

significa que o objeto é protegido contra poeira (entrada limitada, sem depósitos prejudiciais) e a jatos potentes de água. (BOREAL LED, 2017)

variações rápidas de irradiação, variação rápida de carga local, características não uniformes das células e limitação das tensões operacionais (LOUZADA, 2016).

O sombreamento parte da avaliação da localização do estabelecimento que terá a instalação, assim como a sujeira dos módulos que estão correcionadas a frequência de limpeza. Atribui-se um valor mínimo à sujeira, partindo da premissa de que a limpeza ocorrerá de acordo com o sugerido pelas empresas, ou seja, cerca de duas vezes ao ano. Em outras palavras, todas as perdas estabelecidas são valores típicos esperados pelo sistema, adequados ao local a ser instalado, como representado na Tabela 12.

Tabela 12. Detalhamento das perdas do sistema de geração de energia

Perda	Valor
Desvio no rendimento nominal do módulo e da radiação de 200w/m ²	1,90%
Temperatura no módulo	3,50%
Perdas nos condutores do lado CC	2%
Perdas nos condutores do lado CA	1%
Eficiência do Inversor na conversão	2%
Mismatch no MPPT	2%
Sombreamento	0%
Diodos e conexões	0,50%
Transformadores	0%
Sistema Solar-Tracking	0%
Degradação na incidência solar inicial	1%
Indisponibilidade do sistema	0%
Sujeira nos módulos	2%
Total de Perdas	15,90%
Eficiência do sistema	84,10%

Fonte: Adaptado de Laronde, 2010; Marion, 2005; Vallina, 2010.

A partir da soma desses valores, onde se consideram todas as possíveis perdas do sistema, estima-se uma perda total de 15,9% e, portanto, uma eficiência do sistema de 84,10%, valor este que está dentro das eficiências dos sistemas apresentados pelo mercado. Com esses valores, estima-se a geração fotovoltaica esperada com perdas, o que proporciona valores mais próximos do real.

3.7 GERAÇÃO ESPERADA TOTAL COM PERDAS

A geração esperada do sistema fotovoltaico é calculada a partir da irradiação média solar diária do mês relativo ao cálculo em kWh/m²/dia, que se obtém através da base *SunData* descrita na seção 3.4. Ou seja, é a área total do sistema ou a soma das áreas individuais multiplicada pela quantidade de painéis a serem utilizados e a eficiência do painel.

A partir da fórmula 1, mencionada na seção 3.1, para a geração total esperada com perdas, os cálculos se encontram detalhados abaixo nas tabelas 13, 14 e 15 para cada orçamento 1-3.

Tabela 13. Geração esperada para o Orçamento 1

Orçamento 1								
Geração Esperada								
	21*	Área Total (m ²)	Eficiência do Painel	Geração Total Mensal (kWh/mês)	Geração com Perdas (kWh/mês)	Consumo Mensal (kWh/mês)	Consumo da rede elétrica (kWh/mês)	% Geração/Demanda
Janeiro	5,36	28,98	16,9%	813,79	684,40	1075	390,60	63,7%
Fevereiro	5,45	28,98	16,9%	747,38	628,54	816	187,46	77,0%
Março	5,39	28,98	16,9%	818,34	688,23	1038	349,77	66,3%
Abril	4,54	28,98	16,9%	667,06	560,99	1289	728,01	43,5%
Maio	4,70	28,98	16,9%	713,58	600,12	866	265,88	69,3%
Junho	4,08	28,98	16,9%	599,47	504,15	473	-31,15	106,6%
Julho	4,78	28,98	16,9%	725,73	610,34	401	-209,34	152,2%
Agosto	4,73	28,98	16,9%	718,14	603,95	442	-161,95	136,6%
Setembro	4,47	28,98	16,9%	656,77	552,34	441	-111,34	125,2%
Outubro	4,77	28,98	16,9%	724,21	609,06	651	41,94	93,6%
Novembro	4,91	28,98	16,9%	721,42	606,71	688	81,29	88,2%
Dezembro	5,08	28,98	16,9%	771,28	648,64	705	56,36	92,0%
			Total	8677,16	7297,49	8885	1587,51	82,1%

Fonte: Elaboração dos autores.

Ao analisar o orçamento 1, é possível concluir que a instalação do sistema supre em aproximadamente 82,1% do consumo dessa residência trazendo, assim, uma redução neste percentual na conta mensal de energia elétrica, que será tarifada pelos 17,9% restantes.

Tabela 14. Geração esperada para o Orçamento 2

Orçamento 2								
Geração Esperada								
21 ^a	Área Total (m ²)	Eficiência do Painel	Geração Total Mensal (kWh/mês)	Geração com Perdas (kWh/mês)	Consumo Mensal (kWh/mês)	Consumo da rede elétrica (Kwh/mês)	% Geração/Demanda	
Janeiro	5,36	26,24	16,8%	732,49	616,02	1075	458,98	57,3%
Fevereiro	5,45	26,24	16,8%	672,71	565,75	816	250,25	69,3%
Março	5,39	26,24	16,8%	736,59	619,47	1038	418,53	59,7%
Abril	4,54	26,24	16,8%	600,41	504,95	1289	784,05	39,2%
Mai	4,70	26,24	16,8%	642,29	540,17	866	325,83	62,4%
Junho	4,08	26,24	16,8%	539,58	453,79	473	19,21	95,9%
Julho	4,78	26,24	16,8%	653,22	549,36	401	-148,36	137,0%
Agosto	4,73	26,24	16,8%	646,39	543,62	442	-101,62	123,0%
Setembro	4,47	26,24	16,8%	591,16	497,16	441	-56,16	112,7%
Outubro	4,77	26,24	16,8%	651,86	548,21	651	102,79	84,2%
Novembro	4,91	26,24	16,8%	649,35	546,10	688	141,90	79,4%
Dezembro	5,08	26,24	16,8%	694,22	583,84	705	121,16	82,8%
Total				7810,26	6568,43	8885	2316,57	73,9%

Fonte: Elaboração dos autores.

O orçamento 2 apresenta uma redução de 73,9% na conta anual de energia elétrica, resultando em um pagamento de, aproximadamente, 24,1% da tarifa usual da residência, o que equivalente ao consumo médio de 2316,57 kwh/ano. Esta diferença entre os dois orçamentos 1 e 2 se deve a diminuição da área total de instalação e a eficiência do painel do orçamento 2.

Tabela 15. Geração esperada para o Orçamento 3

Orçamento 3								
Geração Esperada								
	21°	Área Total (m ²)	Eficiência do Paineis	Geração Total Mensal (kWh/mês)	Geração com Perdas (kWh/mês)	Consumo Mensal (kWh/mês)	Consumo da rede elétrica (Kwh/mês)	% Geração/Demanda
Janeiro	5,36	28,98	16,47%	793,08	666,98	1075	408,02	62,0%
Fevereiro	5,45	28,98	16,47%	728,36	612,55	816	203,45	75,1%
Março	5,39	28,98	16,47%	797,52	670,72	1038	367,28	64,6%
Abril	4,54	28,98	16,47%	650,08	546,72	1289	742,28	42,4%
Maio	4,70	28,98	16,47%	695,43	584,85	866	281,15	67,5%
Junho	4,08	28,98	16,47%	584,22	491,33	473	-18,33	103,9%
Julho	4,78	28,98	16,47%	707,26	594,81	401	-193,81	148,3%
Agosto	4,73	28,98	16,47%	699,87	588,59	442	-146,59	133,2%
Setembro	4,47	28,98	16,47%	640,06	538,29	441	-97,29	122,1%
Outubro	4,77	28,98	16,47%	705,78	593,56	651	57,44	91,2%
Novembro	4,91	28,98	16,47%	703,06	591,28	688	96,72	85,9%
Dezembro	5,08	28,98	16,47%	751,65	632,14	705	72,86	89,7%
Total				8456,38	7111,82	8885	1773,18	80,0%

Fonte: Elaboração dos autores.

Quanto ao orçamento 3, este apresenta uma cobertura de 80% do consumo de energia da residência com a instalação proposta, além da redução no mesmo percentual no valor da tarifa anual paga à distribuidora. Por mais que este caso apresente a menor eficiência do sistema de paineis, sua área é semelhante à do orçamento 1, dado que se utiliza um modelo do mesmo fornecedor. Portanto, compensa a redução de eficiência, resultando numa economia menos favorável quando comparada ao orçamento 1, mas melhor do que a do orçamento 2.

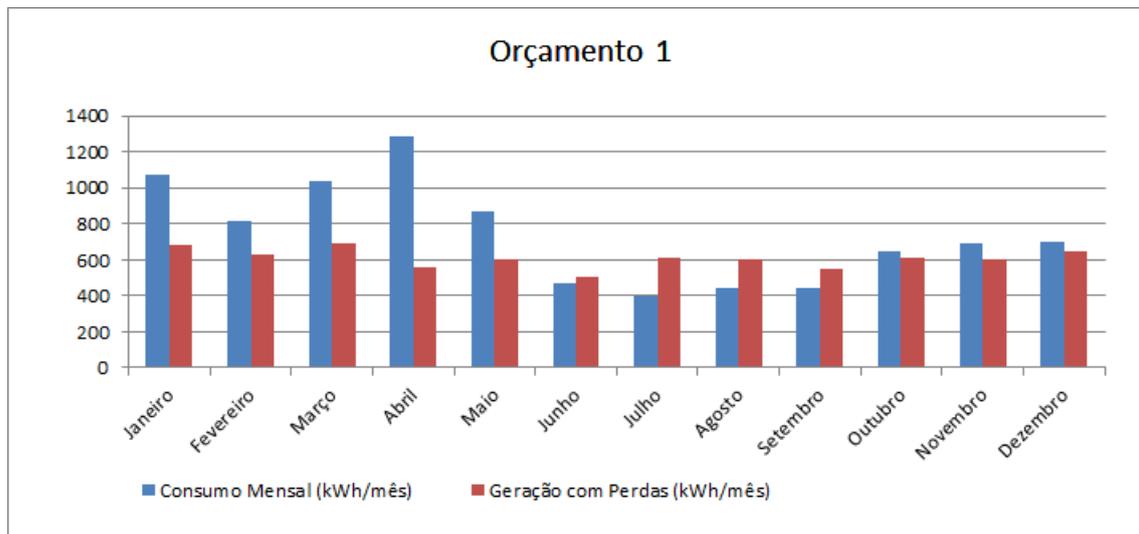


Figura 20. Orçamento 1: Consumo e geração em kWh/Mês, janeiro-dezembro

Fonte: Elaboração dos autores.

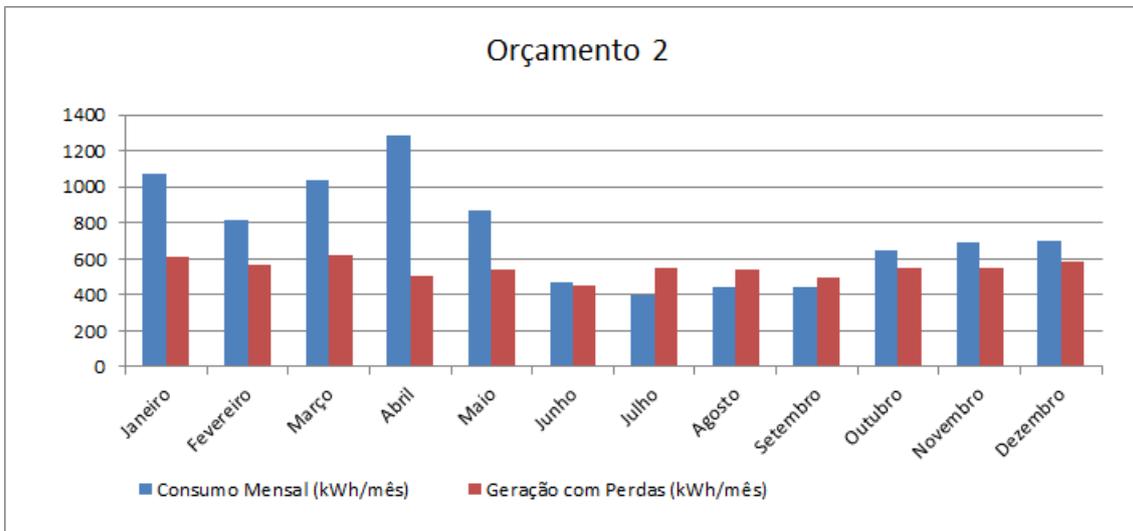


Figura 21. Orçamento 2: Consumo e geração em kWh/Mês, janeiro-dezembro

Fonte: Elaboração dos autores.

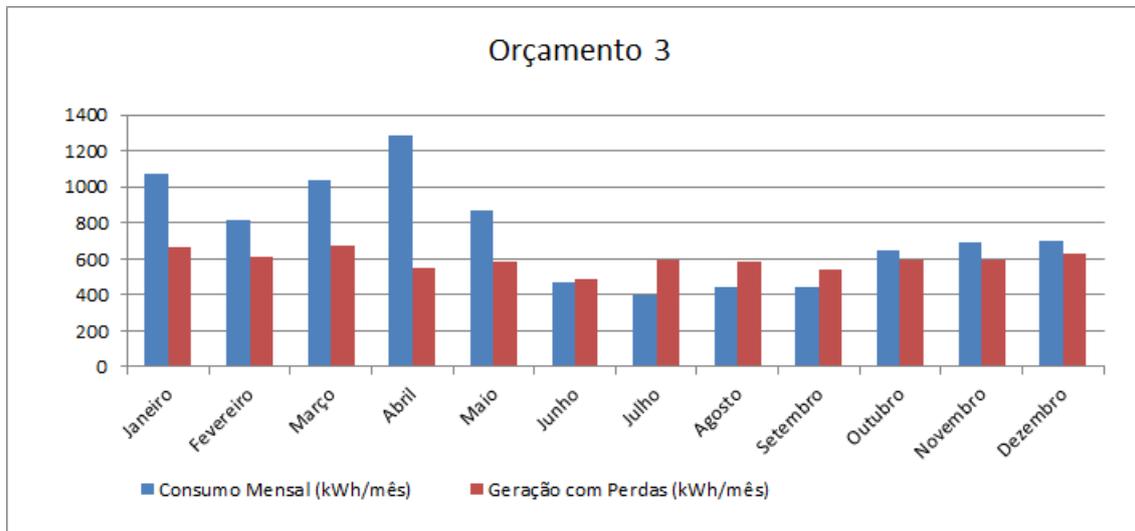


Figura 22. Orçamento 3: Consumo e geração em kWh/Mês, janeiro-dezembro

Fonte: Elaboração dos autores.

As Figuras 20, 21 e 22 confrontam a geração esperada mensal com as perdas frente ao consumo mensal total esperado para cada mês do ano nos três orçamentos (1, 2 e 3). O consumo é mais significativo no período de janeiro a maio, devido aos maiores picos de incidência solar anual, característicos do verão; por outro lado, a geração se mantém alta em relação aos outros meses do ano em todos os três casos. O período subsequente, de junho a setembro, vê-se a compensação de uma geração esperada mais elevada do que o consumo para o caso dos orçamentos 1 e 3, enquanto que para o orçamento 2, esse período se restringe de julho a setembro. Este resultado é o esperado, visto que na cidade do Rio de Janeiro, o inverno é caracterizado pela menor incidência pluviométrica do que o verão, fator este que contribui para a geração de energia fotovoltaica.

3.8 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

A partir da geração esperada com perdas e o consumo mensal obtido a partir do histórico da residência, foi possível estimar o consumo da rede elétrica que ainda será necessário para suprir a demanda total da casa, visto que sua geração

com perdas é menor que o consumo mensal. Sendo assim, por mais que nos três casos, a geração esperada não atinja 100% da demanda, os sistemas geram uma economia significativa do consumo diretamente da rede e de gastos financeiros respectivos.

No próximo capítulo encontram-se os cálculos referentes a viabilidade econômica dos três orçamentos de instalação de painéis fotovoltaicos usando as ferramentas: *payback*, amortização e VPL.

4 ANÁLISE DE VIABILIDADE DO PROJETO

Utilizando-se a metodologia e as premissas mencionadas no capítulo 3 serão analisados os perfis dos orçamentos 1, 2 e 3, indicando os custos e benefícios de suas propostas. As ferramentas de análise utilizadas serão: *payback*, amortização e valor presente líquido (VPL).

4.1 ANÁLISE ECONÔMICA

A análise econômica auxilia no dimensionamento dos ganhos financeiros de um projeto de instalação de energia fotovoltaica em residências, o que, conseqüentemente, permite verificar a sua viabilidade.

O projeto de implantação de sistemas fotovoltaicos não apresenta lucros diretos, porém é uma excelente oportunidade de verificação do custo de oportunidade entre se manter consumindo energia convencional, vinda de fontes hidrelétricas e termoeletricas (no caso do Brasil) ou de energia fotovoltaica altamente renovável.

Devido as diferentes combinações de tarifa aplicadas pela Light, como já mencionadas na seção 3.3, não se tem uma previsão quanto aos reajustes anuais. Dado que o projeto de instalação da energia fotovoltaica possui um retorno em anos e os reajustes de tarifas são também anuais, considerou-se os reajustes dos últimos dez anos para a categoria B1 – Residencial como são apresentados na Tabela 16.

Visto que os reajustes não seguem nenhum padrão, a média histórica foi utilizada como reajuste anual da tarifa para os próximos 25 anos, sabendo que os *outliers* ocorrem aleatoriamente. Sendo assim, chegou-se a um valor de 5,58%, que será o reajuste a partir do ano 1, período de instalação dos painéis. Portanto, o valor da tarifa para a residência equivale a R\$ 0,89.

Tabela 16. Histórico de reajustes tarifários grupo B1- Residencial

Histórico de Reajuste Tarifário	
2016	-12,03%
2015	15,99%
2014	17,76%
2013	3,65%
2012	11,85%
2011	6,57%
2010	6,99%
2009	5,65%
2008	4,70%
2007	-5,30%
Média	5,58%

Fonte: Adaptado da *Light*, 2017.

Além do reajuste anual na tarifa, ressalta-se que no Brasil, para unidades consumidoras da modalidade B (Residencial), mesmo que a energia injetada na rede seja superior ao consumo, será cobrado um valor mínimo em reais referente ao custo de disponibilidade ao consumidor, que equivale a 30 kWh (monofásico), 50 kWh (bifásico) ou 100 kWh (trifásico) (ANEEL, 2015).

A depreciação da eficiência de captação de energia do painel foi contabilizada anualmente. Para tanto, aplicou-se uma depreciação de 0,5% ao sistema de painéis em todos os três orçamentos por ano (TOTAL, 2017 (c)).

Na tabela 17, 18 e 19 encontram-se especificados os custos ou investimentos iniciais de cada orçamento (1, 2 e 3), de acordo com as propostas descritas na seção 3.5.3.

Tabela 17. Investimentos iniciais para o orçamento 1

Investimento Inicial		
Orçamento 1		
Empresa	Modelo de Orçamento	Custo
Neo Solar	Pacote Completo	R\$ 40.370,29

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 18. Investimentos iniciais para o orçamento 2

Investimento Inicial		
Orçamento 2		
Empresa	Modelo de Orçamento	Custo
FFA Energia	Pacote Completo	R\$ 29.674,21

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 19. Investimentos iniciais para o orçamento 3

Investimento Inicial		
Orçamento 3		
Empresa	Modelo de Orçamento	Custo
FFA Energia	Projeto, Instalação e Mão de Obra	R\$ 9.900,00
Neo Solar	Kit de Equipamentos	R\$ 28.014,37
	Total	R\$ 37.914,37

Fonte: Elaboração dos autores.

Serão calculados o *payback*, amortização e VPL do investimento na instalação de painéis de energia fotovoltaica numa residência conforme descrição feita na seção 3.1.

4.1.1 PAYBACK

O *payback*, também conhecido como Prazo de Retorno do Investimento (PRI), é o período de tempo necessário para que o investidor recupere todo o capital investido em um projeto. No cálculo do *payback* são utilizados os fluxos de caixa de entrada e saída do projeto (em inglês *inflow* e *outflow*) para se chegar ao período, onde os fluxos de entrada anulam os fluxos de saída. O *payback* é dado pelo ponto onde a curva gerada cruza o eixo horizontal, dando origem ao chamado ponto de equilíbrio (em inglês *break-even point*) (INDÚSTRIA HOJE, 2014).

Optou-se pelo *payback* simples ao invés do descontado por ser um projeto de longo prazo. Ele é simplesmente o valor onde o lucro líquido se iguala ao valor aplicado para fins de investimento. Ressalta-se que o lucro líquido é a diferença entre a receita total gerada e o custo total da instalação (sendo o último a soma dos custos fixos mais custos variáveis) (CONTABIL, 2017).

O principal problema deste método está em não considerar o valor do dinheiro no tempo, o que o torna um método matematicamente incorreto, pois destoa dos conceitos de relações de equivalência entre taxas da matemática financeira (PRATES, 2017).

Em resumo ao que foi mencionado na metodologia, seção 3.1, seguem abaixo as principais premissas para a elaboração dos cálculos:

- a. Não existe aplicação do excedente financeiro gerado no sistema de compensação de energia;
- b. É considerado um reajuste anual nas tarifas de energia de 5,58% como calculada na seção 4.1;
- c. Existe uma depreciação acumulativa anual dos painéis de 0,5% como mencionado na seção 4.1;
- d. São consideradas perdas anuais de 15,9% como as calculadas na seção 3.6.

O cálculo do período de retorno do investimento está demonstrado para cada orçamento (1, 2 e 3) nas tabelas 20, 21 e 22.

Para o orçamento 1, o período de retorno equivale a aproximadamente seis anos, ou seja, seis anos após o investimento inicial, onde as reduções de custos se igualam ao que foi investido. Nesse caso, haveria uma economia de R\$ 3.414,17 no “ano 6”, demonstrando um *payback* que se concentra no intervalo entre 5 e 6 anos após a instalação. Nesse período ocorre uma redução de custos na ordem de 81%.

Tabela 20. Payback para o orçamento 1

Orçamento 1								
Ano	Geração Esperada	Geração com Depreciação (*)	Geração com Perdas (15,9%)	Tarifa Elétrica (kWh) (**)	Economia	Cash Flow	Consumo Anual Médio	Consumo Rede Elétrica
1	8677,16 kWh/ano	8633,77 kWh/ano	7261,00 kWh/ano	R\$ 0,89	R\$ 6.428,16	-R\$ 33.942,13	8885 kWh/ano	R\$ 1.437,72
2	8677,16 kWh/ano	8590,60 kWh/ano	7224,70 kWh/ano	R\$ 0,93	R\$ 6.753,11	-R\$ 27.189,01	8885 kWh/ano	R\$ 1.551,92
3	8677,16 kWh/ano	8547,65 kWh/ano	7188,57 kWh/ano	R\$ 0,99	R\$ 7.094,49	-R\$ 20.094,52	8885 kWh/ano	R\$ 1.674,22
4	8677,16 kWh/ano	8504,91 kWh/ano	7152,63 kWh/ano	R\$ 1,04	R\$ 7.453,12	-R\$ 12.641,40	8885 kWh/ano	R\$ 1.805,14
5	8677,16 kWh/ano	8462,39 kWh/ano	7116,87 kWh/ano	R\$ 1,10	R\$ 7.829,88	-R\$ 4.811,52	8885 kWh/ano	R\$ 1.945,27
6	8677,16 kWh/ano	8420,07 kWh/ano	7081,28 kWh/ano	R\$ 1,16	R\$ 8.225,69	R\$ 3.414,17	8885 kWh/ano	R\$ 2.095,21
7	8677,16 kWh/ano	8377,97 kWh/ano	7045,88 kWh/ano	R\$ 1,23	R\$ 8.641,51	R\$ 12.055,68	8885 kWh/ano	R\$ 2.255,61
8	8677,16 kWh/ano	8336,08 kWh/ano	7010,65 kWh/ano	R\$ 1,29	R\$ 9.078,34	R\$ 21.134,02	8885 kWh/ano	R\$ 2.427,16
9	8677,16 kWh/ano	8294,40 kWh/ano	6975,59 kWh/ano	R\$ 1,37	R\$ 9.537,26	R\$ 30.671,28	8885 kWh/ano	R\$ 2.610,60
10	8677,16 kWh/ano	8252,93 kWh/ano	6940,72 kWh/ano	R\$ 1,44	R\$ 10.019,38	R\$ 40.690,66	8885 kWh/ano	R\$ 2.806,69
11	8677,16 kWh/ano	8211,67 kWh/ano	6906,01 kWh/ano	R\$ 1,52	R\$ 10.525,86	R\$ 51.216,52	8885 kWh/ano	R\$ 3.016,28
12	8677,16 kWh/ano	8170,61 kWh/ano	6871,48 kWh/ano	R\$ 1,61	R\$ 11.057,96	R\$ 62.274,48	8885 kWh/ano	R\$ 3.240,25
13	8677,16 kWh/ano	8129,76 kWh/ano	6837,12 kWh/ano	R\$ 1,70	R\$ 11.616,94	R\$ 73.891,42	8885 kWh/ano	R\$ 3.479,53
14	8677,16 kWh/ano	8089,11 kWh/ano	6802,94 kWh/ano	R\$ 1,79	R\$ 12.204,19	R\$ 86.095,61	8885 kWh/ano	R\$ 3.735,12
15	8677,16 kWh/ano	8048,66 kWh/ano	6768,92 kWh/ano	R\$ 1,89	R\$ 12.821,12	R\$ 98.916,73	8885 kWh/ano	R\$ 4.008,08
16	8677,16 kWh/ano	8008,42 kWh/ano	6735,08 kWh/ano	R\$ 2,00	R\$ 13.469,24	R\$ 112.385,98	8885 kWh/ano	R\$ 4.299,54
17	8677,16 kWh/ano	7968,38 kWh/ano	6701,40 kWh/ano	R\$ 2,11	R\$ 14.150,12	R\$ 126.536,10	8885 kWh/ano	R\$ 4.610,69
18	8677,16 kWh/ano	7928,53 kWh/ano	6667,90 kWh/ano	R\$ 2,23	R\$ 14.865,42	R\$ 141.401,52	8885 kWh/ano	R\$ 4.942,80
19	8677,16 kWh/ano	7888,89 kWh/ano	6634,56 kWh/ano	R\$ 2,35	R\$ 15.616,88	R\$ 157.018,41	8885 kWh/ano	R\$ 5.297,23
20	8677,16 kWh/ano	7849,45 kWh/ano	6601,38 kWh/ano	R\$ 2,49	R\$ 16.406,33	R\$ 173.424,74	8885 kWh/ano	R\$ 5.675,42
21	8677,16 kWh/ano	7810,20 kWh/ano	6568,38 kWh/ano	R\$ 2,62	R\$ 17.235,68	R\$ 190.660,42	8885 kWh/ano	R\$ 6.078,89
22	8677,16 kWh/ano	7771,15 kWh/ano	6535,54 kWh/ano	R\$ 2,77	R\$ 18.106,96	R\$ 208.767,39	8885 kWh/ano	R\$ 6.509,27
23	8677,16 kWh/ano	7732,29 kWh/ano	6502,86 kWh/ano	R\$ 2,93	R\$ 19.022,29	R\$ 227.789,67	8885 kWh/ano	R\$ 6.968,27
24	8677,16 kWh/ano	7693,63 kWh/ano	6470,34 kWh/ano	R\$ 3,09	R\$ 19.983,88	R\$ 247.773,55	8885 kWh/ano	R\$ 7.457,73
25	8677,16 kWh/ano	7655,16 kWh/ano	6437,99 kWh/ano	R\$ 3,26	R\$ 20.994,08	R\$ 268.767,63	8885 kWh/ano	R\$ 7.979,59

Fonte: Elaboração dos autores.

(*) Reajuste de 5,58% ao ano na tarifa (Base em estudo histórico da LIGHT);

(**) Depreciação do painel fotovoltaico em 0,5% ao ano (Base no acervo de dados da empresa TOTAL).

Abaixo o resultado do *cash flow* ao longo dos anos do orçamento 1. Na Figura 23 é possível observar o payback entre os anos 5 e 6. Ou seja, o projeto se pagaria no primeiro semestre do quinto ano.

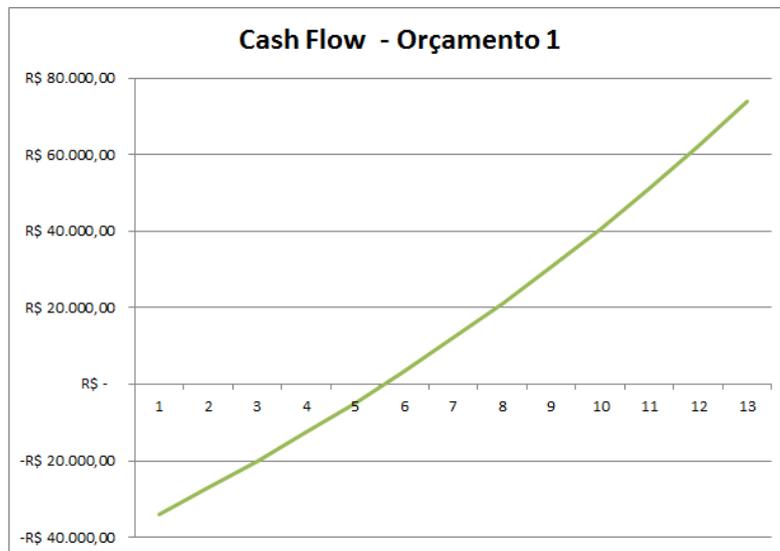


Figura 23. Comportamento do cash flow do Orçamento 1

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 21. Payback para o orçamento 2

Orçamento 2								
Ano	Geração Esperada	Geração com Depreciação (*)	Geração com Perdas (15,9%)	Tarifa Elétrica (kWh) (**)	Economia	Cash Flow	Consumo Anual Médio	Taxa Consumo Rede Elétrica (kWh)
1	7810,26 kWh/ano	7771,21 kWh/ano	6535,59 kWh/ano	R\$ 0,89	R\$ 5.785,95	-R\$ 23.888,26	8885 kWh/ano	R\$ 2.079,93
2	7810,26 kWh/ano	7732,35 kWh/ano	6502,91 kWh/ano	R\$ 0,93	R\$ 6.078,44	-R\$ 17.809,82	8885 kWh/ano	R\$ 2.226,60
3	7810,26 kWh/ano	7693,69 kWh/ano	6470,39 kWh/ano	R\$ 0,99	R\$ 6.385,71	-R\$ 11.424,11	8885 kWh/ano	R\$ 2.383,00
4	7810,26 kWh/ano	7655,22 kWh/ano	6438,04 kWh/ano	R\$ 1,04	R\$ 6.708,51	-R\$ 4.715,59	8885 kWh/ano	R\$ 2.549,75
5	7810,26 kWh/ano	7616,95 kWh/ano	6405,85 kWh/ano	R\$ 1,10	R\$ 7.047,63	R\$ 2.332,04	8885 kWh/ano	R\$ 2.727,52
6	7810,26 kWh/ano	7578,86 kWh/ano	6373,82 kWh/ano	R\$ 1,16	R\$ 7.403,90	R\$ 9.735,94	8885 kWh/ano	R\$ 2.917,00
7	7810,26 kWh/ano	7540,97 kWh/ano	6341,95 kWh/ano	R\$ 1,23	R\$ 7.778,17	R\$ 17.514,11	8885 kWh/ano	R\$ 3.118,95
8	7810,26 kWh/ano	7503,26 kWh/ano	6310,24 kWh/ano	R\$ 1,29	R\$ 8.171,36	R\$ 25.685,47	8885 kWh/ano	R\$ 3.334,14
9	7810,26 kWh/ano	7465,75 kWh/ano	6278,69 kWh/ano	R\$ 1,37	R\$ 8.584,43	R\$ 34.269,90	8885 kWh/ano	R\$ 3.563,42
10	7810,26 kWh/ano	7428,42 kWh/ano	6247,30 kWh/ano	R\$ 1,44	R\$ 9.018,38	R\$ 43.288,29	8885 kWh/ano	R\$ 3.807,69
11	7810,26 kWh/ano	7391,27 kWh/ano	6216,06 kWh/ano	R\$ 1,52	R\$ 9.474,27	R\$ 52.762,56	8885 kWh/ano	R\$ 4.067,88
12	7810,26 kWh/ano	7354,32 kWh/ano	6184,98 kWh/ano	R\$ 1,61	R\$ 9.953,20	R\$ 62.715,76	8885 kWh/ano	R\$ 4.345,00
13	7810,26 kWh/ano	7317,55 kWh/ano	6154,06 kWh/ano	R\$ 1,70	R\$ 10.456,35	R\$ 73.172,11	8885 kWh/ano	R\$ 4.640,13
14	7810,26 kWh/ano	7280,96 kWh/ano	6123,29 kWh/ano	R\$ 1,79	R\$ 10.984,92	R\$ 84.157,03	8885 kWh/ano	R\$ 4.954,39
15	7810,26 kWh/ano	7244,55 kWh/ano	6092,67 kWh/ano	R\$ 1,89	R\$ 11.540,22	R\$ 95.697,25	8885 kWh/ano	R\$ 5.288,98
16	7810,26 kWh/ano	7208,33 kWh/ano	6062,21 kWh/ano	R\$ 2,00	R\$ 12.123,59	R\$ 107.820,84	8885 kWh/ano	R\$ 5.645,19
17	7810,26 kWh/ano	7172,29 kWh/ano	6031,89 kWh/ano	R\$ 2,11	R\$ 12.736,45	R\$ 120.557,29	8885 kWh/ano	R\$ 6.024,36
18	7810,26 kWh/ano	7136,43 kWh/ano	6001,74 kWh/ano	R\$ 2,23	R\$ 13.380,28	R\$ 133.937,57	8885 kWh/ano	R\$ 6.427,94
19	7810,26 kWh/ano	7100,75 kWh/ano	5971,73 kWh/ano	R\$ 2,35	R\$ 14.056,67	R\$ 147.994,24	8885 kWh/ano	R\$ 6.857,45
20	7810,26 kWh/ano	7065,24 kWh/ano	5941,87 kWh/ano	R\$ 2,49	R\$ 14.767,25	R\$ 162.761,48	8885 kWh/ano	R\$ 7.314,51
21	7810,26 kWh/ano	7029,92 kWh/ano	5912,16 kWh/ano	R\$ 2,62	R\$ 15.513,74	R\$ 178.275,23	8885 kWh/ano	R\$ 7.800,84
22	7810,26 kWh/ano	6994,77 kWh/ano	5882,60 kWh/ano	R\$ 2,77	R\$ 16.297,98	R\$ 194.573,20	8885 kWh/ano	R\$ 8.318,26
23	7810,26 kWh/ano	6959,79 kWh/ano	5853,18 kWh/ano	R\$ 2,93	R\$ 17.121,85	R\$ 211.695,05	8885 kWh/ano	R\$ 8.868,70
24	7810,26 kWh/ano	6924,99 kWh/ano	5823,92 kWh/ano	R\$ 3,09	R\$ 17.987,38	R\$ 229.682,43	8885 kWh/ano	R\$ 9.454,23
25	7810,26 kWh/ano	6890,37 kWh/ano	5794,80 kWh/ano	R\$ 3,26	R\$ 18.896,65	R\$ 248.579,08	8885 kWh/ano	R\$ 10.077,02

Fonte: Elaboração dos autores.

(*) Reajuste de 5,58% ao ano na tarifa (Base em estudo histórico da LIGHT)

(**) Depreciação do painel fotovoltaico em 0,5% ao ano (Base no acervo de dados da empresa TOTAL)

Já para o orçamento 2 tem-se um *payback* mais positivo, porque o seu período de pagamento do investimento inicial é menor do que o do orçamento 1. A partir do quinto ano após a instalação do sistema fotovoltaico, o retorno é garantido, além de um cash flow positivo de R\$ 2.332,04. Apesar da alta diferença de R\$ 10.696,08 no investimento inicial do orçamento 1 em relação ao orçamento 2, a diferença de *payback* entre eles é de apenas um ano. Isso se deve a menor quantidade de painéis instalados, apesar da eficiência menor para o segundo orçamento, o que gera uma quantidade de energia gerada menor. Com isso, o processo de retorno do investimento torna-se mais lento.

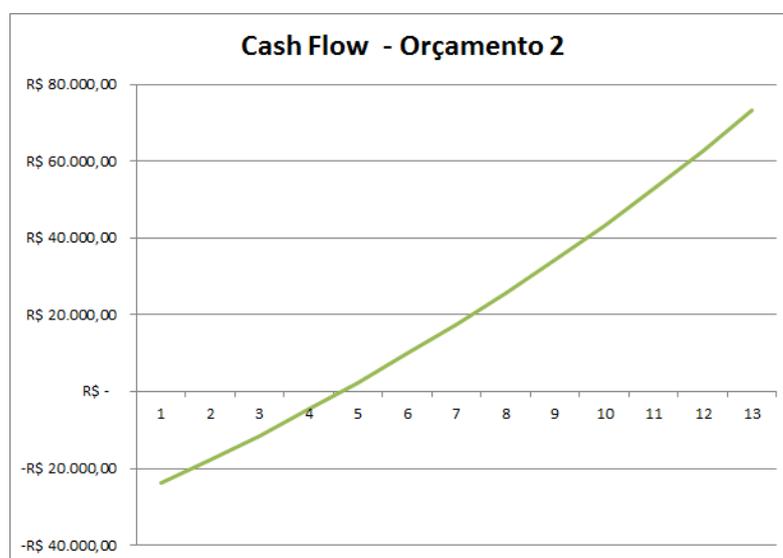


Figura 24. Comportamento do cash flow do Orçamento 2

Fonte: Elaboração dos autores.

Conforme a Figura 24, a interseção da curva (ou *break even point*) ocorre entre os anos 4 e 5, confirmando o intervalo do *payback* no primeiro semestre do

ano. A redução dos custos do orçamento 2 permitiu um retorno do investimento inicial de 73%.

Tabela 22. Payback para o orçamento 3.

Orçamento 3								
Ano	Geração Esperada	Geração com Depreciação (*)	Geração com Perdas (15,9%)	Tarifa Elétrica (kWh) (**)	Economia	Cash Flow	Consumo Anual Médio	Taxa Consumo Rede Elétrica (kWh)
1	8456,38 kWh/ano	8414,10 kWh/ano	7076,25 kWh/ano	R\$ 0,89	R\$ 6.264,61	-R\$ 31.649,76	8885 kWh/ano	R\$ 1.601,28
2	8456,38 kWh/ano	8372,03 kWh/ano	7040,87 kWh/ano	R\$ 0,93	R\$ 6.581,29	-R\$ 25.068,47	8885 kWh/ano	R\$ 1.723,75
3	8456,38 kWh/ano	8330,16 kWh/ano	7005,67 kWh/ano	R\$ 0,99	R\$ 6.913,98	-R\$ 18.154,50	8885 kWh/ano	R\$ 1.854,73
4	8456,38 kWh/ano	8288,51 kWh/ano	6970,64 kWh/ano	R\$ 1,04	R\$ 7.263,49	-R\$ 10.891,01	8885 kWh/ano	R\$ 1.994,78
5	8456,38 kWh/ano	8247,07 kWh/ano	6935,79 kWh/ano	R\$ 1,10	R\$ 7.630,66	-R\$ 3.260,35	8885 kWh/ano	R\$ 2.144,49
6	8456,38 kWh/ano	8205,84 kWh/ano	6901,11 kWh/ano	R\$ 1,16	R\$ 8.016,40	R\$ 4.756,05	8885 kWh/ano	R\$ 2.304,50
7	8456,38 kWh/ano	8164,81 kWh/ano	6866,60 kWh/ano	R\$ 1,23	R\$ 8.421,63	R\$ 13.177,68	8885 kWh/ano	R\$ 2.475,48
8	8456,38 kWh/ano	8123,98 kWh/ano	6832,27 kWh/ano	R\$ 1,29	R\$ 8.847,35	R\$ 22.025,04	8885 kWh/ano	R\$ 2.658,15
9	8456,38 kWh/ano	8083,36 kWh/ano	6798,11 kWh/ano	R\$ 1,37	R\$ 9.294,60	R\$ 31.319,63	8885 kWh/ano	R\$ 2.853,26
10	8456,38 kWh/ano	8042,95 kWh/ano	6764,12 kWh/ano	R\$ 1,44	R\$ 9.764,45	R\$ 41.084,08	8885 kWh/ano	R\$ 3.061,62
11	8456,38 kWh/ano	8002,73 kWh/ano	6730,30 kWh/ano	R\$ 1,52	R\$ 10.258,05	R\$ 51.342,12	8885 kWh/ano	R\$ 3.284,10
12	8456,38 kWh/ano	7962,72 kWh/ano	6696,64 kWh/ano	R\$ 1,61	R\$ 10.776,60	R\$ 62.118,72	8885 kWh/ano	R\$ 3.521,61
13	8456,38 kWh/ano	7922,90 kWh/ano	6663,16 kWh/ano	R\$ 1,70	R\$ 11.321,37	R\$ 73.440,09	8885 kWh/ano	R\$ 3.775,11
14	8456,38 kWh/ano	7883,29 kWh/ano	6629,85 kWh/ano	R\$ 1,79	R\$ 11.893,67	R\$ 85.333,76	8885 kWh/ano	R\$ 4.045,64
15	8456,38 kWh/ano	7843,87 kWh/ano	6596,70 kWh/ano	R\$ 1,89	R\$ 12.494,91	R\$ 97.828,66	8885 kWh/ano	R\$ 4.334,30
16	8456,38 kWh/ano	7804,65 kWh/ano	6563,71 kWh/ano	R\$ 2,00	R\$ 13.126,53	R\$ 110.955,20	8885 kWh/ano	R\$ 4.642,25
17	8456,38 kWh/ano	7765,63 kWh/ano	6530,89 kWh/ano	R\$ 2,11	R\$ 13.790,09	R\$ 124.745,29	8885 kWh/ano	R\$ 4.970,72
18	8456,38 kWh/ano	7726,80 kWh/ano	6498,24 kWh/ano	R\$ 2,23	R\$ 14.487,19	R\$ 139.232,48	8885 kWh/ano	R\$ 5.321,03
19	8456,38 kWh/ano	7688,17 kWh/ano	6465,75 kWh/ano	R\$ 2,35	R\$ 15.219,53	R\$ 154.452,01	8885 kWh/ano	R\$ 5.694,59
20	8456,38 kWh/ano	7649,73 kWh/ano	6433,42 kWh/ano	R\$ 2,49	R\$ 15.988,89	R\$ 170.440,90	8885 kWh/ano	R\$ 6.092,86
21	8456,38 kWh/ano	7611,48 kWh/ano	6401,25 kWh/ano	R\$ 2,62	R\$ 16.797,14	R\$ 187.238,05	8885 kWh/ano	R\$ 6.517,43
22	8456,38 kWh/ano	7573,42 kWh/ano	6369,25 kWh/ano	R\$ 2,77	R\$ 17.646,25	R\$ 204.884,30	8885 kWh/ano	R\$ 6.969,98
23	8456,38 kWh/ano	7535,55 kWh/ano	6337,40 kWh/ano	R\$ 2,93	R\$ 18.538,29	R\$ 223.422,59	8885 kWh/ano	R\$ 7.452,27
24	8456,38 kWh/ano	7497,88 kWh/ano	6305,71 kWh/ano	R\$ 3,09	R\$ 19.475,41	R\$ 242.898,00	8885 kWh/ano	R\$ 7.966,20
25	8456,38 kWh/ano	7460,39 kWh/ano	6274,18 kWh/ano	R\$ 3,26	R\$ 20.459,91	R\$ 263.357,91	8885 kWh/ano	R\$ 8.513,76

Fonte: Elaboração dos autores.

(*) Reajuste de 5,58% ao ano na tarifa (Base em estudo histórico da LIGHT);

(**) Depreciação do painel fotovoltaico em 0,5% ao ano (Base no acervo de dados da empresa TOTAL).

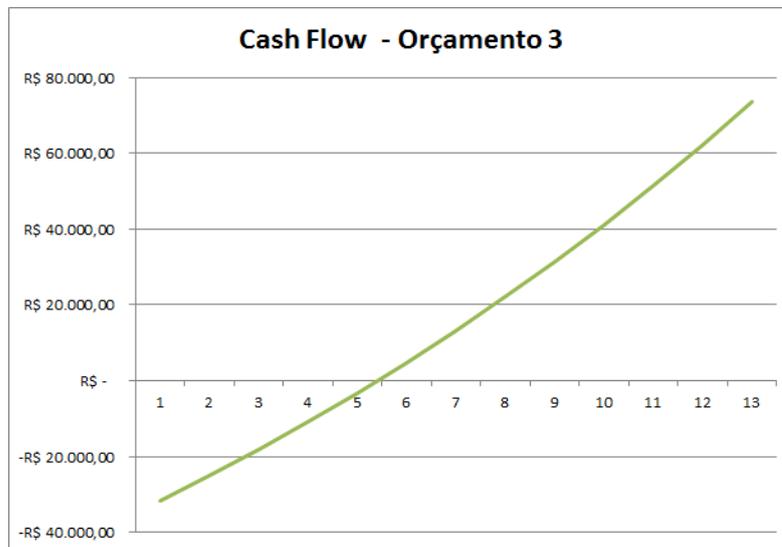


Figura 25. Comportamento do cash flow do Orçamento 3

Fonte: Elaboração dos autores.

O tempo de retorno do investimento para o caso do orçamento 3 é de aproximadamente 6 anos. Este se assemelha ao resultado do orçamento 1. Este orçamento apresenta um *payback* entre o 5º. e 6º. anos, gerando uma economia no sexto ano de R\$ 4.756,05. Esse projeto rendeu uma economia de aproximadamente 79% até o ano em que se obteve o retorno.

4.1.2 AMORTIZAÇÃO

A Amortização de um empréstimo é um processo que extingue dívidas através de pagamentos periódicos, onde os juros serão sempre calculados sobre o saldo devedor. Para os três orçamentos, o pagamento do investimento inicial realizado será através do montante que se economizará anualmente com a implantação da energia fotovoltaica na residência escolhida.

Os principais sistemas de amortização são (INFOESCOLA, 2016):

- a. Pagamento Único;

- b. Pagamento Variável;
- c. Sistema Americano;
- d. Sistema de Amortização Constante (SAC);
- e. PRICE.

Usou-se neste trabalho o sistema SAC, que se caracteriza por amortizar a dívida através de um percentual fixo desde o início até o final do financiamento. O percentual é aplicado sobre o valor principal e as parcelas de amortização da dívida apresentam valores decrescentes ao longo do pagamento (BRASIL ESCOLA, 2017).

Para cada orçamento serão utilizadas as mesmas premissas utilizadas no cálculo do payback mencionadas na seção 3.1. O estudo será desenvolvido a partir da taxa básica de juros (Selic) e da taxa de juros de mercado (do Banco do Brasil (BB); pessoa física – material de construção) referentes ao mês de abril de 2017. Serão as taxas de juros anuais para cada investimento inicial proposto. Os valores das taxas de juros serão de 11,25%a.a. (SELIC) (BNDES,2017) e 56,44%a.a. (BB) (BANCO DO BRASIL,2017(b)) conforme indicados para cada orçamento, vide a Tabela 23.

Tabela 23. Valores da taxa Selic e da taxa do BB ao ano, abril/2017

Taxas Orçamento 1,2 e 3	
Banco do Brasil	56,44%
Selic	11,25%

Fonte: Adaptado do Banco Central do Brasil e Banco do Brasil, 2017.

As duas taxas de juros escolhidas representam dois cenários de comparação. Um cenário ideal e inexistente atualmente, no qual o governo brasileiro aplicaria uma taxa básica de juros no financiamento, por exemplo a Selic, para fins de instalação, obras e materiais; e um cenário real, onde não existem estímulos para esse financiamento, dadas as taxas de juros restritivas aplicadas pelos bancos para empréstimos de materiais de construção.

Os resultados usando as taxas Selic e de mercado serão aplicadas ao valor inicial do projeto e mostraram o comportamento do *cash-flow* ao longo dos anos.

As Tabelas 25,27 e 29 detalham os cálculos referentes a dívida amortizada para cada orçamento. As Tabelas 24 e 25 referem-se ao orçamento 1 usando as duas taxas de juros para o financiamento, as Tabelas 26 e 27 são relativas ao orçamento 2 e as Tabelas 28 e 29 englobam os resultados do orçamento 3.

Tabela 24. Investimento inicial do Orçamento 1

Orçamento 1	Investimento Inicial
Instalação Ano 0	R\$ 40.370,29

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 25. Dívida do Orçamento 1 amortizada

Orçamento 1										
Ano	Geração com Depreciação (*)	Geração com Perdas (15,9%)	Tarifa Elétrica (kWh) (**)	Remuneração	Cash Flow Selic	Amortização Taxa Selic (11,25%)	Total Pagamento	Cash Flow Mercado	Amortização Taxa do Mercado (56,44%)	Total Pagamento
1	8633,77 kWh/ano	7261,00 kWh/ano	R\$ 0,89	R\$ 6.428,16	-R\$ 38.483,78	R\$ 4.541,66	R\$ 1.886,51	-R\$ 56.727,12	R\$ 22.784,99	-R\$ 16.356,83
2	8590,60 kWh/ano	7224,70 kWh/ano	R\$ 0,93	R\$ 6.753,11	-R\$ 36.060,10	R\$ 4.329,43	R\$ 2.423,69	-R\$ 81.990,79	R\$ 32.016,79	-R\$ 25.263,67
3	8547,65 kWh/ano	7188,57 kWh/ano	R\$ 0,99	R\$ 7.094,49	-R\$ 33.022,37	R\$ 4.056,76	R\$ 3.037,73	-R\$ 121.171,90	R\$ 46.275,60	-R\$ 39.181,11
4	8504,91 kWh/ano	7152,63 kWh/ano	R\$ 1,04	R\$ 7.453,12	-R\$ 29.284,26	R\$ 3.715,02	R\$ 3.738,11	-R\$ 182.108,20	R\$ 68.389,42	-R\$ 60.936,30
5	8462,39 kWh/ano	7116,87 kWh/ano	R\$ 1,10	R\$ 7.829,88	-R\$ 24.748,86	R\$ 3.294,48	R\$ 4.535,40	-R\$ 277.060,18	R\$ 102.781,87	-R\$ 94.951,98
6	8420,07 kWh/ano	7081,28 kWh/ano	R\$ 1,16	R\$ 8.225,69	-R\$ 19.307,41	R\$ 2.784,25	R\$ 5.441,44	-R\$ 425.207,26	R\$ 156.372,77	-R\$ 148.147,08
7	8377,97 kWh/ano	7045,88 kWh/ano	R\$ 1,23	R\$ 8.641,51	-R\$ 12.837,99	R\$ 2.172,08	R\$ 6.469,42	-R\$ 656.552,73	R\$ 239.986,98	-R\$ 231.345,47
8	8336,08 kWh/ano	7010,65 kWh/ano	R\$ 1,29	R\$ 9.078,34	-R\$ 5.203,92	R\$ 1.444,27	R\$ 7.634,07	-R\$ 1.018.032,76	R\$ 370.558,36	-R\$ 361.480,02
9	8294,40 kWh/ano	6975,59 kWh/ano	R\$ 1,37	R\$ 9.537,26	R\$ 3.747,89	R\$ 585,44	R\$ 8.951,82	-R\$ 1.583.073,19	R\$ 574.577,69	-R\$ 565.040,43
10	8252,93 kWh/ano	6940,72 kWh/ano	R\$ 1,44	R\$ 10.019,38	R\$ 13.345,63	R\$ 421,64	R\$ 9.597,74	-R\$ 2.466.540,31	R\$ 893.486,51	-R\$ 883.467,13
11	8211,67 kWh/ano	6906,01 kWh/ano	R\$ 1,52	R\$ 10.525,86	R\$ 22.370,11	R\$ 1.501,38	R\$ 9.024,48	-R\$ 3.848.129,80	R\$ 1.392.115,35	-R\$ 1.381.589,49
12	8170,61 kWh/ano	6871,48 kWh/ano	R\$ 1,61	R\$ 11.057,96	R\$ 30.911,43	R\$ 2.516,64	R\$ 8.541,32	-R\$ 6.008.956,31	R\$ 2.171.884,46	-R\$ 2.160.826,51
13	8129,76 kWh/ano	6837,12 kWh/ano	R\$ 1,70	R\$ 11.616,94	R\$ 39.050,84	R\$ 3.477,54	R\$ 8.139,41	-R\$ 9.388.794,31	R\$ 3.391.454,94	-R\$ 3.379.838,00
14	8089,11 kWh/ano	6802,94 kWh/ano	R\$ 1,79	R\$ 12.204,19	R\$ 46.861,81	R\$ 4.393,22	R\$ 7.810,97	-R\$ 14.675.625,62	R\$ 5.299.035,51	-R\$ 5.286.831,32
15	8048,66 kWh/ano	6768,92 kWh/ano	R\$ 1,89	R\$ 12.821,12	R\$ 54.410,98	R\$ 5.271,95	R\$ 7.549,17	-R\$ 22.945.727,60	R\$ 8.282.923,10	-R\$ 8.270.101,98
16	8008,42 kWh/ano	6735,08 kWh/ano	R\$ 2,00	R\$ 13.469,24	R\$ 61.758,99	R\$ 6.121,24	R\$ 7.348,01	-R\$ 35.882.827,02	R\$ 12.950.568,66	-R\$ 12.937.099,42
17	7968,38 kWh/ano	6701,40 kWh/ano	R\$ 2,11	R\$ 14.150,12	R\$ 68.961,22	R\$ 6.947,89	R\$ 7.202,24	-R\$ 56.120.944,46	R\$ 20.252.267,57	-R\$ 20.238.117,45
18	7928,53 kWh/ano	6667,90 kWh/ano	R\$ 2,23	R\$ 14.865,42	R\$ 76.068,51	R\$ 7.758,14	R\$ 7.107,29	-R\$ 87.780.740,09	R\$ 31.674.661,05	-R\$ 31.659.795,63
19	7888,89 kWh/ano	6634,56 kWh/ano	R\$ 2,35	R\$ 15.616,88	R\$ 83.127,69	R\$ 8.557,71	R\$ 7.059,18	-R\$ 137.308.572,92	R\$ 49.543.449,71	-R\$ 49.527.832,82
20	7849,45 kWh/ano	6601,38 kWh/ano	R\$ 2,49	R\$ 16.406,33	R\$ 90.182,15	R\$ 9.351,86	R\$ 7.054,47	-R\$ 214.789.125,14	R\$ 77.496.958,55	-R\$ 77.480.552,22
21	7810,20 kWh/ano	6568,38 kWh/ano	R\$ 2,62	R\$ 17.235,68	R\$ 97.272,35	R\$ 10.145,49	R\$ 7.090,19	-R\$ 335.998.871,69	R\$ 121.226.982,23	-R\$ 121.209.746,54
22	7771,15 kWh/ano	6535,54 kWh/ano	R\$ 2,77	R\$ 18.106,96	R\$ 104.436,17	R\$ 10.943,14	R\$ 7.163,82	-R\$ 525.618.527,90	R\$ 189.637.763,18	-R\$ 189.619.656,22
23	7732,29 kWh/ano	6502,86 kWh/ano	R\$ 2,93	R\$ 19.022,29	R\$ 111.709,39	R\$ 11.749,07	R\$ 7.273,22	-R\$ 822.258.602,76	R\$ 296.659.097,15	-R\$ 296.640.074,86
24	7693,63 kWh/ano	6470,34 kWh/ano	R\$ 3,09	R\$ 19.983,88	R\$ 119.125,96	R\$ 12.567,31	R\$ 7.416,57	-R\$ 1.286.321.374,29	R\$ 464.082.755,40	-R\$ 464.062.771,52
25	7655,16 kWh/ano	6437,99 kWh/ano	R\$ 3,26	R\$ 20.994,08	R\$ 126.718,37	R\$ 13.401,67	R\$ 7.592,41	-R\$ 2.012.300.163,85	R\$ 725.999.783,65	-R\$ 725.978.789,57

Fonte: Elaboração dos autores.

(*) Reajuste de 5,58% ao ano na tarifa (Base em estudo histórico da LIGHT);

(**) Depreciação do painel fotovoltaico em 0,5% ao ano (Base no acervo de dados da empresa TOTAL).

Tabela 26. Investimento inicial do orçamento 2

Orçamento 2	Investimento Inicial
Instalação Ano 1	R\$ 29.674,21

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 27. Dívida do Orçamento 2 amortizada

Ano	Geração com Depreciação	Geração com Perdas (18%)	Tarifa Elétrica (kWh) (*)	Remuneração	Cash Flow Selic	Orçamento 2		Total Pagamento	Cash Flow Mercado	Amortização Taxa do Mercado (56,44%)	Total Pagamento
						Amortização Taxa Selic (11,25%)					
1	7771,21 kWh/ano	6535,59 kWh/ano	R\$ 0,89	R\$ 5.785,95	-R\$ 27.226,60	R\$ 3.338,35	R\$ 2.447,61	-R\$ 40.636,38	R\$ 16.748,12	-R\$ 10.962,17	
2	7732,35 kWh/ano	6502,91 kWh/ano	R\$ 0,93	R\$ 6.078,44	-R\$ 24.211,16	R\$ 3.062,99	R\$ 3.015,45	-R\$ 57.493,11	R\$ 22.935,17	-R\$ 16.856,73	
3	7693,69 kWh/ano	6470,39 kWh/ano	R\$ 0,99	R\$ 6.385,71	-R\$ 20.549,20	R\$ 2.723,76	R\$ 3.661,95	-R\$ 83.556,52	R\$ 32.449,11	-R\$ 26.063,40	
4	7655,22 kWh/ano	6438,04 kWh/ano	R\$ 1,04	R\$ 6.708,51	-R\$ 16.152,48	R\$ 2.311,79	R\$ 4.396,73	-R\$ 124.007,30	R\$ 47.159,30	-R\$ 40.450,79	
5	7616,95 kWh/ano	6405,85 kWh/ano	R\$ 1,10	R\$ 7.047,63	-R\$ 10.922,00	R\$ 1.811,15	R\$ 5.230,48	-R\$ 186.949,39	R\$ 69.989,72	-R\$ 62.942,09	
6	7578,86 kWh/ano	6373,82 kWh/ano	R\$ 1,16	R\$ 7.403,90	-R\$ 4.746,82	R\$ 1.228,72	R\$ 6.175,17	-R\$ 285.059,73	R\$ 105.514,24	-R\$ 98.110,34	
7	7540,97 kWh/ano	6341,95 kWh/ano	R\$ 1,23	R\$ 7.778,17	R\$ 2.497,33	R\$ 534,02	R\$ 7.244,15	-R\$ 438.169,27	R\$ 160.887,71	-R\$ 153.109,54	
8	7503,26 kWh/ano	6310,24 kWh/ano	R\$ 1,29	R\$ 8.171,36	R\$ 10.387,74	R\$ 280,95	R\$ 7.890,41	-R\$ 677.300,64	R\$ 247.302,74	-R\$ 239.131,37	
9	7465,75 kWh/ano	6278,69 kWh/ano	R\$ 1,37	R\$ 8.584,43	R\$ 17.803,56	R\$ 1.168,62	R\$ 7.415,81	-R\$ 1.050.984,69	R\$ 382.268,48	-R\$ 373.684,05	
10	7428,42 kWh/ano	6247,30 kWh/ano	R\$ 1,44	R\$ 9.018,38	R\$ 24.819,04	R\$ 2.002,90	R\$ 7.015,48	-R\$ 1.635.142,07	R\$ 593.175,76	-R\$ 584.157,38	
11	7391,27 kWh/ano	6216,06 kWh/ano	R\$ 1,52	R\$ 9.474,27	R\$ 31.501,17	R\$ 2.792,14	R\$ 6.682,13	-R\$ 2.548.541,98	R\$ 922.874,18	-R\$ 913.399,91	
12	7354,32 kWh/ano	6184,98 kWh/ano	R\$ 1,61	R\$ 9.953,20	R\$ 37.910,49	R\$ 3.543,88	R\$ 6.409,32	-R\$ 3.976.985,87	R\$ 1.438.397,09	-R\$ 1.428.443,89	
13	7317,55 kWh/ano	6154,06 kWh/ano	R\$ 1,70	R\$ 10.456,35	R\$ 44.101,91	R\$ 4.264,93	R\$ 6.191,42	-R\$ 6.211.140,35	R\$ 2.244.610,82	-R\$ 2.234.154,48	
14	7280,96 kWh/ano	6123,29 kWh/ano	R\$ 1,79	R\$ 10.984,92	R\$ 50.125,36	R\$ 4.961,46	R\$ 6.023,46	-R\$ 9.705.723,04	R\$ 3.505.567,61	-R\$ 3.494.582,69	
15	7244,55 kWh/ano	6092,67 kWh/ano	R\$ 1,89	R\$ 11.540,22	R\$ 56.026,48	R\$ 5.639,10	R\$ 5.901,12	-R\$ 15.172.092,90	R\$ 5.477.910,08	-R\$ 5.466.369,86	
16	7208,33 kWh/ano	6062,21 kWh/ano	R\$ 2,00	R\$ 12.123,59	R\$ 61.847,09	R\$ 6.302,98	R\$ 5.820,61	-R\$ 23.723.098,55	R\$ 8.563.129,23	-R\$ 8.551.005,64	
17	7172,29 kWh/ano	6031,89 kWh/ano	R\$ 2,11	R\$ 12.736,45	R\$ 67.625,74	R\$ 6.957,80	R\$ 5.778,65	-R\$ 37.099.678,92	R\$ 13.389.316,82	-R\$ 13.376.580,37	
18	7136,43 kWh/ano	6001,74 kWh/ano	R\$ 2,23	R\$ 13.380,28	R\$ 73.398,13	R\$ 7.607,90	R\$ 5.772,39	-R\$ 58.025.357,42	R\$ 20.939.058,78	-R\$ 20.925.678,50	
19	7100,75 kWh/ano	5971,73 kWh/ano	R\$ 2,35	R\$ 14.056,67	R\$ 79.197,51	R\$ 8.257,29	R\$ 5.799,38	-R\$ 90.760.812,47	R\$ 32.749.511,73	-R\$ 32.735.455,06	
20	7065,24 kWh/ano	5941,87 kWh/ano	R\$ 2,49	R\$ 14.767,25	R\$ 85.055,03	R\$ 8.909,72	R\$ 5.857,53	-R\$ 141.971.447,79	R\$ 51.225.402,56	-R\$ 51.210.635,31	
21	7029,92 kWh/ano	5912,16 kWh/ano	R\$ 2,62	R\$ 15.513,74	R\$ 91.000,08	R\$ 9.568,69	R\$ 5.945,05	-R\$ 222.084.619,18	R\$ 80.128.685,13	-R\$ 80.113.171,39	
22	6994,77 kWh/ano	5882,60 kWh/ano	R\$ 2,77	R\$ 16.297,98	R\$ 97.060,55	R\$ 10.237,51	R\$ 6.060,47	-R\$ 347.412.880,27	R\$ 125.344.559,06	-R\$ 125.328.261,09	
23	6959,79 kWh/ano	5853,18 kWh/ano	R\$ 2,93	R\$ 17.121,85	R\$ 103.263,09	R\$ 10.919,31	R\$ 6.202,54	-R\$ 543.475.588,04	R\$ 196.079.823,62	-R\$ 196.062.707,77	
24	6924,99 kWh/ano	5823,92 kWh/ano	R\$ 3,09	R\$ 17.987,38	R\$ 109.633,37	R\$ 11.611,10	R\$ 6.370,28	-R\$ 850.195.222,55	R\$ 306.737.621,89	-R\$ 306.719.634,51	
25	6890,37 kWh/ano	5794,80 kWh/ano	R\$ 3,26	R\$ 18.896,65	R\$ 116.196,27	R\$ 12.333,75	R\$ 6.562,90	-R\$ 1.330.026.509,50	R\$ 479.850.183,61	-R\$ 479.831.286,95	

Fonte: Elaboração dos autores.

(*) Reajuste de 5,58% ao ano na tarifa (Base em estudo histórico da LIGHT);

(**) Depreciação do painel fotovoltaico em 0,5% ao ano (Base no acervo de dados da empresa TOTAL).

Tabela 28. Investimento inicial do orçamento 3

Orçamento 3	Investimento Inicial
Instalação Ano 1	R\$ 37.914,37

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 29. Dívida do Orçamento 3 amortizada

Orçamento 3										
Ano	Geração com Depreciação	Geração com Perdas (18%)	Tarifa Elétrica (kWh) (*)	Remuneração	Cash Flow Selic	Amortização Taxa Selic (11,25%)	Total Pagamento	Cash Flow Mercado	Amortização Taxa do Mercado (56,44%)	Total Pagamento
1	8414,10 kWh/ano	7076,25 kWh/ano	R\$ 0,89	R\$ 6.264,61	-R\$ 35.915,13	R\$ 4.265,37	R\$ 1.999,24	-R\$ 53.048,63	R\$ 21.398,87	-R\$ 15.134,26
2	8372,03 kWh/ano	7040,87 kWh/ano	R\$ 0,93	R\$ 6.581,29	-R\$ 33.374,29	R\$ 4.040,45	R\$ 2.540,84	-R\$ 76.407,99	R\$ 29.940,65	-R\$ 23.359,36
3	8330,16 kWh/ano	7005,67 kWh/ano	R\$ 0,99	R\$ 6.913,98	-R\$ 30.214,92	R\$ 3.754,61	R\$ 3.159,37	-R\$ 112.618,68	R\$ 43.124,67	-R\$ 36.210,69
4	8288,51 kWh/ano	6970,64 kWh/ano	R\$ 1,04	R\$ 7.263,49	-R\$ 26.350,61	R\$ 3.399,18	R\$ 3.864,31	-R\$ 168.917,18	R\$ 63.561,99	-R\$ 56.298,50
5	8247,07 kWh/ano	6935,79 kWh/ano	R\$ 1,10	R\$ 7.630,66	-R\$ 21.684,40	R\$ 2.964,44	R\$ 4.666,22	-R\$ 256.623,38	R\$ 95.336,86	-R\$ 87.706,20
6	8205,84 kWh/ano	6901,11 kWh/ano	R\$ 1,16	R\$ 8.016,40	-R\$ 16.107,49	R\$ 2.439,49	R\$ 5.576,90	-R\$ 393.445,22	R\$ 144.838,24	-R\$ 136.821,84
7	8164,81 kWh/ano	6866,60 kWh/ano	R\$ 1,23	R\$ 8.421,63	-R\$ 9.497,95	R\$ 1.812,09	R\$ 6.609,54	-R\$ 607.084,07	R\$ 222.060,48	-R\$ 213.638,85
8	8123,98 kWh/ano	6832,27 kWh/ano	R\$ 1,29	R\$ 8.847,35	-R\$ 1.719,12	R\$ 1.068,52	R\$ 7.778,83	-R\$ 940.874,97	R\$ 342.638,25	-R\$ 333.790,90
9	8083,36 kWh/ano	6798,11 kWh/ano	R\$ 1,37	R\$ 9.294,60	R\$ 7.382,08	R\$ 193,40	R\$ 9.101,19	-R\$ 1.462.610,20	R\$ 531.029,83	-R\$ 521.735,24
10	8042,95 kWh/ano	6764,12 kWh/ano	R\$ 1,44	R\$ 9.764,45	R\$ 16.316,04	R\$ 830,48	R\$ 8.933,96	-R\$ 2.278.342,96	R\$ 825.497,20	-R\$ 815.732,75
11	8002,73 kWh/ano	6730,30 kWh/ano	R\$ 1,52	R\$ 10.258,05	R\$ 24.738,53	R\$ 1.835,55	R\$ 8.422,49	-R\$ 3.553.981,67	R\$ 1.285.896,76	-R\$ 1.275.638,72
12	7962,72 kWh/ano	6696,64 kWh/ano	R\$ 1,61	R\$ 10.776,60	R\$ 32.732,04	R\$ 2.783,08	R\$ 7.993,51	-R\$ 5.549.072,33	R\$ 2.005.867,26	-R\$ 1.995.090,66
13	7922,90 kWh/ano	6663,16 kWh/ano	R\$ 1,70	R\$ 11.321,37	R\$ 40.371,05	R\$ 3.682,35	R\$ 7.639,01	-R\$ 8.669.647,39	R\$ 3.131.896,42	-R\$ 3.120.575,06
14	7883,29 kWh/ano	6629,85 kWh/ano	R\$ 1,79	R\$ 11.893,67	R\$ 47.722,98	R\$ 4.541,74	R\$ 7.351,93	-R\$ 13.550.902,71	R\$ 4.893.148,99	-R\$ 4.881.255,32
15	7843,87 kWh/ano	6596,70 kWh/ano	R\$ 1,89	R\$ 12.494,91	R\$ 54.849,05	R\$ 5.368,84	R\$ 7.126,07	-R\$ 21.186.537,29	R\$ 7.648.129,49	-R\$ 7.635.634,58
16	7804,65 kWh/ano	6563,71 kWh/ano	R\$ 2,00	R\$ 13.126,53	R\$ 61.805,07	R\$ 6.170,52	R\$ 6.956,02	-R\$ 33.131.092,41	R\$ 11.957.681,65	-R\$ 11.944.555,11
17	7765,63 kWh/ano	6530,89 kWh/ano	R\$ 2,11	R\$ 13.790,09	R\$ 68.642,09	R\$ 6.953,07	R\$ 6.837,02	-R\$ 51.816.490,87	R\$ 18.699.188,55	-R\$ 18.685.398,46
18	7726,80 kWh/ano	6498,24 kWh/ano	R\$ 2,23	R\$ 14.487,19	R\$ 75.407,04	R\$ 7.722,23	R\$ 6.764,96	-R\$ 81.047.231,13	R\$ 29.245.227,45	-R\$ 29.230.740,26
19	7688,17 kWh/ano	6465,75 kWh/ano	R\$ 2,35	R\$ 15.219,53	R\$ 82.143,28	R\$ 8.483,29	R\$ 6.736,24	-R\$ 126.775.068,85	R\$ 45.743.057,25	-R\$ 45.727.837,72
20	7649,73 kWh/ano	6433,42 kWh/ano	R\$ 2,49	R\$ 15.988,89	R\$ 88.891,06	R\$ 9.241,12	R\$ 6.747,77	-R\$ 198.310.928,81	R\$ 71.551.848,86	-R\$ 71.535.859,96
21	7611,48 kWh/ano	6401,25 kWh/ano	R\$ 2,62	R\$ 16.797,14	R\$ 95.887,96	R\$ 10.004,24	R\$ 6.796,90	-R\$ 310.220.819,89	R\$ 111.926.688,22	-R\$ 111.909.891,08
22	7573,42 kWh/ano	6369,25 kWh/ano	R\$ 2,77	R\$ 17.646,25	R\$ 102.569,31	R\$ 10.764,89	R\$ 6.881,36	-R\$ 485.291.804,38	R\$ 175.088.630,74	-R\$ 175.070.984,49
23	7535,55 kWh/ano	6337,40 kWh/ano	R\$ 2,93	R\$ 18.538,29	R\$ 109.568,55	R\$ 11.539,05	R\$ 6.999,24	-R\$ 759.171.960,48	R\$ 273.898.694,39	-R\$ 273.880.156,10
24	7497,88 kWh/ano	6305,71 kWh/ano	R\$ 3,09	R\$ 19.475,41	R\$ 116.717,50	R\$ 12.326,46	R\$ 7.148,95	-R\$ 1.187.629.139,57	R\$ 428.476.654,50	-R\$ 428.457.179,08
25	7460,39 kWh/ano	6274,18 kWh/ano	R\$ 3,26	R\$ 20.459,91	R\$ 124.046,70	R\$ 13.130,72	R\$ 7.329,19	-R\$ 1.857.906.566,03	R\$ 670.297.886,37	-R\$ 670.277.426,46

Fonte: Elaboração dos autores.

(*) Reajuste de 5,58% ao ano na tarifa (Base em estudo histórico da LIGHT);

(**) Depreciação do painel fotovoltaico em 0,5% ao ano (Base no acervo de dados da empresa TOTAL).

Em todos os três orçamentos 1, 2 e 3, a taxa de juros de mercado proporciona uma dívida acumulada na ordem de R\$ 2.012.300.163,85, R\$ 1.330.026.509,50 e R\$ 1.857.906.566,03, respectivamente, ao final de 25 anos.

Os 25 anos equivalem ao tempo de garantia oferecidos pelas empresas para a instalação e os equipamentos. A partir destes valores percebe-se total impossibilidade de pagamento do projeto a partir do valor que se economiza anualmente. Isso demonstra que os projetos a partir dos três orçamentos são inviáveis com a taxa concedida atualmente pelo mercado, leia-se taxa de juros do BB. Em contrapartida, através de um pagamento amortizado pela taxa básica de juros (Selic), o projeto se tornaria viável para os três orçamentos.

A partir dos resultados até aqui apresentados, pode-se afirmar que se o Brasil apresentasse estímulos para investimentos em energia fotovoltaica em residências, a partir de uma taxa de juros semelhante a Selic de 11,25%a.a., os orçamentos 1, 2 e 3 seriam pagos em oito, seis e oito anos, respectivamente. Ou seja, atualmente é impraticável a obtenção de empréstimos para a instalação de

placas fotovoltaicas, devido as altas taxas de financiamento disponibilizadas pelos bancos brasileiros (públicos e privados).

4.1.3 VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)

Um dos métodos mais conhecidos e utilizados para a análise da viabilidade de projetos de investimento é o Valor Presente Líquido (VPL). Sua análise é fundamental para verificar a rentabilidade de um investimento mais próxima da realidade.

“O cálculo do VPL é, onde os fluxos de caixa do projeto são descontados a uma determinada taxa de juros e trazidos ao valor presente. Quando as receitas do projeto superam o investimento somado às despesas, a viabilidade econômica do projeto é indicada pelo VPL maior do que zero. O método do valor presente caracteriza-se por transferir todos os eventos financeiros que compõe o fluxo de caixa da alternativa sob análise para a data zero de seu fluxo de caixa, que é chamado de Valor Presente Líquido (VPL)” (MANSILHA et al, 2015).

Utilizando-se a fórmula do VPL, seção 3.1, os cálculos serão realizados para dois cenários diferentes visando avaliar o custo de oportunidade do uso do dinheiro, ou seja, onde estará sendo melhor aplicado:

- a. Títulos públicos;
- b. Instalação de placas fotovoltaicas.

A comparação é realizada para se avaliar a melhor aplicabilidade do dinheiro da família em questão: se o investimento em placas fotovoltaicas gerará um retorno próximo ao do investimento em um título público.

Como mencionado na seção 3.1, optou-se por investimentos em títulos públicos por apresentar melhor remuneração que a caderneta de poupança e estar associado ao governo federal, o que garante uma remuneração no período e baixos riscos de default. A escolha da taxa de juros básica de 11,25%a.a. refere-se à remuneração dos títulos públicos brasileiros (TESOURO NACIONAL, 2017).

Como o período de análise equivale a 25 anos, considerado de longo prazo, a assertividade da previsão da inflação é muito baixa. Dado isso, optou-se em não se considerar nos custos relacionados à taxa de inflação, pois está implícita no valor da tarifa da energia elétrica, que é reajustada anualmente (cálculo da projeção obtido na seção 4.1 através do histórico dos últimos 10 anos). Como a taxa de inflação incide nos dois casos – aplicação em títulos públicos ou em placas fotovoltaicas, ela não se torna determinante na análise em questão.

As Tabelas 30, 34 e 38 referem-se aos cálculos do VPL do projeto de instalação de placas fotovoltaicas para cada orçamento 1, 2 e 3. As Tabelas 31, 35 e 39 detalham o comportamento do investimento e do VPL do projeto.

Tabela 30. Cálculo VPL detalhado do orçamento 1

Orçamento 1									
Placas Fotovoltaicas									
Ano	Taxa	Geração com Depreciação (*)	Geração com Perdas (15,9%)	Tarifa Elétrica (kWh) (**)	Economia	Cash Flow	Economia (Taxa:11,25%a.a.)	Cash Flow Valor Presente (Taxa:11,25%a.a.)	
1	1,1125	8633,77 kWh/ano	7261,00 kWh/ano	R\$ 0,89	R\$ 6.428,16	-R\$ 33.942,13	R\$ 5.778,13	-R\$ 34.592,16	
2	1,23765625	8590,60 kWh/ano	7224,70 kWh/ano	R\$ 0,93	R\$ 6.753,11	-R\$ 27.189,01	R\$ 5.456,37	-R\$ 29.135,79	
3	1,376892578	8547,65 kWh/ano	7188,57 kWh/ano	R\$ 0,99	R\$ 7.094,49	-R\$ 20.094,52	R\$ 5.152,54	-R\$ 23.983,26	
4	1,531792993	8504,91 kWh/ano	7152,63 kWh/ano	R\$ 1,04	R\$ 7.453,12	-R\$ 12.641,40	R\$ 4.865,62	-R\$ 19.117,64	
5	1,704119705	8462,39 kWh/ano	7116,87 kWh/ano	R\$ 1,10	R\$ 7.829,88	-R\$ 4.811,52	R\$ 4.594,68	-R\$ 14.522,96	
6	1,895833172	8420,07 kWh/ano	7081,28 kWh/ano	R\$ 1,16	R\$ 8.225,69	R\$ 3.414,17	R\$ 4.338,83	-R\$ 10.184,13	
7	2,109114404	8377,97 kWh/ano	7045,88 kWh/ano	R\$ 1,23	R\$ 8.641,51	R\$ 12.055,68	R\$ 4.097,22	-R\$ 6.086,91	
8	2,346389774	8336,08 kWh/ano	7010,65 kWh/ano	R\$ 1,29	R\$ 9.078,34	R\$ 21.134,02	R\$ 3.869,07	-R\$ 2.217,84	
9	2,610358623	8294,40 kWh/ano	6975,59 kWh/ano	R\$ 1,37	R\$ 9.537,26	R\$ 30.671,28	R\$ 3.653,62	R\$ 1.435,78	
10	2,904023969	8252,93 kWh/ano	6940,72 kWh/ano	R\$ 1,44	R\$ 10.019,38	R\$ 40.690,66	R\$ 3.450,17	R\$ 4.885,95	
11	3,230726665	8211,67 kWh/ano	6906,01 kWh/ano	R\$ 1,52	R\$ 10.525,86	R\$ 51.216,52	R\$ 3.258,05	R\$ 8.144,00	
12	3,594183415	8170,61 kWh/ano	6871,48 kWh/ano	R\$ 1,61	R\$ 11.057,96	R\$ 62.274,48	R\$ 3.076,63	R\$ 11.220,62	
13	3,998529049	8129,76 kWh/ano	6837,12 kWh/ano	R\$ 1,70	R\$ 11.616,94	R\$ 73.891,42	R\$ 2.905,30	R\$ 14.125,93	
14	4,448363567	8089,11 kWh/ano	6802,94 kWh/ano	R\$ 1,79	R\$ 12.204,19	R\$ 86.095,61	R\$ 2.743,52	R\$ 16.869,45	
15	4,948804468	8048,66 kWh/ano	6768,92 kWh/ano	R\$ 1,89	R\$ 12.821,12	R\$ 98.916,73	R\$ 2.590,75	R\$ 19.460,20	
16	5,505544971	8008,42 kWh/ano	6735,08 kWh/ano	R\$ 2,00	R\$ 13.469,24	R\$ 112.385,98	R\$ 2.446,49	R\$ 21.906,69	
17	6,12491878	7968,38 kWh/ano	6701,40 kWh/ano	R\$ 2,11	R\$ 14.150,12	R\$ 126.536,10	R\$ 2.310,25	R\$ 24.216,94	
18	6,813972143	7928,53 kWh/ano	6667,90 kWh/ano	R\$ 2,23	R\$ 14.865,42	R\$ 141.401,52	R\$ 2.181,61	R\$ 26.398,55	
19	7,580544009	7888,89 kWh/ano	6634,56 kWh/ano	R\$ 2,35	R\$ 15.616,88	R\$ 157.018,41	R\$ 2.060,13	R\$ 28.458,68	
20	8,43335521	7849,45 kWh/ano	6601,38 kWh/ano	R\$ 2,49	R\$ 16.406,33	R\$ 173.424,74	R\$ 1.945,41	R\$ 30.404,09	
21	9,382107671	7810,20 kWh/ano	6568,38 kWh/ano	R\$ 2,62	R\$ 17.235,68	R\$ 190.660,42	R\$ 1.837,08	R\$ 32.241,17	
22	10,43759478	7771,15 kWh/ano	6535,54 kWh/ano	R\$ 2,77	R\$ 18.106,96	R\$ 208.767,39	R\$ 1.734,78	R\$ 33.975,95	
23	11,6118242	7732,29 kWh/ano	6502,86 kWh/ano	R\$ 2,93	R\$ 19.022,29	R\$ 227.789,67	R\$ 1.638,18	R\$ 35.614,13	
24	12,91815442	7693,63 kWh/ano	6470,34 kWh/ano	R\$ 3,09	R\$ 19.983,88	R\$ 247.773,55	R\$ 1.546,96	R\$ 37.161,10	
25	14,37144679	7655,16 kWh/ano	6437,99 kWh/ano	R\$ 3,26	R\$ 20.994,08	R\$ 268.767,63	R\$ 1.460,82	R\$ 38.621,91	

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 31. Cálculo VPL orçamento 1: investimento em títulos públicos

Títulos Públicos					
Ano	taxa	Montante Total Acumulado	Rendimento Anual	Rendimento Anual no Ano 0 (VPL)	
1	1,1125	R\$ 44.911,95	R\$ 4.541,66	R\$	4.082,39
2	1,23765625	R\$ 49.964,54	R\$ 5.052,59	R\$	4.082,39
3	1,376892578	R\$ 55.585,55	R\$ 5.621,01	R\$	4.082,39
4	1,531792993	R\$ 61.838,93	R\$ 6.253,37	R\$	4.082,39
5	1,704119705	R\$ 68.795,81	R\$ 6.956,88	R\$	4.082,39
6	1,895833172	R\$ 76.535,33	R\$ 7.739,53	R\$	4.082,39
7	2,109114404	R\$ 85.145,56	R\$ 8.610,23	R\$	4.082,39
8	2,346389774	R\$ 94.724,44	R\$ 9.578,88	R\$	4.082,39
9	2,610358623	R\$ 105.380,93	R\$ 10.656,50	R\$	4.082,39
10	2,904023969	R\$ 117.236,29	R\$ 11.855,36	R\$	4.082,39
11	3,230726665	R\$ 130.425,37	R\$ 13.189,08	R\$	4.082,39
12	3,594183415	R\$ 145.098,23	R\$ 14.672,85	R\$	4.082,39
13	3,998529049	R\$ 161.421,78	R\$ 16.323,55	R\$	4.082,39
14	4,448363567	R\$ 179.581,73	R\$ 18.159,95	R\$	4.082,39
15	4,948804468	R\$ 199.784,67	R\$ 20.202,94	R\$	4.082,39
16	5,505544971	R\$ 222.260,45	R\$ 22.475,78	R\$	4.082,39
17	6,12491878	R\$ 247.264,75	R\$ 25.004,30	R\$	4.082,39
18	6,813972143	R\$ 275.082,03	R\$ 27.817,28	R\$	4.082,39
19	7,580544009	R\$ 306.028,76	R\$ 30.946,73	R\$	4.082,39
20	8,43335521	R\$ 340.457,00	R\$ 34.428,24	R\$	4.082,39
21	9,382107671	R\$ 378.758,41	R\$ 38.301,41	R\$	4.082,39
22	10,43759478	R\$ 421.368,73	R\$ 42.610,32	R\$	4.082,39
23	11,6118242	R\$ 468.772,71	R\$ 47.403,98	R\$	4.082,39
24	12,91815442	R\$ 521.509,64	R\$ 52.736,93	R\$	4.082,39
25	14,37144679	R\$ 580.179,47	R\$ 58.669,83	R\$	4.082,39

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 32. Resultado do VPL para o orçamento 1

Orçamento 1	
Investimento	R\$ 40.370,29
Período	25 anos
Selic	11,25%

Placas Fotovoltaicas	
Rendimento	R\$ 78.992,20
VPL	R\$ 38.621,91

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 33. Resultado comparativo dos investimentos para o orçamento 1

Títulos Públicos	
Rendimento	R\$ 102.059,72
VPL	R\$ 61.689,43
Comparativo	160%

Fonte: Elaboração dos autores.

Para o orçamento 1, o VPL do projeto de instalação de placas foi equivalente a R\$ 38.621,91, com uma receita total de R\$ 78.992,20 dentro do período de 25 anos e um *payback* de 9 anos, como sinalizado nas Tabelas 30 e 33. Neste caso, o cálculo do VPL resultou em um valor positivo, mostrando que o investimento é executável, ou seja, geram-se ganhos financeiros à família. Porém, por mais que seu resultado seja positivo, este é considerado pouco rentável dada a segunda opção de investimento – títulos públicos brasileiros. Comparando-se as duas opções, o mesmo montante aplicado em títulos públicos proveria um retorno total de R\$102.059,72, implicando num ganho de aproximadamente 60% maior que o ganho obtido na instalação de placas mais ganhos líquidos de energia, como apresentado na Tabela 33.

Tabela 34. Cálculo VPL detalhado do orçamento 2

Orçamento 2									
Placas Fotovoltaicas									
Ano	Taxa	Geração com Depreciação (*)	Geração com Perdas (15,9%)	Tarifa Elétrica (kWh) (**)	Economia	Cash Flow	Economia (Taxa:11,25%a.a.)	Cash Flow Valor Presente (Taxa:11,25%a.a.)	
1	1,1125	7771,21 kWh/ano	6535,59 kWh/ano	R\$ 0,89	R\$ 5.785,95	-R\$ 23.888,26	R\$ 5.200,86	-R\$ 24.473,35	
2	1,23765625	7732,35 kWh/ano	6502,91 kWh/ano	R\$ 0,93	R\$ 6.078,44	-R\$ 17.809,82	R\$ 4.911,25	-R\$ 19.562,10	
3	1,376892578	7693,69 kWh/ano	6470,39 kWh/ano	R\$ 0,99	R\$ 6.385,71	-R\$ 11.424,11	R\$ 4.637,77	-R\$ 14.924,33	
4	1,531792993	7655,22 kWh/ano	6438,04 kWh/ano	R\$ 1,04	R\$ 6.708,51	-R\$ 4.715,59	R\$ 4.379,52	-R\$ 10.544,82	
5	1,704119705	7616,95 kWh/ano	6405,85 kWh/ano	R\$ 1,10	R\$ 7.047,63	R\$ 2.332,04	R\$ 4.135,64	-R\$ 6.409,17	
6	1,895833172	7578,86 kWh/ano	6373,82 kWh/ano	R\$ 1,16	R\$ 7.403,90	R\$ 9.735,94	R\$ 3.905,35	-R\$ 2.503,82	
7	2,109114404	7540,97 kWh/ano	6341,95 kWh/ano	R\$ 1,23	R\$ 7.778,17	R\$ 17.514,11	R\$ 3.687,88	R\$ 1.184,07	
8	2,346389774	7503,26 kWh/ano	6310,24 kWh/ano	R\$ 1,29	R\$ 8.171,36	R\$ 25.685,47	R\$ 3.482,53	R\$ 4.666,59	
9	2,610358623	7465,75 kWh/ano	6278,69 kWh/ano	R\$ 1,37	R\$ 8.584,43	R\$ 34.269,90	R\$ 3.288,60	R\$ 7.955,19	
10	2,904023969	7428,42 kWh/ano	6247,30 kWh/ano	R\$ 1,44	R\$ 9.018,38	R\$ 43.288,29	R\$ 3.105,48	R\$ 11.060,67	
11	3,230726665	7391,27 kWh/ano	6216,06 kWh/ano	R\$ 1,52	R\$ 9.474,27	R\$ 52.762,56	R\$ 2.932,55	R\$ 13.993,22	
12	3,594183415	7354,32 kWh/ano	6184,98 kWh/ano	R\$ 1,61	R\$ 9.953,20	R\$ 62.715,76	R\$ 2.769,25	R\$ 16.762,48	
13	3,998529049	7317,55 kWh/ano	6154,06 kWh/ano	R\$ 1,70	R\$ 10.456,35	R\$ 73.172,11	R\$ 2.615,05	R\$ 19.377,52	
14	4,448363567	7280,96 kWh/ano	6123,29 kWh/ano	R\$ 1,79	R\$ 10.984,92	R\$ 84.157,03	R\$ 2.469,43	R\$ 21.846,96	
15	4,948804468	7244,55 kWh/ano	6092,67 kWh/ano	R\$ 1,89	R\$ 11.540,22	R\$ 95.697,25	R\$ 2.331,92	R\$ 24.178,88	
16	5,505544971	7208,33 kWh/ano	6062,21 kWh/ano	R\$ 2,00	R\$ 12.123,59	R\$ 107.820,84	R\$ 2.202,07	R\$ 26.380,94	
17	6,12491878	7172,29 kWh/ano	6031,89 kWh/ano	R\$ 2,11	R\$ 12.736,45	R\$ 120.557,29	R\$ 2.079,45	R\$ 28.460,39	
18	6,813972143	7136,43 kWh/ano	6001,74 kWh/ano	R\$ 2,23	R\$ 13.380,28	R\$ 133.937,57	R\$ 1.963,65	R\$ 30.424,05	
19	7,580544009	7100,75 kWh/ano	5971,73 kWh/ano	R\$ 2,35	R\$ 14.056,67	R\$ 147.994,24	R\$ 1.854,31	R\$ 32.278,35	
20	8,43335521	7065,24 kWh/ano	5941,87 kWh/ano	R\$ 2,49	R\$ 14.767,25	R\$ 162.761,48	R\$ 1.751,05	R\$ 34.029,41	
21	9,382107671	7029,92 kWh/ano	5912,16 kWh/ano	R\$ 2,62	R\$ 15.513,74	R\$ 178.275,23	R\$ 1.653,55	R\$ 35.682,95	
22	10,43759478	6994,77 kWh/ano	5882,60 kWh/ano	R\$ 2,77	R\$ 16.297,98	R\$ 194.573,20	R\$ 1.561,47	R\$ 37.244,42	
23	11,6118242	6959,79 kWh/ano	5853,18 kWh/ano	R\$ 2,93	R\$ 17.121,85	R\$ 211.695,05	R\$ 1.474,52	R\$ 38.718,94	
24	12,91815442	6924,99 kWh/ano	5823,92 kWh/ano	R\$ 3,09	R\$ 17.987,38	R\$ 229.682,43	R\$ 1.392,41	R\$ 40.111,35	
25	14,37144679	6890,37 kWh/ano	5794,80 kWh/ano	R\$ 3,26	R\$ 18.896,65	R\$ 248.579,08	R\$ 1.314,87	R\$ 41.426,22	

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 35. Cálculo VPL orçamento 2: investimento em títulos públicos

Títulos Públicos					
Ano	taxa	Montante Total Acumulado	Rendimento Anual	Rendimento Anual no Ano 0 (VPL)	
1	1,1125	R\$ 33.012,56	R\$ 3.338,35	R\$	3.000,76
2	1,23765625	R\$ 36.726,47	R\$ 3.713,91	R\$	3.000,76
3	1,376892578	R\$ 40.858,20	R\$ 4.131,73	R\$	3.000,76
4	1,531792993	R\$ 45.454,75	R\$ 4.596,55	R\$	3.000,76
5	1,704119705	R\$ 50.568,41	R\$ 5.113,66	R\$	3.000,76
6	1,895833172	R\$ 56.257,35	R\$ 5.688,95	R\$	3.000,76
7	2,109114404	R\$ 62.586,30	R\$ 6.328,95	R\$	3.000,76
8	2,346389774	R\$ 69.627,26	R\$ 7.040,96	R\$	3.000,76
9	2,610358623	R\$ 77.460,33	R\$ 7.833,07	R\$	3.000,76
10	2,904023969	R\$ 86.174,62	R\$ 8.714,29	R\$	3.000,76
11	3,230726665	R\$ 95.869,26	R\$ 9.694,64	R\$	3.000,76
12	3,594183415	R\$ 106.654,55	R\$ 10.785,29	R\$	3.000,76
13	3,998529049	R\$ 118.653,19	R\$ 11.998,64	R\$	3.000,76
14	4,448363567	R\$ 132.001,67	R\$ 13.348,48	R\$	3.000,76
15	4,948804468	R\$ 146.851,86	R\$ 14.850,19	R\$	3.000,76
16	5,505544971	R\$ 163.372,70	R\$ 16.520,83	R\$	3.000,76
17	6,12491878	R\$ 181.752,13	R\$ 18.379,43	R\$	3.000,76
18	6,813972143	R\$ 202.199,24	R\$ 20.447,11	R\$	3.000,76
19	7,580544009	R\$ 224.946,65	R\$ 22.747,41	R\$	3.000,76
20	8,43335521	R\$ 250.253,15	R\$ 25.306,50	R\$	3.000,76
21	9,382107671	R\$ 278.406,63	R\$ 28.153,48	R\$	3.000,76
22	10,43759478	R\$ 309.727,38	R\$ 31.320,75	R\$	3.000,76
23	11,6118242	R\$ 344.571,71	R\$ 34.844,33	R\$	3.000,76
24	12,91815442	R\$ 383.336,03	R\$ 38.764,32	R\$	3.000,76
25	14,37144679	R\$ 426.461,33	R\$ 43.125,30	R\$	3.000,76

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 36. Resultado do VPL para o orçamento 2

Orçamento 2	
Investimento	R\$ 29.674,21
Período	25 anos
Selic	11,25%

Placas Fotovoltaicas	
Rendimento	R\$ 71.100,43
VPL	R\$ 41.426,22

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 37. Resultado comparativo dos investimentos para o orçamento 2

Títulos Públicos	
Rendimento	R\$ 75.019,07
VPL	R\$ 45.344,86
Comparativo	109%

Fonte: Elaboração dos autores.

Tanto o orçamento 2 quanto o orçamento 3 apresentam perfis de resultado similares ao apresentado pelo orçamento 1. O valor total do VPL para o orçamento 2 e 3 foram de R\$ 41.426,22 e R\$ 39.067,97, respectivamente, tendo como *payback* o tempo de 6 anos e 8 anos, respectivamente. Ambos os casos apresentam valores positivos para o VPL, demonstrando que o projeto para os dois orçamentos seria possível. Similar ao orçamento 1, por mais que tenha viabilidade, os títulos públicos brasileiros se apresentam mais atrativos, pela maior rentabilidade junto ao montante aplicado. Enquanto economiza-se R\$ 75.019,07 no orçamento 2 quando aplicado em títulos públicos, o valor total dos retornos anuais para o orçamento 3, também investidos em títulos públicos, se aproxima de R\$ 95.850,94. Em ambos os casos, a aplicação em títulos apresenta um ganho de 9% e 48%, respectivamente, em relação a outra opção de aplicação, qual seja, a instalação de placas fotovoltaicas numa residência.

Tabela 38. Cálculo VPL detalhado do orçamento 3

Orçamento 3									
Placas Fotovoltaicas									
Ano	Taxa	Geração com Depreciação (*)	Geração com Perdas (15,9%)	Tarifa Elétrica (kWh) (**)	Economia	Cash Flow	Economia (Taxa:11,25%a.a.)	Cash Flow Valor Presente (Taxa:11,25%a.a.)	
1	1,1125	8414,10 kWh/ano	7076,25 kWh/ano	R\$ 0,89	R\$ 6.264,61	-R\$ 31.649,76	R\$ 5.631,11	-R\$ 32.283,26	
2	1,23765625	8372,03 kWh/ano	7040,87 kWh/ano	R\$ 0,93	R\$ 6.581,29	-R\$ 25.068,47	R\$ 5.317,54	-R\$ 26.965,72	
3	1,376892578	8330,16 kWh/ano	7005,67 kWh/ano	R\$ 0,99	R\$ 6.913,98	-R\$ 18.154,50	R\$ 5.021,44	-R\$ 21.944,28	
4	1,531792993	8288,51 kWh/ano	6970,64 kWh/ano	R\$ 1,04	R\$ 7.263,49	-R\$ 10.891,01	R\$ 4.741,82	-R\$ 17.202,46	
5	1,704119705	8247,07 kWh/ano	6935,79 kWh/ano	R\$ 1,10	R\$ 7.630,66	-R\$ 3.260,35	R\$ 4.477,77	-R\$ 12.724,69	
6	1,895833172	8205,84 kWh/ano	6901,11 kWh/ano	R\$ 1,16	R\$ 8.016,40	R\$ 4.756,05	R\$ 4.228,43	-R\$ 8.496,26	
7	2,109114404	8164,81 kWh/ano	6866,60 kWh/ano	R\$ 1,23	R\$ 8.421,63	R\$ 13.177,68	R\$ 3.992,97	-R\$ 4.503,29	
8	2,346389774	8123,98 kWh/ano	6832,27 kWh/ano	R\$ 1,29	R\$ 8.847,35	R\$ 22.025,04	R\$ 3.770,62	-R\$ 732,67	
9	2,610358623	8083,36 kWh/ano	6798,11 kWh/ano	R\$ 1,37	R\$ 9.294,60	R\$ 31.319,63	R\$ 3.560,66	R\$ 2.827,99	
10	2,904023969	8042,95 kWh/ano	6764,12 kWh/ano	R\$ 1,44	R\$ 9.764,45	R\$ 41.084,08	R\$ 3.362,38	R\$ 6.190,38	
11	3,230726665	8002,73 kWh/ano	6730,30 kWh/ano	R\$ 1,52	R\$ 10.258,05	R\$ 51.342,12	R\$ 3.175,15	R\$ 9.365,53	
12	3,594183415	7962,72 kWh/ano	6696,64 kWh/ano	R\$ 1,61	R\$ 10.776,60	R\$ 62.118,72	R\$ 2.998,34	R\$ 12.363,87	
13	3,998529049	7922,90 kWh/ano	6663,16 kWh/ano	R\$ 1,70	R\$ 11.321,37	R\$ 73.440,09	R\$ 2.831,38	R\$ 15.195,26	
14	4,448363567	7883,29 kWh/ano	6629,85 kWh/ano	R\$ 1,79	R\$ 11.893,67	R\$ 85.333,76	R\$ 2.673,72	R\$ 17.868,97	
15	4,948804468	7843,87 kWh/ano	6596,70 kWh/ano	R\$ 1,89	R\$ 12.494,91	R\$ 97.828,66	R\$ 2.524,83	R\$ 20.393,81	
16	5,505544971	7804,65 kWh/ano	6563,71 kWh/ano	R\$ 2,00	R\$ 13.126,53	R\$ 110.955,20	R\$ 2.384,24	R\$ 22.778,05	
17	6,12491878	7765,63 kWh/ano	6530,89 kWh/ano	R\$ 2,11	R\$ 13.790,09	R\$ 124.745,29	R\$ 2.251,47	R\$ 25.029,52	
18	6,813972143	7726,80 kWh/ano	6498,24 kWh/ano	R\$ 2,23	R\$ 14.487,19	R\$ 139.232,48	R\$ 2.126,10	R\$ 27.155,62	
19	7,580544009	7688,17 kWh/ano	6465,75 kWh/ano	R\$ 2,35	R\$ 15.219,53	R\$ 154.452,01	R\$ 2.007,71	R\$ 29.163,33	
20	8,43335521	7649,73 kWh/ano	6433,42 kWh/ano	R\$ 2,49	R\$ 15.988,89	R\$ 170.440,90	R\$ 1.895,91	R\$ 31.059,24	
21	9,382107671	7611,48 kWh/ano	6401,25 kWh/ano	R\$ 2,62	R\$ 16.797,14	R\$ 187.238,05	R\$ 1.790,34	R\$ 32.849,58	
22	10,43759478	7573,42 kWh/ano	6369,25 kWh/ano	R\$ 2,77	R\$ 17.646,25	R\$ 204.884,30	R\$ 1.690,64	R\$ 34.540,22	
23	11,6118242	7535,55 kWh/ano	6337,40 kWh/ano	R\$ 2,93	R\$ 18.538,29	R\$ 223.422,59	R\$ 1.596,50	R\$ 36.136,72	
24	12,91815442	7497,88 kWh/ano	6305,71 kWh/ano	R\$ 3,09	R\$ 19.475,41	R\$ 242.898,00	R\$ 1.507,60	R\$ 37.644,32	
25	14,37144679	7460,39 kWh/ano	6274,18 kWh/ano	R\$ 3,26	R\$ 20.459,91	R\$ 263.357,91	R\$ 1.423,65	R\$ 39.067,97	

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 39. Cálculo VPL orçamento 3: investimento em títulos públicos

Títulos Públicos					
Ano	taxa	Montante Total Acumulado	Rendimento Anual	Rendimento Anual no Ano 0 (VPL)	
1	1,1125	R\$ 42.179,74	R\$ 4.265,37	R\$	3.834,04
2	1,23765625	R\$ 46.924,96	R\$ 4.745,22	R\$	3.834,04
3	1,376892578	R\$ 52.204,01	R\$ 5.279,06	R\$	3.834,04
4	1,531792993	R\$ 58.076,97	R\$ 5.872,95	R\$	3.834,04
5	1,704119705	R\$ 64.610,63	R\$ 6.533,66	R\$	3.834,04
6	1,895833172	R\$ 71.879,32	R\$ 7.268,70	R\$	3.834,04
7	2,109114404	R\$ 79.965,74	R\$ 8.086,42	R\$	3.834,04
8	2,346389774	R\$ 88.961,89	R\$ 8.996,15	R\$	3.834,04
9	2,610358623	R\$ 98.970,10	R\$ 10.008,21	R\$	3.834,04
10	2,904023969	R\$ 110.104,24	R\$ 11.134,14	R\$	3.834,04
11	3,230726665	R\$ 122.490,97	R\$ 12.386,73	R\$	3.834,04
12	3,594183415	R\$ 136.271,20	R\$ 13.780,23	R\$	3.834,04
13	3,998529049	R\$ 151.601,71	R\$ 15.330,51	R\$	3.834,04
14	4,448363567	R\$ 168.656,90	R\$ 17.055,19	R\$	3.834,04
15	4,948804468	R\$ 187.630,80	R\$ 18.973,90	R\$	3.834,04
16	5,505544971	R\$ 208.739,27	R\$ 21.108,47	R\$	3.834,04
17	6,12491878	R\$ 232.222,44	R\$ 23.483,17	R\$	3.834,04
18	6,813972143	R\$ 258.347,46	R\$ 26.125,02	R\$	3.834,04
19	7,580544009	R\$ 287.411,55	R\$ 29.064,09	R\$	3.834,04
20	8,43335521	R\$ 319.745,35	R\$ 32.333,80	R\$	3.834,04
21	9,382107671	R\$ 355.716,70	R\$ 35.971,35	R\$	3.834,04
22	10,43759478	R\$ 395.734,83	R\$ 40.018,13	R\$	3.834,04
23	11,6118242	R\$ 440.255,00	R\$ 44.520,17	R\$	3.834,04
24	12,91815442	R\$ 489.783,69	R\$ 49.528,69	R\$	3.834,04
25	14,37144679	R\$ 544.884,35	R\$ 55.100,66	R\$	3.834,04

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 40. Resultado do VPL para o orçamento 3

Orçamento 3	
Investimento	R\$ 37.914,37
Período	25 anos
Selic	11,25%

Placas Fotovoltaicas	
Rendimento	R\$ 76.982,34
VPL	R\$ 39.067,97

Fonte: Elaboração dos autores

Tabela 41. Resultado comparativo dos investimentos para o orçamento 3

Títulos Públicos		
Rendimento	R\$	95.850,94
VPL	R\$	57.936,57
Comparativo		148%

Fonte: Elaboração dos autores.

Para todos os três orçamentos, pode-se afirmar que o VPL evidencia que um investimento viável não é aquele que possui um retorno financeiro numericamente maior, mas aquele que apresenta um retorno financeiro maior.

Vale ressaltar que em todos os orçamentos 1, 2 e 3, os retornos iniciais trazidos anualmente para o valor presente relacionados as placas fotovoltaicas são superiores aos valores obtidos no investimento em títulos públicos. Tal fato indica que a instalação de placas fotovoltaicas será viável e preferível pelo seu maior retorno financeiro até um certo período de tempo.

4.2 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

Para o orçamento 1, até o sétimo ano se observa valores maiores vindos do investimento em painéis em relação ao investimento em títulos públicos. O mesmo acontece para os orçamentos 2 e 3, onde até o décimo e sétimo ano, respectivamente, o retorno anual referente aos painéis se sobrepõe ao valor ganho na aplicação em títulos públicos.

Entretanto, ao se observar o comportamento do investimento em ambos os casos ao longo de todo o período de análise, os investimentos em títulos públicos passam a ser mais atrativos.

Os cálculos demonstram que não existe variação na remuneração por títulos públicos garantindo a estabilidade dessa modalidade, além disso o perfil do projeto de instalação de painéis fotovoltaicas é de longo prazo, apontando para uma queda dos retornos até o período final.

O tempo é um fator determinante para a escolha do investimento do projeto e da análise do custo de oportunidade. Por mais que a instalação de painéis tenha como selo a sustentabilidade, no longo prazo não vale o investimento, dado o retorno vindo da aplicação do dinheiro em ativos financeiros do governo federal.

Conclui-se que no Brasil não há estímulos para a instalação de placas fotovoltaicas em residências, pois existe no mercado financeiro, ativos mais rentáveis que este tipo de investimento.

Ao longo de 25 anos, o investimento em painéis fotovoltaicos não se iguala ao ganho que se obtém ao investir em títulos públicos. Dado isto, o resultado da comparação é satisfatório, pois alerta para a forte atratividade exercida pelo mercado financeiro especulativo frente aos investimentos em capacidade instalada, em especial a energética. O estudo de caso aqui proposto mostra o quão frágeis são as iniciativas sustentáveis.

5 CONCLUSÃO

Ao longo dos anos, as mudanças ocorridas no portfólio das *majors* petrolíferas concentram-se nos esforços na geração de energias alternativas.

Paralelamente, o Brasil por se destacar como uma possível potência da energia solar dados os altos níveis de irradiação, grandes reservas de quartzo de qualidade e pelo aumento dos incentivos tem entrado nesta nova forma de produção energética. Contudo, os esforços brasileiros ainda são insuficientes para a geração de energia fotovoltaica e uma definitiva inserção desta energia na matriz energética nacional. Para tanto, buscou-se responder aos questionamentos deste trabalho: as empresas petroleiras estão investindo em energias renováveis? A energia fotovoltaica é de interesse das *majors*, governos e público em geral? Os investimentos em energia fotovoltaica são viáveis economicamente no Brasil? Existe viabilidade econômica na instalação de energia fotovoltaica em residências?

Partiu-se da contextualização desta fonte de energia a partir da apresentação dos incentivos vindos da diversificação energética de empresas petroleiras. Com isso, no primeiro capítulo foi feita uma análise dos diferentes incentivos financeiros e legislações de países onde o uso da energia fotovoltaica é significativo, evidenciando as variações existentes de país para país. A grande maioria das empresas, incluindo desenvolvedores e instaladores, companhias de investimento e grandes bancos entram no mercado de financiamento de energia fotovoltaica no mundo devido a estes investimentos.

Na sequência optou-se pela escolha de três empresas, representantes das *majors* da indústria petrolífera, que possuem investimentos em energias renováveis, dentre elas a solar. Avaliou-se quantitativamente cada um desses esforços. Observado o aumento da demanda global de energia, as empresas ao longo dos últimos anos investiram visando ganhos de escala na geração de energias, tornando possível, entre outras, a geração de energia fotovoltaica a baixo custo, destacando-se o efeito de substituição do petróleo pelas energias alternativas, em especial a fotovoltaica. Isso fez com que fosse uma alternativa viável em plataformas de petróleo *offshore*.

A valorização da sustentabilidade com viés socioeconômico, alinhada as questões ambientais e as novas tecnologias são um cenário propício à quebra do paradigma da economia baseada no carbono e em combustíveis fósseis.

No segundo capítulo foi realizada uma análise histórica do uso de energia fotovoltaica no Brasil, evidenciando seus problemas. Através do estudo do panorama elétrico atual e as perspectivas para o futuro no país, a partir de dados fiscais e legislativos, concluiu-se que a energia fotovoltaica no Brasil enfrenta e enfrentará inúmeros desafios como: vencer as hidrelétricas, a falta de mão de obra qualificada para a realização das instalações dos sistemas de energia solar, além da falta de financiamentos com juros baixos que é um dos gargalos da energia solar no país. Além do fato de o sistema de compensação de energia, *net metering*, adotado no Brasil desde 2012, não oferecer a mesma atratividade proporcionada por outros mecanismos empregados inicialmente em outros países, conforme apresentados no capítulo 1.

No capítulo 3, construiu-se três orçamentos para responder se a instalação de painéis fotovoltaicos é rentável e também quando comparada as aplicações em títulos públicos do governo federal.

Foi estimado que, para projetos em residências, a geração esperada total de energia com perdas não se iguala ao consumo anual, indicando que uma autossuficiência energética demandaria projetos de porte maiores e, portanto, de investimentos mais caros do que os propostos. Entretanto, pode-se afirmar que as instalações propostas são viáveis para uma pequena parcela da população brasileira e apresentam uma economia de energia e de gastos financeiros.

O capítulo 4 verificou-se a viabilidade econômica dos projetos a partir de três principais ferramentas: *payback*, amortização e VPL. A partir da análise dos resultados conclui-se que no Brasil não há estímulos para a instalação de painéis fotovoltaicos em residências, pois existe no mercado financeiro, ativos mais rentáveis que este tipo de investimento.

Ao longo de 25 anos, o investimento em painéis fotovoltaicos não se iguala ao ganho que se obtém ao investir em títulos públicos. Dado isto, o resultado da comparação é satisfatório, pois alerta para a forte atratividade exercida pelo mercado financeiro especulativo frente aos investimentos em capacidade instalada, em especial a energética. O estudo de caso aqui proposto mostra o quão frágeis são as iniciativas sustentáveis.

As energias renováveis são consideradas a principal solução para a mitigação de gases de efeito estufa no mundo e capazes de minimizar impactos socioambientais decorrentes da implantação de usinas e sistemas convencionais como grandes empreendimentos hidrelétricos e termelétricos.

A energia solar, por sua vez, possui painéis recicláveis e produzem energia elétrica por mais de 40 anos, é considerada uma forma limpa de produzir energia. Isso não significa necessariamente que ela não gere impactos, mas sim que não emite poluentes na atmosfera contribuindo com o aquecimento global. Por esse motivo, a sua utilização significa uma menor emissão de gases-estufa na atmosfera por outras fontes de energia, também não são necessárias grandes áreas e nem qualquer tipo de desmatamento, nem mesmo nas grandiosas usinas solares.

Aliado ao crescimento do uso de energia solar e as novas regulamentações econômicas de mercado, encontra-se a preocupação ambiental de recuperação e reaproveitamento de áreas contaminadas e degradadas, como áreas de pastagem contaminadas, aterros sanitários, lixões, e mineradoras, desativados ou em processo, uma solução para essas áreas é o uso para construção de usinas solares pode ser uma oportunidade.

Para que a energia solar se torne viável e o Brasil vença os desafios que esta nova fonte introduz, como sugestões, devem-se: a. aumentar os incentivos governamentais; b. diminuir os custos de instalação; c. aumentar os investimentos em tecnologia para o aumento da eficiência; d. utilizar os países com maiores gerações de energia solar como modelos para as políticas de desenvolvimento no Brasil; e. enfatizar os ganhos ambientais perante a população; f. introduzir micro-usinas de energia solar em condomínios do “Minha Casa Minha Vida a exemplo o

caso mencionado em Juazeiro; g. governo com mais financiamentos em projetos em PD&I.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABENS, 2017. “Histórico”. Disponível em: <<http://www.abens.org.br/historico-abens.php>> Acessado: 16/03/2017.

AMBIENTE ENERGIA, 2016. “Aneel aprova novas regras para microgeração.” Disponível em: <<https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2015/11/aneel-aprova-novas-regras-para-microgeracao/27623>> Acessado: 20/03/2017.

ANEEL, 2013. “Energia Solar”. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia_solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia_solar(3).pdf)> Acessado: 24/06/2017.

ANEEL, 2015. “Art. 7º da Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012”. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>> Acessado: 22/03/2017.

ANEEL, 2016. “Cadernos Temáticos ANEEL – Micro e Mini Geração Distribuída.” Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+Minigera%C3%A7%C3%A3o+Distribuida+-+2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161>> Acessado: 11/02/2017.

ANTUNES, 2016. “Avaliação das *majors* petrolíferas frente às oscilações nos preços do barril de petróleo: BP, CHEVRON E TOTAL” Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10020850.pdf>> Acessado: 27/04/2017.

BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2017. “Taxa Selic”. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/htms/selic/selicdiarios.asp>> Acessado: 18/03/2017.

BANCO DO BRASIL, 2017 (a). “Comprar material de construção”. Disponível em: <<http://www.bb.com.br/pbb/pagina-inicial/voce/produtos-e-servicos/credito/credito-para->

material-de-construcao,-eletronicos-ou-viagens/credito-para-aquisicao-de-material-de-construcao#/>. Acessado: 18/03/2017.

BANCO DO BRASIL, 2017 (b). “Empréstimo”. Disponível em: <<http://www.bb.com.br/pbb/pagina-inicial/voce/produtos-e-servicos/credito#/>> Acessado: 18/03/2017.

BIAGIO, 2016. “Análise de viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico conectado à rede”. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10010504.pdf> >. Acessado: 15/03/2017.

BNDES, 2017. “Banco Nacional de Desenvolvimento Economico e Social”. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home>> Acessado: 09/11/2017.

BOREAL LED, 2017. Disponível em: <<https://www.borealled.com.br/o-que-significa-ip20-65-e-66>> Acessado: 17/08/2017.

BP, 2016. “*BP Global – Energy economics*”. Disponível em: <<http://www.bp.com/>> Acessado: 17/02/2017.

BRASENERGY, 2017. “Inversor solar: O coração do seu sistema fotovoltaico”. Disponível em: <<http://brasenergy.solar/inversor-solar/>> Acessado: 02/06/2017.

BRASIL ESCOLA, 2017. “SAC: Sistema de Amortizações Constantes”. Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/matematica/sac-sistema-amortizacoes-constantess.htm>> . Acessado: 04/07/2017

CANADIAN SOLAR, 2017. “Canadian Solar do Brasil”. Disponível em: <<http://www.canadiansolar.com/>> Acessado: 03/03/2017.

CEPEL, 2003. “Energia Solar Fotovoltaica: Estágio Atual e Perspectivas”. Disponível em: <http://www.agg.ufba.br/cier_solarfotovoltaica.pdf> Acessado: 16/03/2017.

CLENERENERGY, 2017. Disponível em: <<https://www.cleanenergywire.org/factsheets/what-german-households-pay-power>> Acessado: 12/09/2017.

CONTABIL, 2017. "Lucro bruto x lucro líquido: fique por dentro de cada um". Disponível em: < <https://www.sitecontabil.com.br/noticias/artigo.php?id=1092> >. Acessado: 03/07/2017

CORBET et al, 2007. "*Petroleum Industry and Renewables*", Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/242315207>> Acessado: 15/03/2017.

CRESESB, 2016. "Mapa Solar do Rio de Janeiro". Disponível em: <<http://pcrj.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=029ccb875ca24c209a8572e70a4b6b19>> Acessado: 26/01/2017.

CRESESB/CEPEL, 2016. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>> Acessado: 16/03/2017.

CRUNCHBASE, 2017. "*Mosaic.*" Disponível em: < <https://www.crunchbase.com/organization/solar-mosaic#/entity:>> Acessado: 15/07/2017.

DATASHEET DO MODELO YINGLI YL275d-30b, 2017. "YINGLI YL275d-30b". Disponível em : <<http://www.solardesigntool.com/components/module-panel-solar/Yingli-Solar/3876/YL275D-30b/specification-data-sheet.html> >.Acessado: 08/3/2017.

ECODEBATE, 2014. "Leilão de energia solar e a campanha 'Energia para a Vida'". Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2014/11/12/leilao-de-energia-solar-e-a-campanha-energia-para-a-vida-artigo-de-heitor-scalabrini-costa/>> Acessado: 25/06/2017.

ECYCLE, 2013. "Inversor: o cérebro do sistema de energia solar". Disponível em: <<http://www.ecycle.com.br/component/content/article/69-energia/3349-energia-solar-termica-fotovoltaica-inversores-grid-tie-perdas-diferenca-funcao-como-funciona-captacao-kit-geracao-energia-eletrica-eletricidade-vantagens-fonte-renovavel-limpa-meio-ambiente-sustentavel-onde-comprar-custo-investimento-residencia.html>> Acessado: 04/03/2017

ENEL GREEN POWER, 2017. "Enel Green Power". Disponível em: <<https://www.enelgreenpower.com/en.html>> Acessado: 20/03/2017.

ENEL SOLUÇÕES, 2017. “ENEL conclui construção de parque eólico em Pernambuco” Disponível em: <<http://www.enelsolucoes.com.br/blog/2015/01/parque-eolico/>> Acessado: 24/05/2017.

EPE, 2012. “Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira”. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/geracao/Documents/Estudos_23/NT_EnergiaSolar_2012.pdf> Acessado: 13/03/2017.

EPE, 2014. “Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil”. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/DEA%2019%20-%20Inser%C3%A7%C3%A3o%20da%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Fotovoltaica%20Distribu%C3%ADa%20no%20Brasil%20-%20Condicionantes%20e%20Impactos%20VF%20%20\(Revisada\).pdf](http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/DEA%2019%20-%20Inser%C3%A7%C3%A3o%20da%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Fotovoltaica%20Distribu%C3%ADa%20no%20Brasil%20-%20Condicionantes%20e%20Impactos%20VF%20%20(Revisada).pdf)> Acessado: 19/03/2017.

EPE, 2013 (a). “Portaria nº 226/2013”. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/leiloes/Documents/Leil%C3%B5es%202013/Portaria%20MME%20n%C2%BA%20226-13.pdf>> Acessado:10/02/2017.

EPE, 2013 (b). “Portaria nº 236/2014”. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/leiloes/Documents/Leil%C3%B5es%202014/PORTARIA%20MME%20236%20RESERVA.pdf>> Acessado:10/02/2017.

EPE, 2014. “Consumo médio de energia elétrica por classe (regiões e subsistemas).” Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/mercado/Paginas/Consumomensaldeenergiael%C3%A9tricaporclasse\(regi%C3%B5esesubsistemas\)%E2%80%932011-2012.aspx](http://www.epe.gov.br/mercado/Paginas/Consumomensaldeenergiael%C3%A9tricaporclasse(regi%C3%B5esesubsistemas)%E2%80%932011-2012.aspx)> Acessado: 23/07/2017.

EPIA, 2014. “*Global Market Outlook ForPhotovoltaics 2014-2018*”. Disponível em: <http://helapco.gr/pdf/Global_Market_Outlook_2014_-2018_lr_v23.pdf> Acessado: 06/06/2016.

EPIA, 2015. "Global Market Outlook for Solar Power 2015-2019" Disponível em: <<http://resources.solarbusinesshub.com/solar-industry-reports/item/global-market-outlook-for-solar-power-2015-2019>> Acessado: 04/02/2017.

EPIA, 2016. "Global Market Outlook – For Solar Power- 2016-2020". Disponível em: <http://www.solarpowereurope.org/fileadmin/user_upload/documents/Events/SolarPower_Webinar_Global_Market_Outlook.pdf> Acessado: 04/02/2017.

FALSIROLI, 2015. "Energia Fotovoltaica Sob o Prisma da EPE". Disponível em <<https://pt.linkedin.com/pulse/energia-fotovoltaica-sob-o-prisma-da-epe-carlos-falsirol>> Acessado: 04/02/2017.

FRONIUS, 2017 "Fronius Primo 4.0-1". Disponível em: <http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-E8D6FF94-852E325C/fronius_brasil/hs.xsl/7552_9879.htm#.WO-IN2nyvIU> Acessado:05/03/2017.

GIAPE, 2003. "Tecnologias de Micro-geração e Sistemas Periféricos". Disponível em: <<http://www.troquedeenergia.com/Produtos/LogosDocumentos/SolarFotovoltaico.pdf>> Acessado: 07/03/2017.

GIRARD, 2015. "Mudança climática pode reduzir capacidade hidrelétrica em até 20%". Disponível em: < <http://sustentabilidade.estadao.com.br/noticias/geral,mudanca-climatica-pode-reduzir-capacidade-hidreletrica-em-ate-20,1788407>> Acessado: 11/02/2017.

GLASSPOINT, 2017. "GlassPoint". Disponível em: <<https://www.glasspoint.com/>> Acessado:13/07/2017.

GLOBAL REPORTING INITIATIVE, 2016. "Global Reporting Initiative (GRI)." Disponível em: < <http://www.sustainable-performance.total.com/en/reporting/reporting-standards/global-reporting-initiative-gri>> Acessado: 20/03/2017.

GREEN, 2005. "Silicon Photovoltaic Modules: A Brief History of the First 50 Years", Progress in Photovoltaics: Research and Applications 13 (2005) 447.

GREENPEACE, 2015. "ICMS cai em três estados e o Sol brilha mais forte no Brasil". Disponível em: < <http://www.greenpeace.org/brasil/pt/Noticias/ICMS-para-solar-o-dilema-do-copo-meio-cheio/>> Acessado: 22/06/2017.

GREENPEACE, 2016. "Relatório Alvorada". Disponível em: < http://www.greenpeace.org/brasil/Global/brasil/documentos/2016/Relatorio_Alvorada_Greenpeace_Brasil.pdf> Acessado: 26/02/2017.

IBGE, 2013. "Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística". Disponível em <<https://thiagorodrigo.com.br/artigo/faixas-salariais-classe-social-abep-ibge/>> Acessado:06/02/2017

IEA PVPS, 2016. "*Trends in Photovoltaic Applications*" -21th Edition 2016. Disponível em: <<http://www.iea-pvps.org/index.php?id=256>> Acessado: 09/03/2017.

IEA, 2011. "Word Energy Outlook" Disponível em: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2011_WEB.pdf> Acessado: 19/01/2017.

INDÚSTRIA HOJE, 2014. "O que é e como calcular o payback?". Disponível em < <http://www.industriahoje.com.br/como-calcular-o-payback> > Acessado: 28/06/2017

INFOESCOLA, 2016. "Amortização". Disponível em: < <http://www.infoescola.com/economia/amortizacao/> > Acessado: 03/07/2017

LARONDE, 2010." PV Systems Energy ProductionConsideringthe Time-VariantReabilityandEletricalLosses". Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/212135154_PV_systems_energy_production_considering_the_time-variant_reliability_and_electrical_losses>. Acessado: 09/03/2017

LIGHT, 2017 (a). "Para residências". Disponível em: <<http://www.light.com.br/para-residencias/SitePages/default.aspx>> Acessado: 09/02/2017.

LIGHT, 2017 (b). "Composição da Tarifa". Disponível em: < <http://www.light.com.br/para-residencias/Sua-Conta/composicao-da-tarifa.aspx> > Acessado: 09/02/2017.

LIGHT, 2017 (c). “Reajustes e revisões tarifárias”. Disponível em: <<http://ri.light.com.br/ptb/reajustes-e-revisoes-tarifarias> > Acessado: 02/04/2017.

LOUZADA, 2016. “Dimensionamento de um sistema solar fotovoltaico aplicado à central de água gelada de um shopping center”. Disponível em :<<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10018960.pdf>>. Acessado: 15/05/2017

MANSILHA et Al, 2015. “Analysis of the Economic Feasibility of Distributed Generation with Photovoltaic Systems in Santa Maria”, Brazil, using the Software Homer ProMarcio Burger MANSILHA 1; Felix Alberto FARRET 2; Leandro Cantorski da ROSA, 2015”. Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com/a15v36n22/15362205.html>> Acessado: 22/03/2017.

MARION, 2005. “PerformanceParameters for Grid-Connected PV Systems”. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=9889>> . Acessado: 09/03/2017

MARQUES et al, 2013. “Congresso de Iniciação Científica do IFRN”. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ocs/index.php/congic/ix/paper/viewFile/1258/166>> Acessado: 14/03/2017.

MG, 2017. “MG Comunicação Social”. Disponível em: <<http://www.mgcomunicacao.com/?p=29115>> Acessado: 19/03/2017.

MME, 2016. “Resenha Energética Brasileira”. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/02++Resenha+Energ%C3%A9tica+Brasileira+2016++Ano+Base+2015+\(PDF\)/66e011ce-f34b-419e-adf1-8a3853c95fd4?version=1.0](http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/02++Resenha+Energ%C3%A9tica+Brasileira+2016++Ano+Base+2015+(PDF)/66e011ce-f34b-419e-adf1-8a3853c95fd4?version=1.0)> Acessado: 19/02/2017.

MME, 2017. “Leilões de Energia”. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/programas/leiloes_de_energia/menu/inicio.html> Acessado: 19/03/2017.

PERES, 2009. “Proposta de utilização da Energia Eólica e outras formas de energias alternativas como geração complementar na exploração e produção de petróleo.”

Disponível em: <<http://www.solenerg.com.br/files/tccpatriciaperesfae207029.pdf>>
Acessado: 20/03/2017.

PORTAL ECOD, 2015. “Editoriais Energia”. Disponível em: <<http://www.ecodesenvolvimento.org/posts/2015/setembro/energia-solar-financia-melhorias-em-condominios-do?tag=energia>> Acessado 03/07/2017.

PORTAL ENERGIA, 2004. “Energia Fotovoltaica – Manual Sobre Tecnologias, Projeto e Instalações.” Disponível em: <<http://www.portal-energia.com/downloads/guia-tecnico-manual-energia-fotovoltaica.pdf>> Acessado: 03/03/2017

PORTAL SOLAR, 2016. “Mercado de Energia Solar para o Brasil”. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/mercado-de-energia-solar-no-brasil.html>> Acessado: 20/03/2017.

PORTAL SOLAR, 2017(a). “Origem do termo “Fotovoltaico””. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/energia-fotovoltaica.html>> Acessado: 12/03/2017.

PORTAL SOLAR, 2017 (b). “Sistema Fotovoltaico: como funciona?”. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/sistema-fotovoltaico--como-funciona.html>> Acessado: 16/08/2017.

PRATES, 2017. “Qual a diferença entre payback simples e descontado? “. Disponível em: <<http://www.wrprates.com/qual-e-a-diferenca-entre-payback-simples-e-descontado/>>. Acessado: 12/08/2017

PROJETO DE LEI N° 1868 de 2015. “PL 1868/2015”. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=1306609>>
Acessado: 29/04/2017.

PROJETO DE LEI N° 4332 de 2016. “PL 4332/2016”. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2076873>>
Acessado: 29/04/2017.

REN21, 2016. “*Renewables 2016 Global Status Report*”. Disponível em: <https://www.ambienteenergia.com.br/wp-content/uploads/2016/06/REN21-GSR2016_Final_High-res.compressed1.pdf> Acessado: 20/06/2016.

RESOLUÇÃO NORMATIVA nº 482 de 2012, ANEEL. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>> Acessado: 11/02/2017.

RESOLUÇÃO NORMATIVA nº 687 de 2015, ANEEL. . Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>> Acessado: 17/02/2017

SENADO FEDERAL, 2017 (a). “Projeto de Lei 696 de 2015”. Disponível em: <<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/123733>> Acessado: 18/03/2017.

SENADO FEDERAL, 2017 (b). “Projeto de Lei do Senado”. Disponível em: <<https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=2919678&disposition=inline>>Acessado: 24/05/2017.

SHELL SUSTAINABILITY REPORT, 2016. “Sustainability Report-2016”. Disponível em: <<https://reports.shell.com/sustainability-report/2016/servicepages/download-centre.html>> Acessado: 07/03/2017.

SHELL, 2017. “Shell do Brasil – Energia e Inovação”. Disponível em: <<http://www.shell.com.br/>> Acessado : 07/03/2017.

SILVA, 2006. “Tecnologia Fotovoltaica: Dissertação sobre geração de energia fotovoltaica”. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABE7cAB/tecnologia-fotovoltaica>> Acessado: 07/01/2017.

SOLAR BRASIL, 2017. “Informações importantes: Inversor de sistema de energia solar off-grid (sistemas autônomos a bateria)”. Disponível em: <<http://www.solarbrasil.com.br/blog-da-energia-solar/112-informacoes-importantes-sobre-sistemas-de-energia-solar-off-grid>>. Acessado: 02/06/2017

SOLARVOLT, 2017. “Avanço da Implementação da energia solar no Brasil”. Disponível em: <<http://www.solarvoltenergia.com.br/saiba-mais-sobre-o-avanco-da-implementacao-de-energia-solar-brasil/>> Acessado em: 15/03/2017.

STATOIL, 2017. “*New Energies Solutions*”. Disponível em: < <https://www.statoil.com/en/what-we-do/new-energy-solutions.html>> Acessado: 10/06/2017.

SUSTAINABILITY REPORTING, 2015. “*Shell Sustainability Reporting 2015*”. Disponível em: < <http://www.shell.com/sustainability/sustainability-reporting-and-performance-data/sustainability-reports.html>> Acessado: 03/03/2017.

TELESCÓPIO, 2014. “O Satélite que abita a Terra por mais tempo.” Disponível em: <<https://tellescopio.com.br/vanguard-1-o-satelite-que-orbita-a-terra-a-mais-tempo>> Acessado: 04/02/2017.

TESOURO NACIONAL, 2017. “Tesouro Nacional”. Disponível em: <<http://www.tesouro.fazenda.gov.br/>> Acessado: 27/03/2017.

THE GERMAN ENERGIEWENDE, 2014. “*Energy Transition*”. Disponível em: < <http://energytransition.de/>> Acessado: 01/07/2016.

TOTAL, 2017 (a). “Por uma energia melhor”. Disponível em: <<http://br.total.com/pt-br/por-uma-energia-melhor/projetos-mundiais/sunpower-coloca-total-na-dianteira-da-energia-solar>> Acessado: 07/03/2017.

TOTAL, 2017 (b). “Fonte Interna”. Disponível em: < <http://www.total.com/fr> >. Acessado: 25/03/2017

VALLÊRA & BRITO, 2006. “Meio Século de História Fotovoltaica”. Disponível em: <<http://solar.fc.ul.pt/gazeta2006.pdf>> Acessado: 19/03/2017.

VALLINA, 2010. “Instalaciones Solares Fotovoltaicas.” Disponível em: <https://books.google.com.br/books/about/INSTALACIONES_SOLARES_FOTOVOLT AICAS.html?id=X22Ctl-VomgC&redir_esc=y> Acessado: 09/03/2017

WIKIPEDIA, 2017 (a). “*Feed in Tariff*”. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Feed-in_tariff> Acessado: 16/08/2017.

WIKIPEDIA, 2017 (b). “Prédefinição: Tabela climática do Rio de Janeiro”. Disponível em:

<[https://pt.wikipedia.org/wiki/Predefini%C3%A7%C3%A3o:Tabela_clim%C3%A1tica_d
o_Rio_de_Janeiro](https://pt.wikipedia.org/wiki/Predefini%C3%A7%C3%A3o:Tabela_clim%C3%A1tica_do_Rio_de_Janeiro) > Acessado: 13/02/2017.

WIKIPEDIA, 2017 (c). “Irradiação”. Disponível em:
<<https://pt.wikipedia.org/wiki/Irradia%C3%A7%C3%A3o>> Acessado: 16/08/2017.

ANEXO A

COMPREENDENDO A ENERGIA SOLAR

1. COMPONENTES

Um sistema fotovoltaico possui quatro componentes básicos :

- Paineis solares: Constituído por módulos fotovoltaicos interligados eletricamente montados de modo a formar uma única estrutura, seu objetivo é a produção de energia elétrica em corrente contínua quando a luz do sol o atinge e enviando-a para o sistema. Podem ser um ou mais paineis e são dimensionados de acordo com a energia necessária.
- Controladores de carga: Funcionam como válvulas para o sistema. Evitar sobrecargas ou descargas exageradas na bateria com o objetivo de aumentar a vida útil e desempenho.
- Inversores: Responsáveis em converter a energia com corrente contínua enviada pelos paineis em energia elétrica de corrente alternada, adequando- a a utilização residencial ou empresarial.. No caso de sistemas conectados, também são responsáveis pela sincronia com a rede elétrica.
- Baterias: Possuem o objetivo de armazenagem da energia elétrica que será distribuída de acordo com a necessidade do uso.

2. SISTEMAS

O sistema fotovoltaico é composto por painéis solares, inversor solar, sistema de fixação das placas solares, cabeamentos, conectores e outros materiais elétricos padrões e estes podem ser divididos em três grupos : sistemas isolados (*off-grid*), sistemas conectados à rede (*grid-tie*) e sistemas híbridos.

Os sistemas devem ser adaptados de acordo com a aplicação, os recursos energéticos e principalmente a complexidade do projeto. O objetivo é combinar as especificações ao sistema disponível atualmente no mercado.

3. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ISOLADOS

Os sistemas isolados ou autônomos que se caracterizam por não estarem conectados a rede elétrica e que abastecem diretamente os aparelhos que vão consumir a energia gerada. Por ter esse consumo direto, baterias são utilizadas para armazenagem de energia em momentos de ausência de geração.

Esse tipo de sistema deve ser aplicado calculando-se exatamente o consumo do aparelho devido à especificidade de uso. O sistema fotovoltaico isolado é dimensionado para uma autonomia de, em média, até três dias baseando-se nos piores índices de radiação solar da região de sua instalação como margem de segurança. Esse tipo de sistema é geralmente utilizado para lugares remotos que são considerados a solução mais econômica de obtenção de energia além de sistemas de bombeamento de água, eletrificação de cercas, postes de Iluminação Solar e estações replicadoras de sinal.

Segundo a regulamentação elaborada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) N° 83/2004, existem ainda duas classificações para esse sistema, o individual e o mini redes. O sistema individual é para casos de atendimento unitário, ou seja, apenas um local de consumo enquanto o sistema miniredes abastece grupos pequenos que possuem localizações próximas.

4. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE

A expansão da geração de energia fotovoltaica nos últimos 30 anos se deve a instalação em massa de sistemas fotovoltaicos conectados à rede. Considerado mais simples, esse sistema não possui baterias acopladas para armazenar a energia possuindo apenas os painéis solares, inversor fotovoltaico e conexão com a rede elétrica. A energia gerada é consumida diretamente pelos equipamentos elétricos daquela instalação e o excedente de energia será lançado na rede que será distribuída para o consumo de maneira geral da região.

Esse sistema é o mais comum e mais utilizado no mundo por ser um modelo que apresenta segurança ao consumidor: em caso de não produção de energia, existe a possibilidade de uso direto da rede elétrica padrão. Além disso, existe atualmente um incentivo ainda mais significativo para esse sistema oriundo do projeto de compensação de energia elétrica, mencionado no capítulo 4 que, em resumo, quando ocorre uma geração de energia maior do que o consumo local, ou esta energia extra se torna um crédito de utilização futura ou é descontado do valor final da conta. Esse tipo de sistema é permitido pela ANEEL segundo a resolução 482/2012.

i. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS HÍBRIDOS

O terceiro sistema fotovoltaico é o híbrido que se define por ter características dos outros dois sistemas já mencionados. Este sistema possui conexão a rede como o sistema *grid-tie*, porém também possui também um banco de baterias que servem como armazenagem de energia como ocorre no *off-grid*. Esse sistema é considerado mais caro que os *grid-tie* convencionais devido à necessidade de diversos mecanismos de segurança, equipamentos específicos e um banco de baterias em seu conjunto de funcionamento.

5. FORMAS DE UTILIZAÇÃO

As classificações de formas de utilização utilizam o critério de capacidade de geração do sistema fotovoltaico. Os principais locais de instalação são em residências, indústrias e estabelecimentos comerciais onde cada um demanda um volume diferente de energia e devido a sua diferença de tamanho. Segundo estudos do Portal Solar, uma residência comum raramente vai precisar de um gerador de energia solar maior do que 10kwp (que ocupa uma área máxima de 70m²), em média, casas de 3 quartos precisam de um sistema de 3kwp (21m²). Portanto estabeleceram-se limites de potência para classificarmos cada tipo de uso.

- Sistema Fotovoltaico Residencial de energia solar conectado a rede: 1-10Kwp;
- Sistema Fotovoltaico Comercial de energia solar conectado a rede: 10-100 Kwp;
- Sistema Fotovoltaico Industrial de energia solar conectado a rede: 100 – 1000Kwp.

A energia solar residencial permite a geração de energia para consumo próprio onde os excedentes podem vir a ser vendidos à rede por um valor determinado por contratos padronizados para cada distribuidora ou pode ser um crédito de energia para um consumo futuro deste mesmo usuário. O cálculo do sistema fotovoltaico mais adequado para se instalar em residências se baseia em três premissas iniciais como o consumo de energia elétrica em kwh, a área disponível para a possível instalação dos painéis solares assim como a localidade geográfica que determinará a incidência de irradiação solar e, portanto, a capacidade de geração daquele sistema. A energia residência demanda uma potência que varia de 1 a 10 kwp.

O sistema fotovoltaico para empresas e para indústrias possuem os mesmos princípios de instalação da residencial, permitindo a geração de energia para o consumo próprio e possíveis abatimentos nas tarifas de energia elétrica. Assim como a forma de geração, os cálculos seguem as mesmas premissas citadas acima, consumo de energia, área disponível e localização. O ponto que os distingue

é a demanda de potência e conseqüentemente a quantidade de painéis solares a serem instalados. A energia de residência demanda uma potência que varia de 1 a 10 kwp. Os sistemas fotovoltaicos comerciais geralmente tem uma potencia instalada entre 10kwp e 100Kwp, ocupando uma área entre 65m² e 700m². Enquanto os sistemas Fotovoltaicos Industriais de energia solar tem uma potência instalada entre 100kwp e 1000Kwp, ocupando uma área entre 650m² e 7000m² que varia de acordo com a instalação.

a. VANTAGENS E DESVANTAGENS

O sistema fotovoltaico oferece uma série de vantagens ao consumidor, muitas delas relacionadas a redução de custos a longo prazo e meio ambiente por ser considerada uma energia limpa. Apesar das muitas vantagens, existem ainda fatores que podem pesar contra uma possível instalação.

Dentre suas vantagens podemos ressaltar:

- Em casos de sistema conectados a rede, a redução de perdas por transmissão e distribuição de energia, já que a eletricidade é consumida onde é produzida;
- A redução de investimentos em linhas de transmissão e distribuição já que a eletricidade será consumida dentro os pontos de utilização geograficamente mais próximos;
- Para regiões isoladas, tornou-se a solução, pois são locais sem acesso a rede elétrica que podem usufruir de uma energia mais barata que geradores a diesel ou óleo combustível;
- Independência de uma fonte esgotável como o petróleo, considerado uma das maiores fontes de energia no mundo;
- Baixo impacto ambiental no consumo independente do sistema escolhido por ser uma energia renovável;

- Baixo impacto ambiental em sua produção, pois durante a sua vida útil, gera mais de 20 vezes a energia consumida na sua fabricação;
- Não há poluição sonora, pois os painéis fotovoltaicos não fazem um único barulho ao gerarem energia solar. O processo fotovoltaico é um processo 100% silencioso;
- Fornecimento de maiores quantidades de eletricidade nos momentos de maior demanda (ex.: o uso de ar-condicionado é maior ao meio-dia no Brasil, quando há maior incidência solar e, conseqüentemente, maior geração elétrica solar, compensando o consumo);
- A não exigência de área física dedicada;
- Fácil manuseamento dos módulos permite instalações simples e adaptáveis;
- Curtos prazos de instalação o que aumenta a geração elétrica necessária em determinado ponto ou edificação;
- O custo de operação é reduzido, não necessita de combustível ou transporte. Sua manutenção é quase inexistente, pois como não existem peças móveis em seu sistema de captura de energia, seu desgaste mecânico ao longo de sua vida útil é quase nulo. A Manutenção é voltada apenas para limpezas anuais;
- Baixo custo do consumo de energia considerando sua vida útil (a longo prazo).

Quanto às desvantagens, destacam-se os pontos abaixo:

- O preço do sistema fotovoltaico que tem um custo alto de aquisição (o preço mínimo de instalação varia entre 25 e 30 mil reais)

sendo raramente competitivos do ponto de vista econômico em relação aos outros tipos de geradores como gásóleo;

- Não há funcionamento durante a noite e a captação de energia pode cair em dias nublados ou chuvosos. Existe uma necessidade de se conectar na rede ou comprar um banco de baterias para suprir esses períodos;
- O custo do para fabricação dos módulos fotovoltaicos é bastante elevado inclusive devido a extração do silício adequado;
- O rendimento real de conversão de um módulo é reduzido face ao custo do investimento.

ANEXO B

Dados Climatológicos do Rio de Janeiro.

Dados climatológicos para Rio de Janeiro (Praça Mauá)													
Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Temperatura máxima absoluta (°C)	40,9	41,8	41	39,3	36,3	35,9	34,9	38,9	40,6	40,7	40,5	42	42
Temperatura máxima média (°C)	30,2	30,2	29,4	27,8	26,4	25,2	25	25,5	25,4	26	27,4	28,6	27,3
Temperatura média (°C)	26,3	26,6	26	24,4	22,8	21,8	21,3	21,8	22,2	22,9	24	25,3	23,8
Temperatura mínima média (°C)	23,3	23,5	23,3	21,9	20,4	18,7	18,4	18,9	19,2	20,2	21,4	22,4	21
Temperatura mínima absoluta (°C)	17,7	18,9	18,6	16,2	11,1	11,6	12,2	10,6	10,2	10,1	15,1	17,1	10,1
Horas de sol	211,9	201,3	206,4	181	186,3	175,1	188,6	184,8	146,2	152,1	168,5	179,6	2 181,8

Fonte : MODIFICADO INMET

ANEXO C



CS6K-275 | 280 | 285 M

Canadian Solar's modules use the latest innovative cell technology, increasing module power output and system reliability, ensured by 15 years of experience in module manufacturing, well-engineered module design, stringent BOM quality testing, an automated manufacturing process and 100% EL testing.



*Black frame product can be provided upon request.

KEY FEATURES

-  Excellent module efficiency of up to 17.41 %
-  High PTC High PTC rating of up to 90.7%
-  Outstanding low irradiance performance of up to 96.5 %
-  IP67 IP67 junction box for long-term weather endurance
-  Heavy snow load up to 6000 Pa, wind load up to 4000 Pa *

25 years linear power output warranty

10 years product warranty on materials and workmanship

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001:2008 / Quality management system
 ISO 14001:2004 / Standards for environmental management system
 OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

IEC 61215 / IEC 61730: VDE / CE / MCS / JET / CEC AU / CQC / INMETRO
 UL 1703 / IEC 61215 performance: CEC listed (US)
 UL 1703: CSA / IEC 61701 ED2: VDE / IEC 62716: VDE
 UNI 9177 Reaction to Fire: Class 1
 IEC 60068-2-68: SGS

Take-e-way



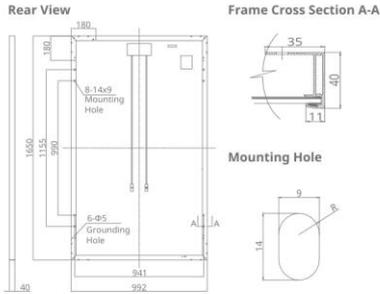
* As there are different certification requirements in different markets, please contact your local Canadian Solar sales representative for the specific certificates applicable to the products in the region in which the products are to be used.

CANADIAN SOLAR INC. is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 17 GW deployed around the world since 2001, Canadian Solar Inc. (NASDAQ: CSIQ) is one of the most bankable solar companies worldwide.

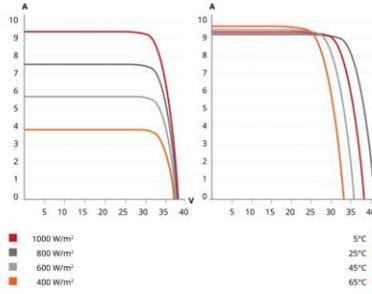
*For detail information, please refer to Installation Manual.

CANADIAN SOLAR INC.
 545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, www.canadiansolar.com, support@canadiansolar.com

ENGINEERING DRAWING (mm)



CS6K-280M / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

CS6K	275 M	280 M	285 M
Nominal Max. Power (Pmax)	275 W	280 W	285 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	31.3 V	31.5 V	31.7 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.80 A	8.89 A	8.98 A
Open Circuit Voltage (Voc)	38.3 V	38.5 V	38.6 V
Short Circuit Current (Isc)	9.31 A	9.43 A	9.51 A
Module Efficiency	16.80 %	17.11 %	17.41 %
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C		
Max. System Voltage	1000 V (IEC) or 1000 V (UL)		
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)		
Max. Series Fuse Rating	15 A		
Application Classification	Class A		
Power Tolerance	0 ~ + 5 W		

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

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline, 6 inch
Cell Arrangement	60 (6×10)
Dimensions	1650×992×40 mm (65.0×39.1×1.57 in)
Weight	18.2 kg (40.1 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame Material	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP67, 3 diodes
Cable	4 mm² (IEC) or 4 mm² & 12 AWG 1000 V (UL), 1000 mm (39.4 in)
Connector	T4 series or PV2 series
Per Pallet	26 pieces, 520 kg (1146.4 lbs)
Per container (40' HQ)	728 pieces

ELECTRICAL DATA | NOCT*

CS6K	275 M	280 M	285 M
Nominal Max. Power (Pmax)	199 W	202 W	206 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	28.5 V	28.7 V	28.9 V
Opt. Operating Current (Imp)	6.95 A	7.04 A	7.12 A
Open Circuit Voltage (Voc)	35.1 V	35.3 V	35.4 V
Short Circuit Current (Isc)	7.54 A	7.63 A	7.70 A

* Under Nominal Operating Cell Temperature (NOCT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.41 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.31 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.053 % / °C
Nominal Operating Cell Temperature	45±2 °C

PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE

Outstanding performance at low irradiance, with an average relative efficiency of 96.5 % from irradiances, between 1000 W/m² and 200 W/m² (AM 1.5, 25°C).

The specification and key features described in this datasheet may deviate slightly and are not guaranteed. Due to on-going innovation, research and product enhancement, Canadian Solar Inc. reserves the right to make any adjustment to the information described herein at any time without notice. Please always obtain the most recent version of the datasheet which shall be duly incorporated into the binding contract made by the parties governing all transactions related to the purchase and sale of the products described herein.

Caution: For professional use only. The installation and handling of PV modules requires professional skills and should only be performed by qualified professionals. Please read the safety and installation instructions before using the modules.

PARTNER SECTION





QUARTECH CS6P-260 | 265 | 270P

Canadian Solar's new Quartech modules have significantly raised the standard of module efficiency in the solar industry. They introduced innovative four busbar cell technology, which demonstrates higher power output and higher system reliability. Worldwide, our customers have embraced this next generation of modules for their excellent performance, superior reliability and enhanced value.



*Black frame product can be provided upon request.

NEW TECHNOLOGY

- Reduces cell series resistance
- Reduces stress between cell interconnectors
- Improves module conversion efficiency
- Improves product reliability

KEY FEATURES

-  Higher energy yield
 - Outstanding performance at low irradiance
 - Maximum energy yield at low NOCT
 - Improved energy production through reduced cell series resistance
-  Increased system reliability
 - Long-term system reliability with IP67 junction box
 - Enhanced system reliability in extreme temperature environment with special cell level stress release technology
-  Extra value to customers
 - Positive power tolerance of up to 5 W
 - Stronger 40 mm robust frame to hold snow load up to 5400 Pa and wind load up to 2400 Pa
 - Anti-glare project evaluation
 - Salt mist, ammonia and blowing sand resistance apply to seaside, farm and desert environments*

25 years linear power output warranty

10 years product warranty on materials and workmanship

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001:2008 / Quality management system
 ISO/TS 16949:2009 / The automotive industry quality management system
 ISO 14001:2004 / Standards for environmental management system
 OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

IEC 61215/IEC 61730: VDE/MCS/CE / JET/SII/CEC AU/INMETRO/CQC
 UL 1703 / IEC 61215 performance: CEC listed (US) / FSEC (US Florida)
 UL 1703: CSA / IEC 61701 ED2: VDE / IEC 62716: VDE / IEC 60068-2-68: SGS
 Take-e-way / UNI 9177 Reaction to Fire: Class 1

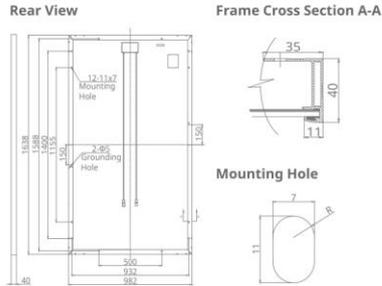


CANADIAN SOLAR INC. is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. As a leading manufacturer of solar modules and PV project developer with over 14 GW of premium quality modules deployed around the world since 2001, Canadian Solar Inc. (NASDAQ: CSIQ) is one of the most bankable solar companies worldwide.

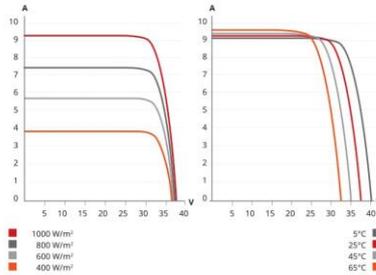
CANADIAN SOLAR INC.

545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, www.canadiansolar.com, support@canadiansolar.com

ENGINEERING DRAWING (mm)



CS6P-265P / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA / STC*

CS6P	260P	265P	270P
Nominal Max. Power (Pmax)	260 W	265 W	270 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	30.4 V	30.6 V	30.8 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.56 A	8.66 A	8.75 A
Open Circuit Voltage (Voc)	37.5 V	37.7 V	37.9 V
Short Circuit Current (Isc)	9.12 A	9.23 A	9.32 A
Module Efficiency	16.16 %	16.47 %	16.79 %
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C		
Max. System Voltage	1000 V (IEC) or 1000 V (UL)		
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC61730)		
Max. Series Fuse Rating	15 A		
Application Classification	Class A		
Power Tolerance	0 ~ + 5 W		

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

ELECTRICAL DATA / NOCT*

CS6P	260P	265P	270P
Nominal Max. Power (Pmax)	189 W	192 W	196 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	27.7 V	27.9 V	28.1 V
Opt. Operating Current (Imp)	6.80 A	6.88 A	6.97 A
Open Circuit Voltage (Voc)	34.5 V	34.7 V	34.8 V
Short Circuit Current (Isc)	7.39 A	7.48 A	7.55 A

* Under Nominal Operating Cell Temperature (NOCT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE

Industry leading performance at low irradiance, average relative efficiency of 96.5 % from an irradiance of 1000 W/m² to 200 W/m² (AM 1.5, 25°C).

The specification and key features described in this datasheet may deviate slightly and are not guaranteed. Due to on-going innovation, research and product enhancement, Canadian Solar Inc. reserves the right to make any adjustment to the information described herein at any time without notice. Please always obtain the most recent version of the datasheet which shall be duly incorporated into the binding contract made by the parties governing all transactions related to the purchase and sale of the products described herein.

Caution: For professional use only. The installation and handling of PV modules requires professional skills and should only be performed by qualified professionals. Please read the safety and installation instructions before using the modules.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline, 6 inch
Cell Arrangement	60 (6×10)
Dimensions	1638×982×40 mm (64.5×38.7×1.57 in)
Weight	18 kg (39.7 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame Material	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP67, 3 diodes
Cable	4 mm² (IEC) or 4 mm² & 12AWG 1000 V (UL), 1000 mm (39.4 in) (650 mm (25.6 in) is optional)
Connectors	Friends PV2a (IEC), Friends PV2b (IEC / UL)
Standard	26 pieces, 515 kg (1135.4 lbs)
Packaging	(quantity & weight per pallet)
Module Pieces per Container	728 pieces (40' HQ)

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.41 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.31 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.053 % / °C
Nominal Operating Cell Temperature	45±2 °C

PARTNER SECTION



Scan this QR-code to discover solar projects built with this module



YINGLI SOLAR

YLM 60 CELL 40mm SERIES

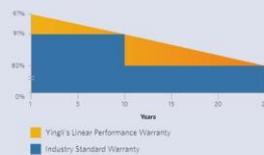


19.9%
CELL EFFICIENCY

10 YEAR
PRODUCT WARRANTY

0 - 5W
POWER TOLERANCE

25 Years Linear Warranty



YINGLISOLAR.COM



IMPROVED POWER NEVER SETTLE FOR LESS

Choosing the best P-type monocrystalline cells, YLM series modules are making the best out of your system. Trust in the expertise of Yingli and well proven technology.

+ $\frac{W}{m^2}$ High Power Density

High conversion efficiency and more power output per square meter.

Durability

Durable PV modules, independently tested for harsh environmental conditions such as exposure to salt mist, ammonia and known PID risk factors.



Advanced Glass

Our high-transmission glass features a unique anti-reflective coating that directs more light on the solar cells, resulting in a higher energy yield.



PID Resistant

Tested in accordance to the standard IEC 62804, our PV modules have demonstrated resistance against PID (Potential Induced Degradation), which translates to security for your investment.

Yingli Green Energy

Yingli Green Energy Holding Company Limited (NYSE: YGE), known as "Yingli Solar" is one of the world's leading solar panel manufacturers with the mission to provide affordable green energy for all. Deploying more than 60 million solar panels worldwide, Yingli Solar makes solar power possible for communities everywhere by using our global manufacturing and logistics expertise to address unique local challenges.

YLM 60 CELL 40mm SERIES

ELECTRICAL PERFORMANCE

Electrical parameters at Standard Test Conditions (STC)						
Module type		YLxxxD-30b (xxx=P _{max})				
Power output	P _{max}	W	290	285	280	275
Power output tolerances	ΔP _{max}	W	0 / +5			
Module efficiency	η _m	%	17.9	17.6	17.2	16.9
Voltage at P _{max}	V _{mp}	V	31.9	31.7	31.4	31.2
Current at P _{max}	I _{mp}	A	9.08	9.00	8.91	8.82
Open-circuit voltage	V _{oc}	V	39.9	39.6	39.3	38.9
Short-circuit current	I _{sc}	A	9.45	9.41	9.38	9.31

STC: 1000W/m² irradiance, 25°C cell temperature, AM1.5g spectrum according to EN 60904-3.
Average relative efficiency reduction of 3.0% at 200W/m² irradiance according to EN 60904-1.

Electrical parameters at Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)						
Power output	P _{max}	W	211.5	207.9	204.2	200.6
Voltage at P _{max}	V _{mp}	V	29.1	28.9	28.7	28.4
Current at P _{max}	I _{mp}	A	7.26	7.20	7.13	7.06
Open-circuit voltage	V _{oc}	V	36.8	36.6	36.3	35.9
Short-circuit current	I _{sc}	A	7.64	7.61	7.58	7.55

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

THERMAL CHARACTERISTICS

Nominal operating cell temperature	NOCT	°C	46 +/- 2
Temperature coefficient of P _{max}	γ	%/°C	-0.42
Temperature coefficient of V _{oc}	β _{oc}	%/°C	-0.32
Temperature coefficient of I _{sc}	α _{sc}	%/°C	0.05

OPERATING CONDITIONS

Max. system voltage	1000V _{DC}
Max. series fuse rating	15A
Limiting reverse current	15A
Operating temperature range	-40°C to 85°C
Max. static load, front (e.g., snow)	5400Pa
Max. static load, back (e.g., wind)	2400Pa
Max. hailstone impact (diameter / velocity)	25mm / 23m/s

CONSTRUCTION MATERIALS

Front cover (material / thickness)	low-iron tempered glass / 3.2mm
Cell (quantity / material / dimensions / number of busbars)	60 / monocrystalline silicon / 156mm x 156mm / 3 or 4
Frame (material)	anodized aluminum alloy
Junction box (protection degree)	≥ IP65
Cable (length / cross-sectional area)	1000mm / 4mm ²
Plug connector (type / protection degree)	MC4 / IP68 or YT08-1 / IP67 or Amphenol H4 / IP68

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

QUALIFICATIONS & CERTIFICATES

IEC 61215, IEC 61730, CE, MCS, ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, BS OHSAS 18001:2007, PV Cycle, SA 8000



© Yingli Green Energy Holding Co., Ltd.

DS_YLM60Cell-30b_40mm_EU_EN_20160121_V04

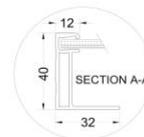
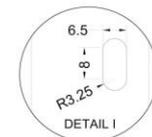
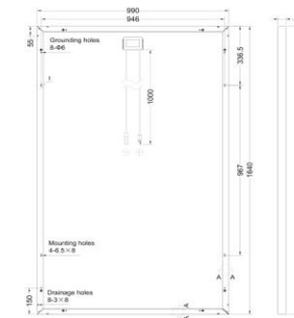
GENERAL CHARACTERISTICS

Dimensions (L / W / H)	1640mm / 990mm / 40mm
Weight	18.5kg

PACKAGING SPECIFICATIONS

Number of modules per pallet	26
Number of pallets per 40' container	28
Packaging box dimensions (L / W / H)	1700mm / 1160mm / 1165mm
Box weight	514kg

Unit: mm



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

Yingli Partners:

Yingli Green Energy Holding Co., Ltd.

service@yingli.com

Tel: +86-312-2188055

YINGLISOLAR.COM



/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



FRONIUS PRIMO

/ The communicative inverter for optimised energy management.



/ SnapINverter Technology



/ Integrated data communication



/ SuperFlex Design



/ Dynamic Peak Manager



/ Smart Grid Ready

/ The Fronius Primo in power categories from 3.0 to 8.2 kW perfectly completes the new SnapINverter generation. This single-phase, transformerless device is the ideal inverter for private households. Its innovative SuperFlex Design provides maximum flexibility in system design, while the SnapINverter mounting system makes installation and maintenance easier than ever before. The communication package included as standard, with WLAN, energy management, several interfaces and much more besides, makes the Fronius Primo a communicative inverter for owner-occupiers.

TECHNICAL DATA FRONIUS PRIMO (3.0-1, 3.5-1, 3.6-1, 4.0-1, 4.6-1)

INPUT DATA	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Max. input current ($I_{dc \text{ max } 1} / I_{dc \text{ max } 2}$)			12.0 A / 12.0 A		
Max. array short circuit current (MPP/MPP ₂)			18.0 A / 18.0 A		
Min. input voltage ($U_{dc \text{ min}}$)			80 V		
Feed in start voltage ($U_{dc \text{ start}}$)			80 V		
Nominal input voltage ($U_{dc \text{ n}}$)			710 V		
Max. input voltage ($U_{dc \text{ max}}$)			1,000 V		
MPP voltage range ($U_{mpp \text{ min}} - U_{mpp \text{ max}}$)		200 - 800 V		210 - 800 V	240 - 800 V
Number of MPP trackers			2		
Number of DC connections			2 + 2		
OUTPUT DATA	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
AC nominal output ($P_{ac \text{ r}}$)	3,000 W	3,500 W	3,680 W	4,000 W	4,600 W
Max. output power	3,000 VA	3,500 VA	3,680 VA	4,000 VA	4,600 VA
AC output current ($I_{ac \text{ nom}}$)	13.0 A	15.2 A	16.0 A	17.4 A	20.0 A
Grid connection (voltage range)			1 - NPE 220 V / 230 V (180 V - 270 V)		
Frequency (frequency range)			50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)		
Total harmonic distortion			< 5 %		
Power factor ($\cos \phi_{ac \text{ r}}$)			0.85 - 1 ind. / cap.		

TECHNICAL DATA FRONIUS PRIMO (3.0-1, 3.5-1, 3.6-1, 4.0-1, 4.6-1)

GENERAL DATA	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Dimensions (height x width x depth)	645 x 431 x 204 mm				
Weight	21.5 kg				
Degree of protection	IP 65				
Protection class	1				
Overvoltage category (DC / AC) ¹⁾	2 / 3				
Night time consumption	< 1 W				
Inverter design	Transformerless				
Cooling	Regulated air cooling				
Installation	Indoor and outdoor installation				
Ambient temperature range	-40 - +55 °C				
Permitted humidity	0 - 100 %				
Max. altitude	4,000 m				
DC connection technology	2x DC+1, 2x DC+2 and 4x DC- screw terminals 2.5 - 16 mm ²				
AC connection technology	3-pole AC screw terminals 2.5 - 16 mm ²				
Certificates and compliance with standards	DIN V VDE 0126-1-1/A1, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 4777-2, AS 4777-3, G83/2, G59/3, CEI 0-21				

EFFICIENCY	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Max. efficiency	97.9 %	98.0 %	98.0 %	98.0 %	98.0 %
European efficiency (η_{ref})	96.1 %	96.8 %	96.8 %	97.0 %	97.0 %
η at 5 % $P_{ac,r^{2)}$	80.8 / 82.5 / 82.5 %	80.8 / 82.5 / 82.5 %	80.8 / 82.5 / 82.5 %	80.8 / 82.5 / 82.5 %	80.8 / 82.5 / 82.5 %
η at 10 % $P_{ac,r^{2)}$	84.1 / 86.5 / 86.1 %	86.3 / 93.6 / 91.8 %	86.3 / 93.6 / 91.8 %	86.6 / 93.9 / 92.2 %	88.9 / 94.4 / 92.9 %
η at 20 % $P_{ac,r^{2)}$	90.3 / 95.5 / 94.8 %	91.6 / 96.2 / 95.2 %	91.6 / 96.2 / 95.2 %	92.2 / 96.7 / 95.6 %	93.0 / 97.0 / 95.9 %
η at 25 % $P_{ac,r^{2)}$	91.8 / 96.4 / 95.1 %	92.7 / 96.9 / 95.8 %	92.7 / 96.9 / 95.8 %	93.2 / 97.2 / 96.1 %	93.9 / 97.2 / 96.6 %
η at 30 % $P_{ac,r^{2)}$	92.7 / 96.9 / 96.0 %	93.5 / 97.2 / 96.3 %	93.5 / 97.2 / 96.3 %	94.0 / 97.2 / 96.8 %	94.5 / 97.3 / 96.9 %
η at 50 % $P_{ac,r^{2)}$	94.5 / 97.4 / 97.0 %	95.0 / 97.7 / 97.3 %	95.0 / 97.7 / 97.3 %	95.2 / 97.8 / 97.4 %	95.6 / 97.9 / 97.6 %
η at 75 % $P_{ac,r^{2)}$	95.4 / 97.9 / 97.7 %	95.6 / 97.8 / 97.8 %	95.6 / 97.8 / 97.8 %	95.8 / 97.9 / 97.8 %	96.0 / 97.9 / 97.8 %
η bei 100 % $P_{ac,r^{2)}$	95.7 / 97.9 / 97.8 %	95.8 / 98.0 / 97.8 %	95.8 / 98.0 / 97.8 %	95.9 / 98.0 / 97.9 %	96.2 / 97.9 / 98.0 %
MPP adaptation efficiency	> 99.9 %				

PROTECTIVE DEVICES	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
DC insulation measurement	Yes				
Overload behaviour	Operating point shift, Power limitation				
DC disconnecter	Yes				

INTERFACES	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solarweb, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)				
6 inputs and 4 digital in/out	Interface to ripple control receiver				
USB (A socket) ³⁾	Datalogging, inverter update via USB flash drive				
2x RS422 (RJ45 socket) ³⁾	Fronius Solar Net				
Signalling output ³⁾	Energy management (potential-free relay output)				
Datalogger and Webserver	Included				
External input ³⁾	S0 Meter Interface / Input for overvoltage protection				
RS485	Modbus RTU SunSpec or meter connection				

¹⁾ According to IEC 62109-1.

²⁾ And at $U_{mpp \min} / U_{dc,r} / U_{mpp \max}$

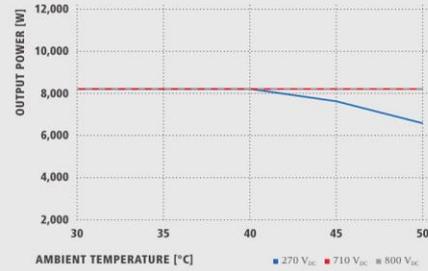
³⁾ Also available in the light version.

Further information regarding the availability of the inverters in your country can be found at www.fronius.com.

FRONIUS PRIMO 8.2-1 EFFICIENCY CURVE



FRONIUS PRIMO 8.2-1 TEMPERATURE DERATING



TECHNICAL DATA FRONIUS PRIMO (5.0-1, 5.0-1 AUS, 6.0-1, 8.2-1)

INPUT DATA	PRIMO 5.0-1	PRIMO 5.0-1 AUS	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Max. input current ($I_{dc, max 1} / I_{dc, max 2}$)	12.0 A / 12.0 A		18.0 A / 18.0 A	
Max. array short circuit current (MPP/MPP ₂)	18.0 A / 18.0 A		27.0 A / 27.0 A	
Min. input voltage ($U_{dc, min}$)			80 V	
Feed-in start voltage ($U_{dc, start}$)			80 V	
Nominal input voltage ($U_{dc, n}$)			710 V	
Max. input voltage ($U_{dc, max}$)			1,000 V	
MPP voltage range ($U_{mpp, min} - U_{mpp, max}$)		240 - 800 V		270 - 800 V
Number of MPP trackers			2	
Number of DC connections			2 + 2	
OUTPUT DATA	PRIMO 5.0-1	PRIMO 5.0-1 AUS	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
AC nominal output ($P_{ac, n}$)	5,000 W	4,600 W	6,000 W	8,200 W
Max. output power	5,000 VA	5,000 VA	6,000 VA	8,200 VA
AC output current ($I_{ac, nom}$)	21.7 A	21.7 A	26.1 A	35.7 A
Grid connection (voltage range)			1 - NPE 220 V / 230 V (180 V - 270 V)	
Frequency (frequency range)			50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)	
Total harmonic distortion			< 5 %	
Power factor ($\cos \phi_{ac, r}$)			0.85 - 1 ind. / cap.	
GENERAL DATA	PRIMO 5.0-1	PRIMO 5.0-1 AUS	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Dimensions (height x width x depth)		645 x 431 x 204 mm		
Weight		21.5 kg		
Degree of protection		IP 65		
Protection class		1		
Overvoltage category (DC / AC) ¹⁾		2 / 3		
Night time consumption		< 1 W		
Inverter design		Transformerless		
Cooling		Regulated air cooling		
Installation		Indoor and outdoor installation		
Ambient temperature range		-40 - +55 °C		
Permitted humidity		0 - 100 %		
Max. altitude		4,000 m		
DC connection technology		2x DC+1, 2x DC+2 and 4x DC screw terminals 2.5 - 16 mm ²		
AC connection technology		3-pole AC screw terminals 2.5 - 16 mm ²		
Certificates and compliance with standards		DIN V VDE 0126-1-1/A1, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 4777-2, AS 4777-3, G83/2, G59/3, CEI 0-21		

¹⁾ According to IEC 62109-1. Further information regarding the availability of the inverters in your country can be found at www.fronius.com.

EFFICIENCY	PRIMO 5.0-1	PRIMO 5.0-1 AUS	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Max. efficiency	98.0 %	98.0 %	98.0 %	98.1 %
European efficiency (η_{EU})	97.1 %	97.1 %	97.3 %	97.5 %
η at 5 % P_{MPP} ¹⁾	80.8 / 82.5 / 82.5 %	80.8 / 82.5 / 82.5 %	84.6 / 86.5 / 86.0 %	85.5 / 89.6 / 88.5 %
η at 10 % P_{MPP} ¹⁾	89.6 / 94.8 / 93.1 %	89.6 / 94.8 / 93.1 %	90.5 / 95.5 / 94.6 %	92.2 / 96.0 / 94.8 %
η at 20 % P_{MPP} ¹⁾	93.4 / 97.2 / 96.2 %	93.4 / 97.2 / 96.2 %	94.0 / 97.2 / 96.8 %	94.9 / 97.4 / 97.2 %
η at 25 % P_{MPP} ¹⁾	94.1 / 97.3 / 96.8 %	94.1 / 97.3 / 96.8 %	94.7 / 97.4 / 97.0 %	95.5 / 97.7 / 97.6 %
η at 30 % P_{MPP} ¹⁾	94.7 / 97.4 / 97.0 %	94.7 / 97.4 / 97.0 %	95.1 / 97.6 / 97.3 %	95.8 / 97.9 / 97.7 %
η at 50 % P_{MPP} ¹⁾	95.8 / 97.9 / 97.7 %	95.8 / 97.9 / 97.7 %	96.0 / 97.9 / 97.8 %	96.3 / 98.0 / 98.0 %
η at 75 % P_{MPP} ¹⁾	96.1 / 98.0 / 97.9 %	96.1 / 98.0 / 97.9 %	96.2 / 98.0 / 98.0 %	96.3 / 98.1 / 97.9 %
η at 100 % P_{MPP} ¹⁾	96.2 / 97.9 / 97.9 %	96.2 / 97.9 / 97.9 %	96.2 / 98.0 / 97.9 %	96.2 / 97.7 / 97.7 %
MPP adaptation efficiency			> 99.9 %	

PROTECTIVE DEVICES	PRIMO 5.0-1	PRIMO 5.0-1 AUS	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
DC insulation measurement			Yes	
Overload behaviour		Operating point shift, power limitation		
DC disconnecter			Yes	

INTERFACES	PRIMO 5.0-1	PRIMO 5.0-1 AUS	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
WLAN / Ethernet LAN		Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)		
6 inputs and 4 digital in/out		Interface to ripple control receiver		
USB (A socket) ²⁾		Datalogging, inverter update via USB flash drive		
2x RS422 (RJ45 socket) ²⁾		Fronius Solar Net		
Signalling output ²⁾		Energy management (potential-free relay output)		
Datalogger and Webserver		Included		
External input ²⁾		S0-Meter Interface / Input for overvoltage protection		
RS485		Modbus RTU SunSpec or meter connection		

¹⁾ And at $U_{MPP\ min} / U_{DC} / U_{MPP\ max}$
²⁾ Also available in the light version.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

WE HAVE THREE DIVISIONS AND ONE PASSION: SHIFTING THE LIMITS OF POSSIBILITY.

/ Whether welding technology, photovoltaics or battery charging technology – our goal is clearly defined: to be the innovation leader. With around 3,300 employees worldwide, we shift the limits of what's possible – our record of over 900 granted patents is testimony to this. While others progress step by step, we innovate in leaps and bounds. Just as we've always done. The responsible use of our resources forms the basis of our corporate policy.

Further information about all Fronius products and our global sales partners and representatives can be found at www.fronius.com

v05 May 2015 EN

Fronius India Private Limited
 GAT no 312, Nanekarwadi
 Chakan, Taluka - Khed District
 Pune 410501
 India
 pv-sales-india@fronius.com
 www.fronius.in

Fronius Australia Pty Ltd.
 90-92 Lambeck Drive
 Tullamarine VIC 3043
 Australia
 pv-sales-australia@fronius.com
 www.fronius.com.au

Fronius UK Limited
 Maidstone Road, Kingston
 Milton Keynes, MK10 0BD
 United Kingdom
 pv-sales-uk@fronius.com
 www.fronius.co.uk

Fronius International GmbH
 Froniusplatz 1
 4600 Wels
 Austria
 pv-sales@fronius.com
 www.fronius.com

Text and images correspond to the current state of technology at the time of printing. Subject to modifications.
 All information is without guarantee in spite of careful editing. Liability excluded. Copyright © 2011 Fronius®. All rights reserved.
 M06.082.0EN v06 Sep 2015 ast7
 v05 May 2015 EN