

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

ISIS RESTIVO DUAIK

ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE FINANCEIRA DA IMPLEMENTAÇÃO
DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO EM UM HOSPITAL PÚBLICO

São Carlos

2018

ISIS RESTIVO DUAIK

ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE FINANCEIRA DA IMPLEMENTAÇÃO
DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO EM UM HOSPITAL PÚBLICO

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica com Ênfase em Automação e Sistemas de Energia, da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheira Eletricista.

Orientadora: Prof. Dr. Daisy Aparecida do Nascimento Rebelatto

VERSÃO CORRIGIDA

São Carlos

2018

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

R81a	Restivo Duaik, Isis Análise da Viabilidade Financeira de Implementação de um Sistema Fotovoltaico em um Hospital Público / Isis Restivo Duaik; orientadora Daisy Aparecida do Nascimento Rebelatto; coorientador Diogo Ferraz. São Carlos, 2018. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Energia e Automação) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2018. 1. Energia renovável. 2. Sistemas fotovoltaicos. 3. PVsyst. 4. Viabilidade financeira. 5. Hospitais. I. Título.
------	---

Eduardo Graziosi Silva - CRB - 8/8907

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Isis Restivo Duaik

Título: “Estudo sobre a viabilidade financeira da implementação de um sistema fotovoltaico em um hospital público”

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado
em 05/12/2018,

com NOTA 10,0 (dez), pela Comissão Julgadora:

*Profa. Associada Daisy Aparecida do Nascimento Rebelatto -
Orientadora - SEP/EESC/USP*

Mestre Diogo Ferraz - Doutorando - SEP/EESC/USP

Prof. Dr. Manoel Luis de Aguiar - SEL/EESC/USP

Coordenador da CoC-Engenharia Elétrica - EESC/USP:
Prof. Associado Rogério Andrade Flauzino

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Luciana e Cesar.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Luciana e Cesar, agradeço pelo amor e generosidade incondicionais. À minha pequena irmã, Laila, por ser minha fonte segura de apoio. Ao meu namorado, Ewerton, por me inspirar a ser minha melhor versão. Aos meus amigos Pacheco, Bassan, Nathalia e Emily pela amizade, apoio e companhia nas intermináveis madrugadas de estudos. Ao meu amigo Eduardo por todo o suporte prestado.

À Universidade de São Paulo, à Escola de Engenharia de São Carlos e seus colaboradores, agradeço pela oportunidade de estudo. Agradeço minha orientadora Daisy e ao meu co-orientador Diogo por me aconselharem de maneira tão pertinente e por me fornecerem os meios para o desenvolvimento deste trabalho. Também agradeço à Jeanne por inserções muito contribuidoras. Por fim, agradeço à Universidade Federal de São Carlos e aos colaboradores do Hospital Universitário, principalmente ao engenheiro Leandro Azeka, por permitirem que meu Trabalho de Conclusão de Curso fosse baseado no HU, por se mostrarem sempre tão solícitos e me fornecerem os materiais e informações necessárias para o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

Duaik, I. R. **Análise da Viabilidade Financeira de Implementação de um Sistema Fotovoltaico em um Hospital Público.** 2018. 124 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

Tendo em vista as consequências negativas da utilização excessiva de recursos energéticos não renováveis e o contínuo desenvolvimento de tecnologias relacionadas à energia solar fotovoltaica, o presente trabalho tem como objetivo responder a seguinte pergunta de pesquisa: sistemas de energia fotovoltaica são economicamente viáveis para hospitais universitários? A fim de responder a esta questão, foi dimensionado um sistema fotovoltaico no estacionamento do Hospital Universitário da Universidade Federal de São Carlos e analisada a viabilidade financeira de sua instalação. Para atender a este objetivo geral, o trabalho desenvolve uma revisão bibliográfica da literatura sobre Energia Fotovoltaica e Hospitais Universitários, descreve os métodos utilizados para este tipo de análise e mensura, a partir do fluxo de caixa do trabalho, sua viabilidade financeira. A partir das análises concluiu-se que o trabalho é financeiramente viável, com uma expectativa de geração de 194,2 MWh no primeiro ano e um *payback* de 7 anos. Este trabalho contribui para a viabilização de projetos fotovoltaicos em hospitais universitários, o que pode contribuir para a diminuição do consumo de energia elétrica no estabelecimento, levando à diminuição dos seus custos operacionais, redução da emissão de poluição e diversificação da matriz energética do Brasil. Ademais, os resultados deste trabalho poderão ser utilizados como base científica para outros estudos como, por exemplo, hospitais e clínicas, tanto públicos como privados.

Palavras-chave: Energia renovável. Sistemas fotovoltaicos. PVsyst. Viabilidade financeira. Hospitais.

ABSTRACT

Duaik, I. R. **Analysis of the Financial Viability of Implementation of a Photovoltaic System in a Public Hospital.** 2018. 124 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

In view of the negative consequences of the excessive use of nonrenewable energy resources and the continuous development of technologies related to photovoltaic solar energy, this paper aims to answer the following question: are photovoltaic energy systems economically viable for university hospitals? In order to answer this question, a photovoltaic system was designed in the parking lot of the Hospital from the Federal University of São Carlos and it was analyzed the financial viability of its installation. In order to meet this general objective, the paper develops a bibliographical review of the literature on Photovoltaic Energy and University Hospitals, describes the methods used for this type of analysis and measures, the cash flow of the work and its financial feasibility. From the analysis it was concluded that the work is financially feasible, with an expectation of generation of 194.2 MWh in the first year and a payback of 7 years. This work contributes to the feasibility of photovoltaic projects in university hospitals, which can contribute to the reduction of the electric energy consumption in the establishment, leading to the reduction of its operational costs, reduction of pollution emission and diversification of the Brazilian energy matrix. In addition, the results of this work could be used as a scientific basis for other studies, such as hospitals and clinics, both public and private.

Keywords: Renewable energy. Photovoltaic systems. PVsyst. Financial viability. Hospitals.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Demonstração ilustrativa de um Fluxo de Caixa.....	33
Figura 2 – Representação de um sistema fotovoltaico <i>off-grid</i> em uma residência.....	39
Figura 3 – Funcionamento do sistema de tarifação.....	42
Figura 4 – Representação de um sistema fotovoltaico <i>on-grid</i>	43
Figura 5 – Média anual de insolação diária no Brasil em MJ/m ² .dia.....	45
Figura 6 – Estrutura de uma célula fotovoltaica.....	49
Figura 7 – Célula de silício monocristalino, policristalino e filme-fino.....	51
Figura 8 – Componentes de um módulo fotovoltaico.....	55
Figura 9 – <i>String box</i>	56
Figura 10 – Curva característica I–V de corrente e tensão de um módulo fotovoltaico.....	57
Figura 11 – Curva característica P–V de potência e tensão de um módulo fotovoltaico.....	58
Figura 12 – Influência da radiação solar na operação do módulo fotovoltaico.....	59
Figura 13 – Influências da temperatura na curva I – V de uma célula fotovoltaica.....	60
Figura 14 – Módulo fotovoltaico com iluminação parcial.....	61
Figura 15 – Módulo fotovoltaico iluminado com uma célula solar sombreada que resulta no desvio de uma cadeia de 20 células solares.....	62
Figura 16 – Resultado do sombreamento na característica I –V do módulo.....	63
Figura 17 – Método do trabalho.....	65
Figura 18 – HU-UFSCar com os três possíveis locais de implementação do projeto.....	69
Figura 19 – Sombreamento do local 1 às 10h.....	71
Figura 20 – Estacionamento do HU-UFSCar com medidas.....	72
Figura 21 – Estacionando do HU-UFSCar dividido em 4 coberturas.....	74
Figura 22 – Distribuição dos módulos nas 4 coberturas.....	75
Figura 23 – Localização dos quatro inversores no estacionamento.....	77
Figura 24 – Simulação da produção de energia no primeiro ano de operação.....	80
Figura 25 – Simulação da eficiência do sistema no primeiro ano de operação.....	80
Figura 26 – Simulação do diagrama de perdas do sistema no primeiro ano de operação.	82
Figura 27 – Projeção do consumo de energia elétrica pelo HU-UFSCar.....	83
Figura 28 – Projeção da produção de energia elétrica pelo sistema fotovoltaico e da tarifa de energia elétrica da hora fora ponta nos 25 de duração do sistema.....	86

Figura 29 – Economia financeira a partir da energia gerada pelo sistema fotovoltaico..	86
Figura 30 – Demonstração do Fluxo de Caixa do trabalho.....	87
Figura 31 – Demonstração do Fluxo de Caixa descontado do trabalho.....	88
Figura 32 – VPL do trabalho.....	89
Figura 33 – Comparativo de investimento no sistema fotovoltaico com investimento na conta investimento.....	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Indicadores econômicos e sociais.....	28
Tabela 2 – Inclinação recomendada dos painéis solares.....	63
Tabela 3 – Área dos três possíveis locais de implementação do sistema fotovoltaico.....	70
Tabela 4 – Especificações do painel solar.....	73
Tabela 5 – Necessidade de módulos por cobertura.....	74
Tabela 6 – Especificações do inversor das coberturas 1, 2 e 3.....	76
Tabela 7 – Especificações do inversor da cobertura 4.....	76
Tabela 8 – Componentes do sistema fotovoltaico.....	77
Tabela 9 – Orçamento dos componentes do sistema fotovoltaico.....	78
Tabela 10 – Simulação da geração de energia e principais resultados no primeiro ano de operação.....	81
Tabela 11 – Condições e consequências de cada tipo de bandeira.....	84
Tabela 12 – Componentes da tarifa de energia elétrica e preço pago pelo HU-UFSCar em 2017.....	85
Tabela 13 – TIR versus rendimento anual da conta investimento.....	91
Tabela 14 – Resumo do trabalho.....	93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SUS	–	Sistema Único de Saúde
ONU	–	Organização das Nações Unidas
HU	–	Hospital Universitário
UFSCar	–	Universidade Federal de São Carlos
HU UFSCar	–	Hospital Universitário da Universidade Federal de São Carlos
GEP	–	Gerência de Ensino e Pesquisa
GAS	–	Gerência de Atenção à Saúde
TMA	–	Taxa Mínima de Atratividade
TIR	–	Taxa Interna de Retorno
MPPT	–	Ponto de Máxima Potência/ <i>Maximum Power Point Tracking</i>
EBSERH	–	Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares
ANEEL	–	Agência Nacional de Energia Elétrica
MEC	–	Ministério da Educação
BNDES	–	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
COPOM	–	Comitê de Política Monetária
SELIC	–	Sistema Especial de Liquidação e Custódia
ANEFAC	–	Associação Nacional dos Executivos de Finanças, Administração e Contabilidade
GW	–	Gigawatt
MW	–	Megawatt
MWh	–	Megawatt-hora
kW	–	Quilowatt
kWh	–	Quilowatt-hora
Wh/m ²	–	Watt-hora por metro quadrado
β	–	Ângulo de inclinação
IBGE	–	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MJ/m ² .dia	–	Megajoule por metro quadrado por dia
Isc	–	Corrente de curto-circuito
Voc	–	Tensão em circuito aberto
Pmax	–	Ponto de máxima potência

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	21
1.1 Justificativa e objetivo.....	23
1.2 Estrutura do trabalho.....	25
2 SETOR HOSPITALAR.....	27
2.1 Políticas de saúde no Brasil.....	27
2.2 Hospitais universitários.....	27
2.3 Hospital Universitário da Universidade Federal de São Carlos.....	30
2.4 Sustentabilidade financeira.....	30
3 ANÁLISE FINANCEIRA.....	33
3.1 Valor Presente Líquido.....	34
3.2 Taxa Interna de Retorno.....	35
3.3 <i>Payback</i> – Simples e Descontado.....	36
4 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	39
4.1 Sistemas <i>off-grid</i> (Sistemas isolados).....	39
4.2 Sistemas <i>on-grid</i> (Sistemas conectados).....	40
4.2.1 Usinas de eletricidade.....	41
4.2.2 Produção Distribuída: Microgeração e Minigeração.....	41
5 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	49
5.1 Definição.....	49
5.2 História.....	51
6 PAINEL FOTOVOLTAICO.....	55
6.1 Componentes.....	55
6.2 Corrente, tensão e potência.....	57
6.3 Influências dos parâmetros externos nas características elétricas dos dispositivos fotovoltaicos.....	58
6.3.1 Radiação Solar.....	59
6.3.2 Temperatura.....	59
6.3.3 Espectro Solar.....	60
6.3.4 Sombreamento.....	61
6.3.5 Ângulo de Inclinação (β)	63
7 MÉTODO.....	65
7.1 Possíveis locais de implementação do sistema fotovoltaico.....	65

7.2	Informações dos locais de implementação do sistema fotovoltaico.....	66
7.3	Definição do local de implementação do sistema fotovoltaico.....	66
7.4	Dimensionamento do sistema fotovoltaico.....	66
7.5	Geração de energia.....	67
7.6	Análise da viabilidade financeira.....	68
7.7	Conclusão.....	68
8	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	69
8.1	Possíveis locais de implementação do sistema fotovoltaico.....	69
8.2	Informações dos possíveis locais de implementação do sistema fotovoltaico.....	69
8.3	Definição do local de implementação do sistema fotovoltaico.....	71
8.4	Dimensionamento do sistema fotovoltaico.....	72
8.4.1	Estrutura de fixação.....	72
8.4.2	Painel Solar.....	73
8.4.3	Inversor.....	76
8.4.4	Outros componentes do sistema fotovoltaico.....	77
8.4.5	Custo de instalação.....	78
8.4.6	Custo de manutenção.....	78
8.4.7	Investimento total.....	78
8.5	Geração de energia.....	79
8.5.1	Eficiência do sistema fotovoltaico.....	79
8.5.2	Projeção de geração de energia elétrica.....	82
8.5.3	Economia financeira obtida a partir do sistema fotovoltaico.....	83
8.6	Análise Financeira.....	87
8.6.1	Fluxo de Caixa.....	87
8.6.2	Valor Presente Líquido.....	88
8.6.3	Taxa Interna de Retorno (TIR)	90
8.6.4	<i>Payback</i> – Simples e Descontado.....	92
8.7	Resumo do Projeto.....	93
9	CONCLUSÃO.....	95
	REFERÊNCIAS.....	97

1. Introdução

O uso de energia é vital para os seres humanos. Ela promove empregos, conforto, mobilidade e é necessária para a geração de riqueza industrial, comercial e social. No entanto, a atual geração de energia é majoritariamente proveniente de fontes não renováveis, aquelas cujo uso de seus recursos provoca seu esgotamento.

A utilização excessiva dos recursos energéticos não renováveis tem como consequência, além do esgotamento de suas reservas, o impacto ambiental negativo, gerando, por exemplo, o agravamento do aquecimento global, a chuva ácida, a emissão de poluentes na atmosfera, a contaminação causada pela estocagem de resíduos radioativos, pelos acidentes com usinas nucleares e pela contaminação das águas (VILLALVA, 2015).

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (2017), em 1980 a geração mundial de energia através de combustíveis fósseis representava 70% e em 2014 representava 66%, ou seja, essa fonte ainda possui alta representatividade na matriz energética mundial. Considerando o eventual esgotamento dessas fontes não renováveis e os danos gerados através de sua utilização, a atual matriz energética mundial pode ser considerada insustentável à longo prazo. Nesse cenário, passaram a existir diferentes movimentos em prol de um futuro mais sustentável. Um dos objetivos da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas (ONU) consiste em “Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis” (UNITED NATIONS, 2015). Pretende-se, até 2030, alcançar a gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais.

Fontes renováveis de energia são as consideradas inesgotáveis de acordo com os padrões humanos de utilização. Elas são provenientes de ciclos naturais da Terra como, por exemplo, a radiação solar e os ventos. Alguns exemplos de fontes renováveis são a energia hidrelétrica, eólica, geotérmica, biomassa e a energia solar (VILLALVA, 2015). O espaço antes conquistado pelas fontes fósseis está sendo conquistado por estas energias [renováveis], por meio do desenvolvimento tecnológico, que permite o seu melhor aproveitamento.

Como bem observado por Pergher (2011), na busca por fontes renováveis, o Brasil apresenta grande diferencial em relação a outros países, pois sua biodiversidade permite a geração de energia por vários meios, incluindo a hidrelétrica, solar e eólica, além da busca pelo desenvolvimento de fontes alternativas como a utilização da biomassa, utilizada para a produção de combustíveis renováveis, como o etanol, o biodiesel, entre outros (AGRONEGÓCIOS E TECNOLOGIAS, 2006).

Nas próximas décadas, o desenvolvimento econômico e social demandará uma expressiva quantidade de energia e, conseqüentemente, será necessário ter um alto grau de segurança e de sustentabilidade energética. Para tanto, o Brasil, que dispõe de alta capacidade natural de recursos energéticos renováveis, tem a oportunidade de transformar suas riquezas naturais em energia, agregando valor para o país (TOLMASQUIM; GUERREIRO; GORINI, 2007).

De acordo com o Balanço Energético Nacional, do Ministério de Minas e Energia (MME), o Brasil desponta como líder em energia renovável. Em 2016, mais que 70% da geração de energia elétrica no Brasil foi originada de fontes renováveis.

Entre as fontes renováveis, existe a energia solar fotovoltaica, que será o tema de estudo do presente trabalho. Como observado por Sidawi (2011), a energia solar é proveniente do efeito fotovoltaico que é a transformação direta da luz em energia elétrica mediante as células solares, produzindo eletricidade. Os benefícios desta fonte são inúmeros, variando da não emissão de poluentes como o NO_x, SO₂, CO e, tampouco, gases do efeito estufa (CO₂, CH₄, N₂O e outros) até a redução de gastos com energia elétrica (EPE, 2017).

O Brasil possui mais de 1 GW de capacidade instalada em usinas de energia solar. Em nota a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica divulgou que esse patamar foi alcançado por apenas 30 países no mundo (ABSOLAR, 2018). Em 2014 e 2015, a ANEEL realizou leilões para a contratação de energia de novos empreendimentos fotovoltaicos resultando na construção de novas usinas solares no país (ANEEL, 2015).

Além da expansão através da construção de usinas, outra frente de crescimento é por meio da geração distribuída, ou seja, o consumidor gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis. Com o desenvolvimento e popularização de tecnologias relacionadas à geração distribuída, os consumidores evoluíram de uma posição passiva para ativa no setor elétrico (MME/EPE, 2017), podendo gerar sua própria energia. Em 2016 houve um aumento de mais de quatro vezes no número de instalações com geração distribuída e a maior parte da geração se concentra no Sudeste, principalmente em São Paulo e Minas Gerais (ANEEL, 2017).

Os estímulos à geração distribuída se justificam pelos potenciais benefícios que tal modalidade pode proporcionar ao sistema elétrico e aos consumidores. Entre eles, estão o adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, o baixo

impacto ambiental, a redução no carregamento das redes, a minimização das perdas, a diversificação da matriz energética (ANEEL, 2015), minimização de custos e a facilidade de instalação. Essa facilidade de instalação gera oportunidade de implementação da tecnologia em edificações residenciais, públicas, comerciais, culturais e esportivas; aterros sanitários; iluminação pública; entre outros, criando oportunidades de uso de espaços que muitas vezes são subutilizados (EPE, 2017).

Dentre os prédios públicos, os hospitais estão entre os que têm um maior consumo de energia elétrica, em virtude do grande número de equipamentos eletroeletrônicos utilizados para o atendimento de pacientes. Também são utilizadas caldeiras para aquecimento de água e produção de vapor, muitas vezes alimentadas com combustíveis fósseis que causam grande impacto ambiental. Com isso, a aplicação da tecnologia fotovoltaica em hospitais se mostra um tema relevante (ROCHA, 2012).

Desta forma, este Trabalho de Conclusão de Curso contribui para a viabilização de projetos fotovoltaicos em hospitais universitários, o que poderá contribuir para a diminuição do consumo de energia elétrica no estabelecimento, levando eventualmente à diminuição dos seus custos operacionais, redução da poluição e diversificação da matriz energética do Brasil. Ademais, os resultados deste trabalho poderão ser utilizados como base científica para outros estudos como, por exemplo, hospitais e clínicas, tanto públicos como privados.

Após o levantamento de alguns hospitais para desenvolvimento deste trabalho, o hospital escolhido foi o Hospital Universitário Prof. Dr. Horácio Carlos Panepucci da Universidade Federal de São Carlos (HU UFSCar). Em 2017, este hospital gastou aproximadamente 5% dos seus custos com contas de energia elétrica. Este foi o hospital escolhido, pois a orientadora deste Trabalho de Conclusão de Curso tem contatos de funcionários do hospital e, em conversa com eles, eles se mostraram interessados no desenvolvimento do tema e consideraram a possibilidade de implementação deste trabalho no futuro.

1.1 Justificativa e objetivo

Cada vez mais a atual matriz energética mundial vem se mostrando insustentável por depender majoritariamente de fontes não renováveis. Essas fontes, além de esgotáveis, geram poluição ao meio ambiente. Desde 1997, com assinatura do protocolo de Kyoto, existe uma

maior preocupação com a redução de energia proveniente de fontes que geram resíduos ao planeta. Desta forma, fontes renováveis, como a solar fotovoltaica, eólica, hidrelétrica e biomassa vêm ganhando mais espaço na matriz energética mundial.

Ao mesmo tempo, a sociedade vem passando por uma mudança drástica do agente gerador de energia. Antes os consumidores eram apenas agentes passivos, consumindo a energia proveniente da rede elétrica de energia, porém o consumidor está passando a ter papel mais ativo na geração de energia. Ainda que tímida, vem acontecendo uma descentralização das usinas de produção de eletricidade dado que pessoas e entidades passaram a ter a possibilidade de serem produtoras de sua própria energia, com a energia solar fotovoltaica, por exemplo. Essa produção própria, além aumentar o consumo de uma fonte renovável, também dá maior independência financeira a seus usuários, que passam a gastar menos com energia elétrica, possibilitando o investimento desse dinheiro em outras atividades.

Dado este contexto, é importante observar que existem diferentes movimentos em prol da sustentabilidade. Um dos objetivos da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas (ONU) é “assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis”. Espera-se que até 2030, seja possível tornar toda a gestão sustentável e haja uso eficiente dos recursos naturais. Neste cenário, destacam-se países como o Brasil, rico em fontes renováveis, que apresenta condição favorável para a transição da matriz energética. Para que isto ocorra, é importante o desenvolvimento de projetos que comprovem a viabilidade técnica e econômica, para a implantação de sistemas de fontes energéticas limpas e renováveis.

No setor público de saúde do Brasil, hospitais têm papel relevante, sendo responsáveis pela maior parte do setor (FORGIA; COUTTOLENC, 2009). Desta forma, é importante que eles tenham sustentabilidade financeira para continuarem em operação. Além disso, dentre os prédios públicos, os hospitais estão entre os que têm um maior consumo de energia elétrica.

Coloca-se, assim, a seguinte pergunta de pesquisa: sistemas de energia fotovoltaica são financeiramente viáveis para hospitais universitários? A fim de responder a esta questão, o objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade financeira da instalação de um sistema fotovoltaico no Hospital Universitário da UFSCar. Para atender a este objetivo geral, o trabalho desenvolve uma revisão bibliográfica da literatura sobre Energia Fotovoltaica e Hospitais Universitários, descreve os métodos utilizados para este tipo de análise e mensura, a partir do fluxo de caixa do trabalho, sua viabilidade financeira.

Este trabalho contribui para a viabilização de projetos fotovoltaicos em hospitais universitários, o que pode contribuir para a diminuição do consumo de energia elétrica no estabelecimento, levando à diminuição dos seus custos operacionais, redução da emissão de poluição e diversificação da matriz energética do Brasil. Ademais, os resultados deste trabalho poderão ser utilizados como base científica para outros estudos como, por exemplo, hospitais e clínicas, tanto públicos como privados.

1.2 Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado em 9 capítulos. No primeiro capítulo é colocada em pauta uma breve apresentação do trabalho, bem como a definição do objetivo e justificativas a respeito do tema. Os capítulos 2 aos 6 são referentes à revisão bibliográfica e os capítulos 7, 8 e 9 referem-se ao método, resultados e discussão e conclusão respectivamente.

O capítulo 2 caracteriza-se pela apresentação do setor público de saúde no Brasil, principalmente hospitais universitários, trazendo detalhes sobre o hospital que é estudado neste trabalho. Na sequência, no terceiro capítulo, são apresentados conceitos sobre análise de investimentos, explicando alguns métodos interessantes para avaliar a viabilidade de investimentos, como o Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e o *Payback* – Simples e Descontado. No quarto capítulo apresenta-se o tema de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, que é o tema do presente trabalho. Para o bom entendimento de um sistema fotovoltaico é necessário o entendimento dos conceitos da energia solar fotovoltaica, desta forma, no capítulo 5 são apresentados alguns conceitos e a história desta fonte de energia. No último capítulo da revisão bibliográfica, capítulo 6, é explicada a tecnologia de painéis solares, que compõe os sistemas fotovoltaicos.

O capítulo 7 explica o método do trabalho e o capítulo 8 destina-se à apresentação dos resultados e discussão do estudo de caso. É apresentada sua descrição, seu dimensionamento e o cenário do projeto de investimento.

O nono e último capítulo é dedicado às conclusões e recomendações finais, assim como propostas para trabalhos futuros.

2. Setor Hospitalar

2.1 Políticas de saúde no Brasil

O atual sistema de saúde brasileiro é composto tanto pelo SUS – Sistema Único de Saúde quanto pelo setor privado. A implantação do SUS foi determinada na publicação da atual Constituição Federal Brasileira, em 1988, que diz que “Saúde é direito de todos e dever do Estado”. Desta forma, o Estado passou a garantir acesso integral, universal e gratuito para toda a população brasileira, tendo responsabilidade desde um simples atendimento até o transplante de órgãos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, S/D).

O sistema de saúde do Brasil depende majoritariamente de hospitais, sendo responsáveis por 70% dos atendimentos de emergência, 27% do atendimento ambulatorial e pela maioria das internações. O setor conta com aproximadamente 7.400 hospitais e 67 mil unidades ambulatoriais, divididos entre público e privado, resultando em uma estrutura complexa coordenar, monitorar e avaliar em diferentes âmbitos como financeiro e organizacional. Os hospitais privados correspondem a 70% de todos os leitos oferecidos, porém a maior parte do atendimento hospitalar é custeada pelo SUS através de diferentes mecanismos (FORGIA; COUTTOLENC, 2009).

Em 2014 o Brasil gastava 9% do PIB com saúde. É importante assegurar a sustentabilidade financeira do setor de saúde e isso não é um desafio exclusivo do Brasil, sendo um tema discutido hoje em diversos países desenvolvidos e em desenvolvimento (COALIZÃO SAÚDE, 2017). Se os gastos continuarem evoluindo da mesma forma nos próximos anos, eles chegarão a compor 25% do PIB do país, tornando este cenário insustentável (COALIZÃO SAÚDE, 2017). Comparando o Brasil com outros países com níveis semelhantes em gasto com saúde, seus resultados ficam abaixo dos resultados destes países, como Estados Unidos e Alemanha (GUIMARÃES, 2017). Levando esses fatores em consideração, a boa gestão da economia em setores hospitalares assume, cada vez mais, papel relevante em todo o mundo.

2.2 Hospitais universitários

Desde a criação formal de hospitais, a instituição sofreu inúmeras mudanças conceituais e organizacionais. Em 1910, foi publicado o estudo *Medical Education in the United States and Canada – A Report to the Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching*, que ficou conhecido como o Relatório Flexner (*Flexner Report*), que foi responsável pela mais importante reforma nas escolas médicas dos Estados Unidos, com

implicações para a formação médica e a medicina mundial. Desde então, há a exigência da criação de hospitais próprios vinculados às escolas médicas e passou a existir um novo conceito de hospital de ensino (médico), denominado como hospital universitário (HU) (PAGLIOSA, ROS, 2008).

Os hospitais universitários têm papel de destaque na formação de profissionais de saúde aptos a enfrentarem os problemas de saúde da população brasileira, a pesquisa, o desenvolvimento de novas técnicas, procedimentos e terapias, bem como a incorporação de tecnologias desenvolvidas para atender adequadamente a estes problemas; e, finalmente, a garantia do acesso da população aos cuidados de alta complexidade em saúde, imprescindíveis para concretizar a integralidade da assistência. É possível afirmar que os HU são condições fundamentais para que se consiga efetivamente melhorar a saúde da população brasileira (BARATA, MENDER, BITTAR, 2010). Esses hospitais, que são o foco do presente estudo, possuem características que incrementam seus custos em relação aos hospitais não universitários, pois oferecem atendimentos de alta complexidade com atividades que mesclam atos médicos com procedimentos didáticos.

A maioria dos HU está sob administração de faculdades de medicina ou universidades, ou seja, seus financiamentos dependem do orçamento público para sua manutenção (MEDICI, 2001). Segundo o artigo “Hospitais Universitários: Passado, Presente e Futuro”, publicado em 2001, estudos realizados na Austrália mostraram que o custo de HU é 12% mais elevado que de hospitais não universitários de alta tecnologia, uma das fontes desse custo elevado pode decorrer das atividades que envolvem ensino, pois incluem ineficiência técnica implícita ao processo didático (MEDICI, 2001). Neste estudo, foram levantados os custos de diferentes HU de diferentes países e, na Coreia do Sul, por exemplo, os HU são 28% mais caros que os demais hospitais.

A tabela 1 mostra alguns indicadores econômicos e sociais (países de alto, médio e baixo índice de desenvolvimento), indicadores relacionados aos sistemas de saúde e dados relativos dos HU dos países analisados no estudo citado.

Tabela 1 – Indicadores econômicos e sociais.

País	População 1994 (M)	Gasto em saúde (% PIB)	Gastos hospitalares (% gasto em Saúde)	Gasto dos HU/Gasto Total e/Saúde (%)	Gasto dos HU/Gastos Hospitalares (%)	Gasto com Hospitais Universitários (% PIB)	Leitos de HU/ Total de Leitos (%)
-------------	-----------------------------------	---	---	---	---	---	--

Alta renda							
<i>Suíça</i>	7	7,5	43	8,3	19,2	0,6	11
<i>Japão</i>	125	6,5	60	6,6	11	0,4	5
<i>Suécia</i>	9	8,8	55	11,7	21,2	1,0	19
<i>França</i>	58	8,9	57	11,7	24,8	1,0	17
<i>Holanda</i>	15	7,9	55	7,7	14,0	0,6	8
<i>Austrália</i>	18	7,7	50	-	-	-	-
<i>Reino Unido</i>	58	6,1	51	-	-	-	-
Renda média							
<i>Coréia do Sul</i>	44	6,6	52	20,8	40	1,4	21
<i>Chile</i>	14	4,7	48	-	-	-	-
<i>Jamaica</i>	3	-	-	-	-	-	-
<i>Colômbia</i>	36	4,0	-	4,5	9,3	0,2	10
<i>Marrocos</i>	26	2,6	-	4,9	-	0,1	17
<i>Filipinas</i>	67	2,0	-	-	-	-	-
<i>Albânia</i>	3	4,0	-	-	-	-	20
Baixa renda							
<i>Egito</i>	57	2,6	-	-	-	-	18
<i>Indonésia</i>	190	2,0	-	-	-	-	-
<i>Paquistão</i>	126	3,4	-	-	-	-	-
<i>China</i>	1191	3,5	-	-	-	-	-
<i>Benin</i>	5	4,3	58	8,1	13,9	0,3	14
<i>Nigéria</i>	108	2,7	-	-	-	-	-
<i>Tanzânia</i>	29	4,7	55	12,2	22,2	0,6	5
<i>Vietnã</i>	72	2,1	-	-	-	-	-

Fonte: Medici, 2001.

Como observado na tabela 1, os HU representam uma importante parcela do gasto total com saúde variando de 4,5% na Colômbia até 20,8% na Coréia do Sul. A representação dos leitos do HU em relação ao total de leitos do país varia de 5% no Japão até 21% na Coréia do Sul, enquanto a participação no total de gastos hospitalares pode variar de 9% na Colômbia até 40% na Coréia. Então, ao envolverem ensino e pesquisa utilizando alta tecnologia, seu peso na despesa com saúde é o dobro de sua participação no volume de atendimento. São, portanto, hospitais caros (MEDICI, 2001).

Devido aos seus custos elevados, dificilmente os hospitais universitários seriam competitivos em sistemas pagos. Desta forma, a tendência é que se mantenham sendo custeados pelo setor público, com boa parte dos serviços prestados de forma gratuita ou subsidiada. Mesmo assim, seria interessante que existissem esforços para ter informação

financeira relacionada aos custos, além da busca por fontes alternativas de financiamento para a atenção médica de forma separada das distintas funções adicionais (ensino e pesquisa) que os diferenciam dos demais hospitais (MEDICI, 2001). Neste mesmo contexto, seria interessante se houvesse uma redução dos custos destes hospitais para poder redirecionar esta verba a algo que de fato beneficiasse a saúde da população.

Desta forma, neste estudo é analisada a viabilidade, além da técnica, financeira da utilização de energia solar fotovoltaica em um determinado HU. Se isso se mostrar viável, os gastos antes utilizados com energia poderão ser alocados em outras áreas trazendo, conseqüentemente, mais benefício à saúde da população brasileira.

2.3 Hospital Universitário da Universidade Federal de São Carlos

No Brasil existem 163 hospitais de ensino e o estado de São Paulo possui 37 destes hospitais (BARATA, MENDER, BITTAR, S/D). Esses hospitais de ensino são importantes para o estado de São Paulo: em 2008 realizaram 22% das internações e consumiram 38% dos recursos financeiros do total de internações do SUS. Também realizaram 61% das internações de alta complexidade do estado de São Paulo (MENDES; BITTAR, 2010).

O hospital analisado neste Trabalho de Conclusão de Curso é o Hospital Universitário Prof. Dr. Horácio Carlos Panepucci da Universidade Federal de São Carlos (HU UFSCar), localizado na cidade de São Carlos, São Paulo. Este hospital presta serviços assistenciais em regime público, desenvolvendo atividades de ensino, pesquisa e extensão e foi fundado em outubro de 2014. Ele é administrado pela Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSERH), vinculada ao Ministério da Educação (MEC). Atualmente, o HU conta com uma estrutura de aproximadamente 8 mil m², com 54 leitos, atuando nas áreas de Pronto Atendimento, Unidades de Internação Adulta, Pediátrica, Atenção Psicossocial e Serviço de Apoio, Diagnóstico e Terapia: análises clínicas, exames de imagem (raios-X, tomografia, ultrassonografia) e métodos gráficos (eletrocardiograma, eletroencefalograma e espirometria) (UFSCAR, S/D).

2.4 Sustentabilidade financeira

Como apontado no artigo “A Gestão das Organizações Hospitalares e Suas Complexidades”, para a gestão de hospitais são necessários recursos materiais, físicos e humanos distribuídos adequadamente com suas ações e resultados coordenados. Quem tem a

responsabilidade de administrar instituições hospitalares deve ter como principal objetivo a melhoria da qualidade, considerando que são essenciais os serviços oferecidos, a fim de obter sucesso nos resultados (MALAGÓN-LODOÑO, 2000).

Como apontado por Lima Neto (2011), a habilidade de uma organização gerar, ao longo do tempo, entradas de caixa superiores às saídas, ou seja, fluxo de caixa positivo, é fator decisório para o sucesso de uma organização (DECHOW, 1994). O objetivo de uma organização privada é propiciar lucro aos seus proprietários enquanto o de uma organização hospitalar filantrópica é prover serviços médicos à comunidade, às pessoas em geral. Porém, é importante observar que esses objetivos não são exclusivos, pois um hospital precisa, mesmo que seja filantrópico, ter como objetivo sua sobrevivência, ou seja, as saídas de caixa não devem ser superiores às entradas (NOWICKI, 2008).

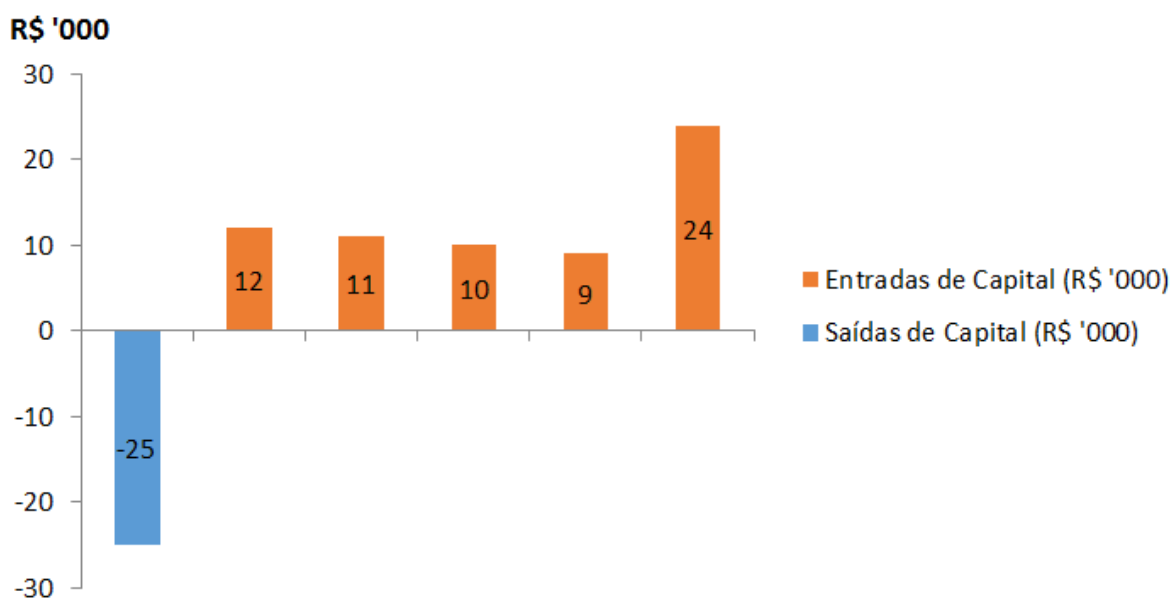
Segundo Helfert (2000), deve-se levar em consideração, na hora de tomar decisões, a dimensão do investimento, do financiamento e das operações. Em instituições hospitalares, a dimensão financeira não pode ser menosprezada, sob o risco de falência da instituição, e consequente, incapacidade de atender as necessidades de saúde das pessoas (LIMA NETO, 2011).

3. Análise Financeira

O objetivo desta seção é apresentar os principais aspectos a serem considerados ao se avaliar um possível investimento. Para analisar a viabilidade financeira de um investimento é necessário o estudo de alguns conceitos e métodos que serão explicados a seguir. Neste capítulo é estudado o conceito de Fluxo de Caixa e o Método TIR – Taxa Interna de Retorno, Método VPL – Valor Presente Líquido e o Método *Payback* – Simples e Descontado.

O **Fluxo de Caixa** é uma ferramenta utilizada pela maioria das empresas, o que permite observar as entradas e saídas dos recursos financeiros do negócio. Além disso, o Fluxo de Caixa é construído para um determinado período de tempo (REBELATTO, 2004). A Figura 1 permite observar um diagrama com setas para baixo e para cima. A seta para baixo tem como convenção a representação de um valor negativo, ou seja, representa uma saída de capital - pagamentos, aplicações, desembolsos de capital, investimentos em projetos. Existem também setas apontadas para cima que, por convenção representam valores positivos, ou seja, as entradas de capital, reembolsos de capital, retornos de investimento. O tamanho das setas é diretamente proporcional ao valor monetário de entrada ou saída do fluxo de caixa (REBELATTO, 2004). Neste trabalho, as entradas são um conjunto de *savings*, isto é, um conjunto de economias em relação ao pagamento de contas de energia, e as saídas são os investimentos realizados.

Figura 1 – Demonstração ilustrativa de um Fluxo de Caixa.



Fonte: Adaptado de REBELATTO, 2004.

Outro conceito importante para a análise de investimento é a **Taxa Mínima de Atratividade (TMA)**, que representa o mínimo esperado de retorno pelo investidor, tendo em vista que, caso ele não promova aquele investimento, qual seria uma taxa disponível para que o dinheiro seja investido em outras opções no mercado.

É importante definir a TMA que torna o projeto atrativo para o investidor. Essa taxa pode ser representada pela taxa da caderneta de poupança, somada a uma taxa referente ao risco do investimento ou taxas estipuladas por investimento no Tesouro Nacional ou outros tipos de ações comercializados na Bolsa de Valores (REBELATTO, 2004).

3.1 Valor Presente Líquido

O Valor Presente Líquido (VPL) é a diferença entre o valor descontado do fluxo de caixa para a data do investimento inicial e o valor de um investimento inicial de um projeto.

Dessa forma, os projetos que apresentam VPL maior que zero podem ser aceitos, já que geram retorno igual ou maior que o custo de capital. Por outro lado, os projetos com VPL menor que zero não podem ser considerados atrativos, pois geram retorno inferior ao seu custo de capital (REBELATTO, 2004). Quando o VPL é maior que zero, ocorre uma remuneração superior à TMA, quando é menor que zero ocorre uma remuneração inferior e quando é igual a zero indica uma rentabilidade com a mesma taxa da TMA. Quando o VPL é igual à zero, o investidor é indiferente ao investimento, pois ele receberia a mesma remuneração no mercado de títulos do governo, que oferece baixo risco (DEBERTIN, 2015). Para o cálculo, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$VPL = \frac{VF}{(1+i)^n} \quad (1)$$

Na fórmula, VPL é o Valor Presente Líquido, i é a taxa de juros, n é o número de períodos. VF é o Valor Futuro, isto é, o valor existente em n períodos após submeter o Valor Presente a uma taxa de juros i (REBELATTO, 2004).

A fórmula para o cálculo utilizando o fluxo de caixa, e não apenas uma entrada ou saída de caixa é:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{\text{Fluxo de caixa}}{(1+i)^t} \quad (2)$$

Considerando duas ou mais alternativas de investimento utiliza-se a de maior VPL positivo (OLIVEIRA, 2008). Como apresentado por Debertin (2015), o VPL é um indicador que apresenta grande vantagem na avaliação de investimentos, pois apresenta o resultado em valores monetários, não representando os lucros ou prejuízos em termos absolutos, e sim em relação à aplicação do capital a TMA estabelecida pela empresa. Desta forma, ele é um método confiável e flexível, porém as empresas o consideram difícil de interpretar, levando os investidores a optar pela avaliação econômica de projetos através da TIR (REBELATTO, 2004; BLANK; TARQUIN, 2005).

3.2 Taxa Interna de Retorno

A Taxa Interna de Retorno (TIR) apresenta cálculo mais complexo que o VPL, apesar de ser uma técnica simples de orçamento (DELBERTIN, 2015). Ela é uma representação da taxa de desconto do projeto quando seus custos se igualam ao investimento inicial, ou seja, quando o VPL é zero. É uma medida popular em empresas, pois quantifica, de maneira objetiva, o retorno de um fluxo de caixa tornando possível a comparação com a taxa mínima de atratividade para então ser analisada a viabilidade econômica do projeto (PEREIRA, 2014). Para que o investimento seja aceito, a TIR deve ser maior do que a TMA adotada.

Desta forma, a TIR mede a velocidade com que acontece a recuperação dos custos do investidor, ou seja, quanto mais alta a TIR, mais rápido será o retorno do investimento. Com isso o investidor pode realizar escolhas criteriosas (LORDÊLO; VERHINE, 2001).

Ao calcular a TIR, os fluxos de caixa esperados para um projeto ou investimento são fornecidos e o VPL é igual à zero, como representado pela fórmula abaixo. Assim através de um método iterativo, ou *softwares* especializados, como Excel, HP 12c, entre outros, a TIR pode ser calculada (CORPORATE FINANCE INSTITUTE, S/D).

$$0 = VPL = \sum_{t=0}^n \frac{\text{Fluxo de caixa}_n}{(1+TIR)^t} \quad (3)$$

É importante ressaltar que uma premissa do Método TIR é que o investidor irá reinvestir suas receitas no investimento inicial, o que nem sempre é viável.

3.3 Payback – Simples e Descontado

O *payback* informa o número de períodos necessários para que o fluxo de caixa iguale a todo capital investido (REBELATTO, 2004), isto é, o período exato de recuperação do investimento a partir das entradas de caixa (GITMAN, 1997). O método visa selecionar projetos já enfatizando o período de recuperação do capital investido, ou seja, tendo como parâmetro o prazo em que todos os reembolsos igualam-se ao desembolso realizado inicialmente (REBELATTO, 2004). O *payback* é calculado através da fórmula 2, ele é a variável t , com o VPL é igual à zero.

Assim, um projeto só poderá ser aceito por esse método se o tempo relativo ao *payback* for menor que o tempo relativo à vida útil do projeto. Ademais, quanto menor o tempo de *payback* em relação à vida útil, melhor será o projeto de investimento.

Este método é aplicado de duas formas: o *payback* simples e o *payback* descontado. A principal diferença entre os dois é que o *payback* descontado considera o valor temporal do dinheiro, ou seja, atualiza os fluxos futuros de caixa a uma taxa de aplicação no mercado financeiro, trazendo os fluxos a valor presente, para depois calcular o período de recuperação (FONSECA, S/D).

Como apontado por Capitão (2016), devido à simplicidade e fácil fundamentação teórica do *payback*, ele é um método extremamente utilizado quando se conhece, pelo menos com certa exatidão, o prazo de obsolescência dos equipamentos principais do projeto. Também é utilizado quando empresas efetuam investimentos em países que apresentam possibilidade de perturbações políticas e sociais relevantes ou com taxas anuais de inflação elevadas.

Apesar de seus aspectos positivos, é imprudente considerar o *payback* como a único fator de decisão de investimento, pois não contempla os fluxos de caixa após o período de recuperação. Este método pode levar a escolha de um projeto que tenha um prazo de retorno muito baixo, desconsiderando outro com período mais longo, mas que possa gerar maior riqueza para o proprietário, ou seja, que apresente um VPL maior. Se um determinado investimento apresenta um fluxo anual maior no início implicará em um *payback* mais curto, mas pode ser apenas um *payback* ilusório se depois deste período apresentar fluxos negativos ou muito baixos, por exemplo. Além disso, este período de recuperação normalmente é definido de forma arbitrária pelo investidor (FONSECA, S/D).

Sendo ao mesmo tempo de fácil identificação e interpretação, porém com deficiências graves para decisões de longo prazo, este método é comumente usado pelas empresas para decisões que representem menor impacto e, portanto, com características

menos importantes, relativas a pequenos procedimentos gerenciais necessários para o funcionamento do dia-a-dia da empresa, com enfoque maior no controle e avaliação do desempenho dos administradores (FONSECA, S/D).

4. Sistemas fotovoltaicos

Sistemas fotovoltaicos podem possuir três configurações diferentes:

- 1) Sistemas *off-grid* (Sistemas isolados), que são desconectados da rede pública;
- 2) Sistema *on-grid* (Sistemas conectados), que são sistemas conectados à rede pública;
- 3) Sistemas híbridos, que são sistemas que mesclam as características dos sistemas isolados e conectados.

4.1 Sistemas *off-grid* (Sistemas isolados)

Os sistemas isolados são sistemas fotovoltaicos autônomos, que se caracterizam por não serem conectados na rede elétrica pública. Eles servem para atender locais remotos como, zonas rurais, ilhas, comunidades isoladas ou qualquer outro lugar que não chegue energia elétrica. Este sistema também é utilizado como solução em casos que não pode haver a falta de energia como, geladeiras para armazenar vacinas, bombeamento de água, eletrificação de cercas, estações replicadoras de sinal, dentre outros. Em muitos casos, os sistemas fotovoltaicos isolados são a melhor opção, pois exigem pouca manutenção, são silenciosos e ecologicamente corretos (VILLALVA, 2015). Uma representação de um sistema *off-grid* pode ser observado na figura 2.

Figura 2 – Representação de um sistema fotovoltaico *off-grid* em uma residência.



Fonte: GR Industrial, S/D.

Como pode ser observado na representação acima, sistemas fotovoltaicos autônomos são compostos por três componentes, além do módulo solar fotovoltaico: bateria, controlador de carga e inversor.

Nesta configuração, durante o dia, os painéis geram eletricidade e carregam as baterias do sistema. A bateria, ou banco de matérias, serve para o armazenamento da energia produzida pelo sistema. Desta forma, o consumo de energia não precisa coincidir, necessariamente, com a produção de energia sendo possível utilizar a energia produzida mesmo nos dias nublados, chuvosos ou até mesmo de noite. O tipo de bateria elétrica mais utilizada é de chumbo ácido que pode conter o ácido líquido ou em gel e pode ser selada ou aberta. As baterias devem ser dimensionadas conforme a autonomia e demanda de energia elétrica desejada ou necessitada pelo sistema. Além da bateria, também existe o controlador de carga que é responsável por otimizar a carga e a descarga das baterias, conforme o consumo elétrico e a geração fotovoltaica. Desta forma, com essa proteção, o controlador prolonga a vida útil da bateria (VILLALVA, 2015).

Alguns modelos de controladores ainda tem uma função a mais: maximizam a produção de energia do painel fotovoltaico através do recurso MPPT, ou seja, Rastreamento do ponto máximo de potência (*Maximum Power Point Tracking*). O inversor é responsável por converter a energia gerada pelos módulos fotovoltaicos na forma de corrente e tensão contínua em tensão e corrente alternada. Desta forma, pode-se alimentar cargas que necessitam de corrente alternada, como lâmpadas, computadores e aparelhos eletrodomésticos que geralmente são alimentados pela rede pública de energia. Aparelhos que necessitam de corrente contínua podem ser ligados diretamente ao controlador de carga, sem a necessidade do inversor (VILLALVA, 2015).

É importante salientar que, em sistemas autônomos, o inversor fornece tensão elétrica. Existe uma diferença entre o inversor de sistemas autônomos e de sistemas conectados, que é discutida a seguir.

4.2 Sistema *on-grid* (Sistemas conectados)

Sistemas conectados operam em paralelo com a rede elétrica e tem como objetivo reduzir ou eliminar o consumo da rede pública, ou até mesmo gerar um excedente de energia. Existem três categorias diferentes para sistemas *on-grid*: usinas de eletricidade e produção distribuída - microgeração e minigeração.

4.2.1 Usinas de eletricidade

A forma inicial de fazer sistemas fotovoltaicos conectados à rede foi através de usinas fotovoltaicas. Inicialmente, acreditava-se que seu funcionamento seguia o padrão das usinas hidrelétricas: quanto maior a capacidade de produção mais barata é a energia produzida. Porém isso se mostrou falso devido ao fato que o rendimento dos módulos não está relacionado com o tamanho da instalação (e sim com o desenvolvimento tecnológico). Então, a quantidade de energia de uma usina depende da quantidade de módulos instalados e o preço varia pouco para uma grande instalação, fazendo com que o valor da energia produzida não seja afetado (LISITA JÚNIOR, 2005). Por definição, usinas de eletricidade são caracterizadas por terem potência acima de 1 megawatt (MW) (VILLALVA, 2015).

No Brasil, o maior parque de geração fotovoltaica foi inaugurado pela Enel em novembro de 2017 no Piauí. A capacidade instalada é de 292 MW, energia suficiente para abastecer cerca de 300 mil residências e seu um milhão de painéis ocupam 690 hectares, o equivalente a 700 campos de futebol (PAMPLONA, 2017).

4.2.2. Produção Distribuída: Microgeração e Minigeração

Sistemas fotovoltaicos conectados à rede com potência instalada até 100 quilowatt (kW) são chamados de microgeração e sistemas com potência instalada entre 100 kW e 1 MW são chamados de minigeração (VILLALVA, 2015).

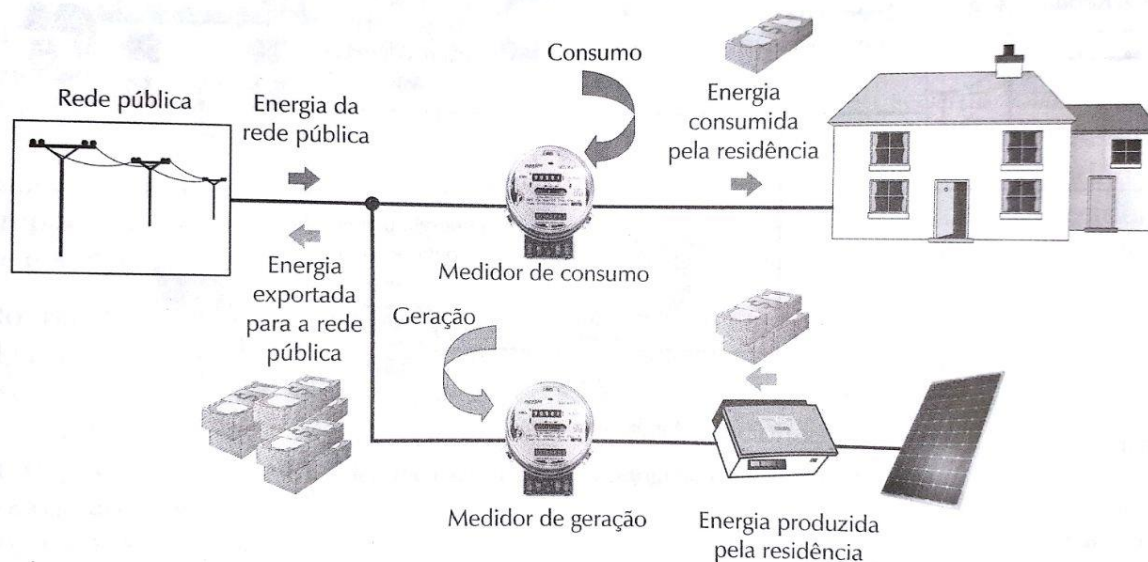
Dos últimos anos para cá, uma série de programas governamentais vem promovendo o maior uso de energia solar fotovoltaica no Brasil. Em 2011, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) lançou o projeto estratégico - “Arranjos Técnicos e Comerciais para a Inserção da Geração Solar Fotovoltaica na Matriz Energética Brasileira”, em conjunto com empresas concessionárias de engenharia elétrica em todo o país, tendo por objetivo a geração de energia elétrica através de tecnologia solar fotovoltaica, de modo integrado e sustentável, buscando assim, criar condições para o desenvolvimento de base tecnológica e infraestrutura técnica, bem como tecnológica, para a inserção da geração solar fotovoltaica na matriz energética brasileira (ANEEL, 2011).

Em 2012, a ANEEL lançou a Resolução Normativa Nº 482 criando condições para o acesso de micro e minigeração de energia elétrica, ou seja, o consumidor passou a poder

gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada, e inclusive fornecer o excedente para a rede de distribuição, também chamada de produção distribuída. Nesse sistema, quando a energia injetada na rede é maior que a energia consumida, o consumidor recebe um crédito em energia quilowatt-hora (kWh) a ser utilizado para abater o consumo em outro posto tarifário (para consumidores com tarifa horária) ou na fatura dos meses subsequentes. Os créditos de energia gerados continuam válidos por 60 meses (ANEEL, 2016).

Para saber quanto de energia foi produzida e quanto foi consumido da rede de energia elétrica, é necessária a existência de um medidor bidirecional que é explicado nas próximas páginas deste trabalho. Na figura 3 é exemplificada a lógica deste processo.

Figura 3 – Funcionamento do sistema de tarifação.



Fonte: VILLALVA, 2015.

Até outubro de 2017, existiam 16 mil sistemas de microgeração e minigeração operacionais no Brasil, e mais de 81 milhões de unidades consumidoras no Brasil, ou seja, a geração distribuída solar fotovoltaica representava apenas 0,02% das unidades consumidoras do país (RODRIGO LOPES SAUAIA, 2017).

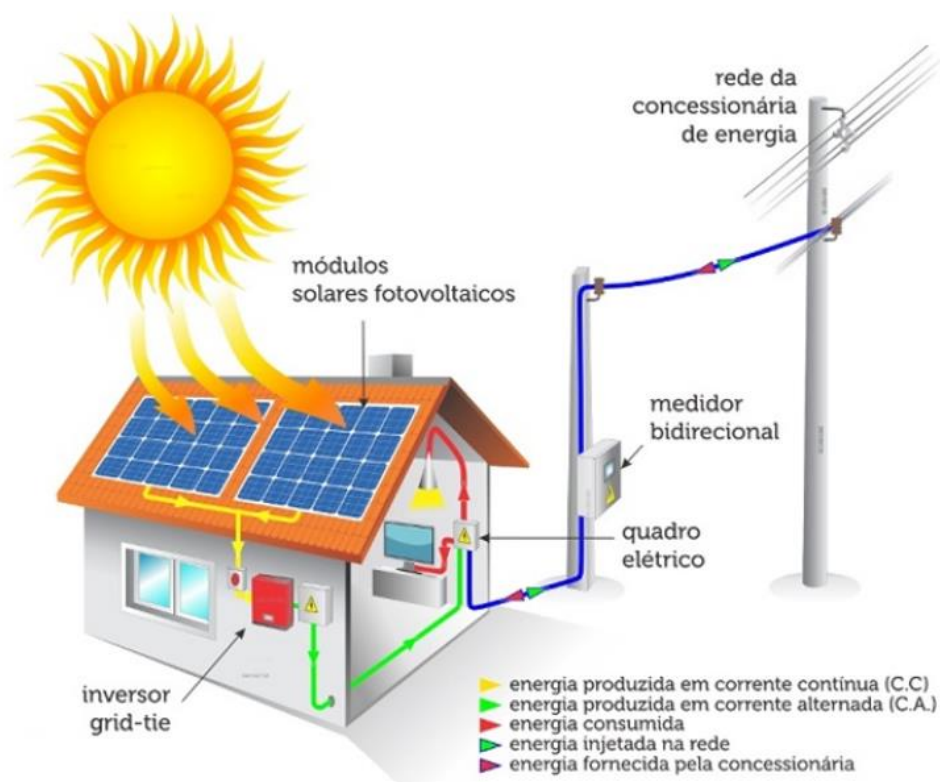
Sistemas conectados, também chamados de sistemas *on-grid* ou *grid-tie*, são sistemas que entregam a potência produzida à rede elétrica, tornando possível a substituição ou complementação da energia disponível na rede. Desta forma, se o usuário de um sistema conectado à rede consumir mais energia do que seu sistema gera ou enfrentar a falta de energia proveniente do seu sistema, ele irá retirar da rede o que necessita. Na situação

contrária, na qual o sistema gera mais do que o usuário consome, a energia excedente será entregue à rede.

Logo, é possível observar que a rede funciona como um banco de baterias, ora suprimindo os horários de demanda, ora funcionando como armazenador do excedente de energia.

Uma representação de um sistema conectado se encontra representado na figura 4.

Figura 4 – Representação de um sistema fotovoltaico *on-grid*.



Fonte: GR Industrial, S/D.

Os componentes desse tipo de sistema são painéis fotovoltaicos, inversor de frequência e medidor bidirecional.

Inversor

O inversor CC-CA é o responsável por transformar a corrente contínua gerada pelos módulos fotovoltaicos em corrente alternada, para então ser injetada na rede elétrica. Nesta configuração, o inversor é responsável por fornecer corrente elétrica, não fornecendo tensão, diferentemente dos inversores de sistemas autônomos estudados anteriormente.

Nos inversores, aconteceu uma considerável redução de custos, aumento da confiabilidade e incremento da eficiência na conversão devido ao desenvolvimento da tecnologia de eletrônica de potência. Em sistemas fotovoltaicos conectados à rede são utilizados inversores que influenciam o funcionamento desses sistemas de diferentes formas, por exemplo: seguindo o ponto de máxima potência (MPPT), conectar ou desconectar a rede de acordo com as necessidades dela, fazer medições, entre outros (RAMPINELLI; KRENZINGER; ROMERO, 2013).

String Box

A *string box*, também chamada de caixa de conexão, é responsável por concentrar os cabos elétricos em dois barramentos, positivo e negativo, e possui fusíveis de proteção. A *string box* também pode conter os diodos de bloqueio, que são responsáveis por impedir que a corrente elétrica circule no sentido contrário, o que danificaria o painel fotovoltaico.

Medidores de energia

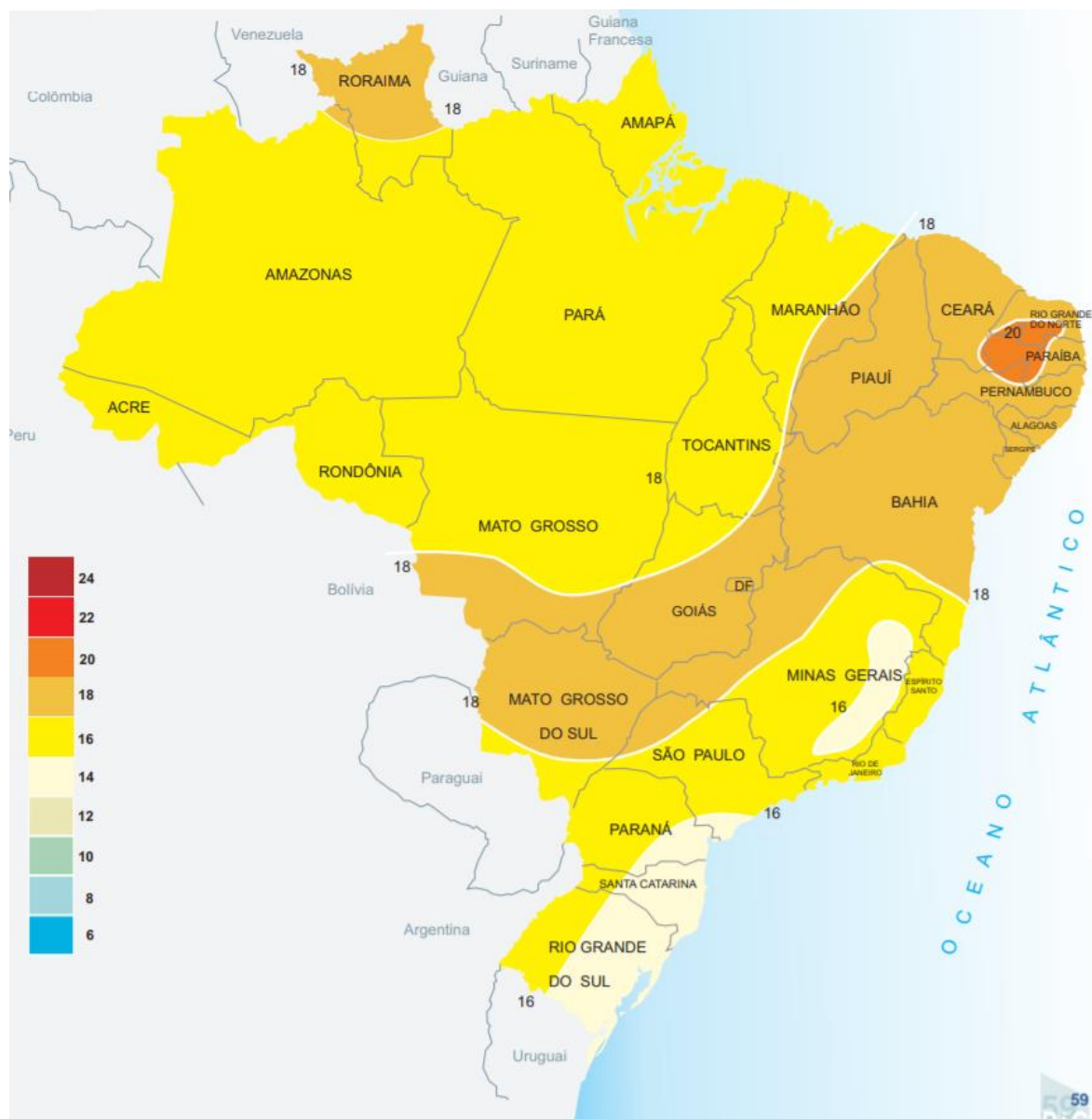
Existe a necessidade de saber a diferença entre a energia produzida pelo sistema e a diferença consumida através da rede. Para isso, é utilizado o chamado medidor bidirecional. Segundo a COPELE - Especificação Técnica para Medidor Eletrônico Bidirecional - ETC 4.15, de agosto de 2015 o medidor deve medir e registrar a energia ativa em ambos os sentidos de fluxo, totalizando-a em diferentes totalizadores.

4.2.2.1 Potencial de Utilização

A quantidade de energia produzida através de um sistema de energia solar fotovoltaico é dependente das condições climáticas e atmosféricas do local onde ele é instalado. Da radiação proveniente do Sol, apenas uma parte dela atinge a superfície terrestre, devido à reflexão e absorção dos raios solares pela atmosfera. Segundo a CRESESB – Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sergio de S. Brito a energia solar incidente sobre a superfície terrestre é da ordem de 10 mil vezes o consumo energético mundial (CRESESB, 2008).

O mapa da radiação solar no Brasil se encontra na figura 5.

Figura 5 – Média anual de insolação diária no Brasil em MJ/m².dia.



Fonte: TIBA, 2000.

O Atlas Solarimétrico do Brasil (2000), através da interpolação e extrapolação de dados obtidos em estações solarimétricas, distribuídas em vários pontos do território brasileiro, apresenta uma estimativa da radiação solar incidente no Brasil. Como é possível observar no mapa, as regiões com maior incidência solar são a Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste.

Comparando o Brasil com outros países que utilizam energia solar fotovoltaica, o Brasil tem maior índice de insolação média. Por exemplo, a Alemanha é o país que mais usa a energia solar fotovoltaica, sendo que a maior parte do território recebe menos de 3500 watt-

hora por metro quadrado (Wh/m^2) diários de energia solar, enquanto que o Brasil apresenta valores de insolação diária entre 4500 Wh/m^2 e 6000 Wh/m^2 .

Segundo Villalva (2015), é considerado razoável esperar um potencial de geração fotovoltaica, pelo menos dez vezes superior à capacidade instalada na Alemanha, devido às dimensões territoriais e as elevadas taxas de irradiação solar.

Desse modo, considera-se que existe muito espaço para crescimento da energia solar fotovoltaica no país, a ponto de se tornar uma parcela relevante da matriz energética brasileira.

4.2.2.2 Obstáculos

Antes de 2011 não havia o incentivo à utilização de energia solar fotovoltaica no Brasil. Não existiam, assim, regulamentações e normas técnicas para este setor, o que de forma direta, inibia seu crescimento. A partir do ano de 2011, começaram a surgir programas governamentais, que já foram citados anteriormente, visando à distribuição mais ampla da energia elétrica no país.

Apesar de já existirem programas de financiamento para projetos de alto custo como o BNDES (BNDES, 2009), os incentivos econômicos, como subsídios ou linhas de créditos, para pequenos e médios sistemas fotovoltaicos ainda são incipientes.

Buscando mudar esse cenário, em junho de 2018 o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) aprovou mudanças que permitirão a pessoas físicas terem acesso a financiamentos para a instalação de sistemas de aquecimento solar e sistemas de cogeração, com placas fotovoltaicas e aerogeradores. A medida permitirá que os consumidores reduzam gastos com a conta de luz, já que passarão a comprar menos energia da concessionária e poderão, dependendo da região, fazer até uma conta corrente de energia vendendo o excedente para a distribuidora. Consequentemente, a geração distribuída reduzirá a pressão sobre o sistema elétrico nacional e o risco de interrupção do fornecimento de energia (BARBOSA, 2018).

4.2.2.3 Normas e Regulamentação

Como citado anteriormente, em 2012, a ANEEL lançou a Resolução Normativa N° 482, na qual aprovou e estabeleceu as condições gerais para o acesso de microgeração e

minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica (ANEEL, 2012).

Atualmente, encontram-se em vigência as seguintes normas da ABNT referentes aos sistemas fotovoltaicos:

- ABNT NBR 16274: “Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede – Requisitos Mínimos para Documentação, Ensaio de Comissionamento, Inspeção e Avaliação de Desempenho” – 2014.

Esta norma possui: as informações que devem estar presentes na documentação fornecida para um sistema fotovoltaico conectado à rede; informações que devem ser fornecidas a partir da verificação inicial ou periódica de um sistema, incluindo requisitos para inspeção e ensaios de comissionamento; procedimentos para avaliação de desempenho de um sistema fotovoltaico conectado à rede após o início de sua operação; e faz referência outras normas para estabelecimento dos requisitos de projeto e instalação, em particular a IEC 60364-7-12, que é uma norma internacional para instalações de sistemas fotovoltaicos.

- ABNT NBR 16150: “Sistemas Fotovoltaicos (FV) – Características da Interface de Conexão com a Rede Elétrica de Distribuição – Procedimento de Ensaio de Conformidade” – 2013.
- ABNT NBR 16149: “Sistemas Fotovoltaicos (FV) – Características da Interface de Conexão com a Rede Elétrica de Distribuição” – 2013.
- ABNT NBR 10899: “Energia Solar Fotovoltaica – Terminologia” – 2013.
- NBR IEC 62116: “Procedimento de Ensaio de Anti-ilhamento para Inversores de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica” – 2012.
- ABNT NBR 11704: “Sistemas Fotovoltaicos - Classificação” – 2008.
- ABNT NBR 14200: “Acumulador Chumbo – Ácido Estacionário Ventilado para Sistemas Fotovoltaicos - Ensaio” – 1998 (GALDINO; ALMEIDA, 2015).

4.2.2.4 Benefícios

Imaginar um Brasil com plena utilização da sua capacidade de energia solar fotovoltaica é um cenário extremamente positivo. Neste cenário, a energia teria preço extremamente competitivo, reduziria o preço da conta de energia do consumidor, traria

benefícios ambientais, impulsionaria o desenvolvimento tecnológico no país, criaria empregos, tanto na parte de desenvolvimento quanto na parte de instalação, manutenção e serviços, além de movimentar a economia nacional.

Para a construção de uma usina convencional é necessário um grande investimento. No cenário da geração distribuída, este investimento seria pulverizado em vários investimentos menores, fomentando assim, a economia do país.

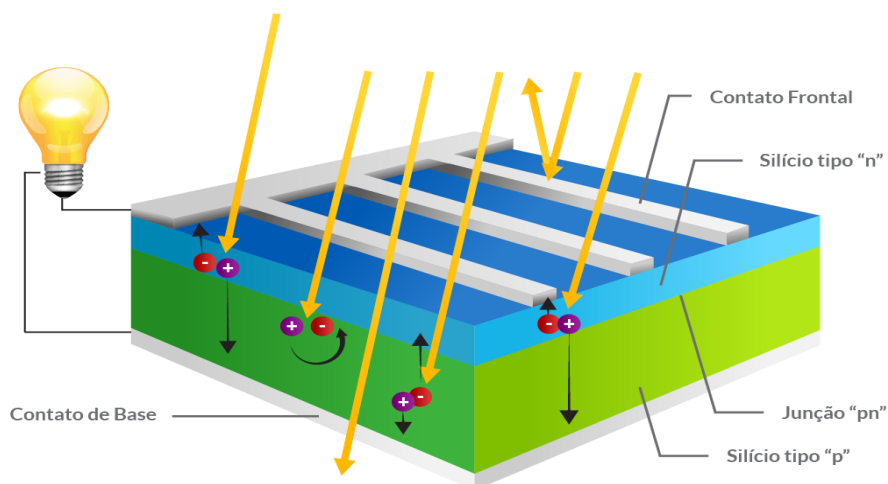
5. Energia solar fotovoltaica

5.1 Definição

O efeito fotovoltaico é o fenômeno físico que faz a conversão direta da luz em eletricidade. A célula fotovoltaica é a unidade fundamental desse processo de conversão (PINHO; GALDINO, 2014).

Na figura 6 é possível observar a estrutura de uma célula fotovoltaica, que é composta por duas camadas de material semicondutor P e N, uma grade de coletores metálicos superior e uma base metálica inferior. A grade e a base metálica são os terminais elétricos que fazem a coleta da corrente elétrica produzida. A base inferior é uma película de prata ou alumínio. A parte superior é a parte que recebe a luz e existe a necessidade dela ser translúcida (VILLALVA, 2015).

Figura 6 – Estrutura de uma célula fotovoltaica.



Fonte: Blue Sol Energia Solar, S/D.

O semicondutor mais utilizado em células fotovoltaicas é o silício, que seus átomos caracterizam-se por possuírem quatro elétrons de ligação que se ligam aos vizinhos, formando uma rede cristalina. Quando átomos com cinco elétrons de ligação são adicionados ao silício, como o fósforo, por exemplo, existirá um elétron em excesso, que não será emparelhado e, portanto ficará sobrando, fracamente conectado a seu átomo de origem. Desta forma, com pouca energia térmica, esse elétron é capaz de se desconectar e migrar para a

banda de condução. Assim, diz-se assim, que o fósforo é um dopante doador de elétrons e é chamado de dopante n ou impureza n (MESSENGER, VENTRE; 2000).

Por outro lado, se átomos com apenas três elétrons de ligação forem introduzidos, como o boro, por exemplo, acarretará em uma falta de um elétron para satisfazer as ligações com os átomos de silício da rede cristalina. Esta falta de elétron é chamada de lacuna e um elétron de um sítio vizinho, com pouca energia térmica, pode passar a esta posição, fazendo com que o buraco se desloque. Desta forma, o boro é considerado um aceitador de elétrons também chamado de dopante p (MESSENGER, VENTRE; 2000).

Os átomos de fósforo ficam livres à temperatura ambiente, assim como as lacunas criadas pelos átomos de boro. Desta forma, se forem introduzidos átomos de fósforo em uma metade de uma célula fotovoltaica e átomos de boro na outra, é formada a chamada junção pn, como observado na figura 6. Nesta junção, os elétrons livres migram da camada N para as lacunas da camada P. Isso acarreta em um acúmulo de elétrons no lado p, tornando-o negativamente carregado e uma redução de elétrons do lado n, que o torna positivamente carregado. Desta forma, é criado um campo elétrico que se origina nos íons positivos e termina nos íons negativos. Este deslocamento de cargas dá origem a uma diferença de potencial ao qual chamamos de Efeito Fotovoltaico (MESSENGER, VENTRE; 2000).

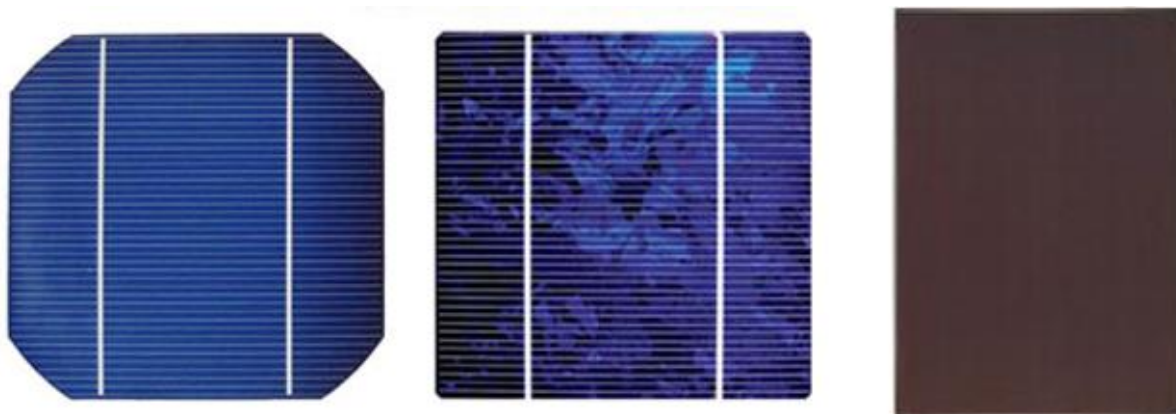
Atualmente, existem diversas tecnologias para a fabricação de células e módulos fotovoltaicos. A célula mais comum é a de silício cristalina, que representa aproximadamente 95% do mercado de células solares. Porém, como apontado por Filipe dos Santos (2011) em sua dissertação “Utilização de Energia Fotovoltaica para a eficiência energética de uma moradia”, outros materiais semicondutores também são utilizados, como o arsenieto de gálio, telurieto de cádmio ou diselenietode cobre e índio.

Novos materiais fotovoltaicos, melhorias no design das células e otimização das tecnologias de produção estão sempre em desenvolvimento pelo setor de energia solar fotovoltaica, proporcionando mais eficiência e menores custos (BAYOD-RÓJULA; LORENTE-LAFUENTE; CIREZ-OTO, 2011).

O silício é extraído do mineral quartzo e depois passa por um processo de purificação. O Brasil é um dos maiores produtores de silício do mundo, mas não atua na parte da

purificação. As tecnologias mais utilizadas de silício são o silício monocristalino, o policristalino e o filme fino de silício, que podem ser observadas na figura 7.

Figura 7 – Célula de silício monocristalino, policristalino e filme-fino.



Fonte: Energías Renovables, 2014.

5.2 História

O princípio fotovoltaico foi descoberto pelo físico francês Alexandre-Edmond Becquerel em 1839 (BECQUEREL, 1839). Na época, Alexandre trabalhava com seu pai, Antoine César, e eles perceberam que, quando a luz iluminava determinada substância, ela era acumulada em uma carga elétrica. Pode parecer estranho que eles não fizeram mais com a descoberta na época, mas, naquele tempo, o campo da ciência era uma tela em branco e a talentosa família Becquerel tinha muitas áreas para explorar (WOLFE, 2013).

Antoine César inventou um galvanômetro, para medir resistência, e também uma bateria inicial. Alexandre-Edmond era particularmente interessado em luz e trabalhou em espectroscopia, fluorescência, fosforescência e fotografia precoce. O brilhantismo da família também foi passado para a terceira geração, Henri, filho de Alexandre-Edmond, ganhou o Nobel junto com Marie e Pierre Curie pelo trabalho deles com radioatividade em 1903 (NOBELPRIZE, 1903).

O efeito fotovoltaico ficou mais conhecido quando, em 1887, Heinrich Hertz mostrou, adicionando um segundo eletrodo, que a carga induzida pela luz poderia conduzir uma corrente elétrica (HERTZ, 1887) o que ficou conhecido como efeito fotovoltaico. Albert Einstein aplicou seu conhecimento de teoria quântica neste campo da ciência (EINSTEIN,

1905). De fato, seu Prêmio Nobel em 1921, foi por seus serviços à física teórica e especialmente por sua descoberta da lei do efeito fotoelétrico (NOBELPRIZE, 1921).

Como apontado por Wolfe (2013), apesar de ser extremamente interessante, a descoberta de Becquerel ficou praticamente inexplorada por mais de um século. Nos anos 50, pesquisadores da empresa RCA e do Laboratórios Bell, desenvolveram células solares com aproximadamente 8% de eficiência. Em 1954, os Laboratórios Bell entraram com um pedido de patente por 'Solar Energy Converting Apparatus' e ela foi concedida, mas aplicações comerciais ainda eram inviáveis devido ao alto custo.

Nesta época, um programa espacial percebeu que as missões espaciais seriam drasticamente afetadas se tivessem que levar toda a energia necessária, que seriam transportadas em forma de bateria, para a viagem com eles. A célula fotovoltaica era a forma mais adequada, devido ao peso menor e segurança, para fornecer a quantidade de energia necessária para longos períodos de alimentação de equipamentos eletroeletrônicos no espaço. Então, a busca por fontes de energia no espaço, inevitavelmente, levou ao uso de energia solar e, em 1958, o satélite Vanguard I (PERLIN, 1999) foi o primeiro a usar células solares para produzir eletricidade. Estas células iniciais eram pequenos dispositivos de silicone cristalinos, tipicamente dimensionados com apenas um cm^2 . O custo nessa aplicação não era uma questão primordial e era muito alto naquela época - cerca de US\$1 mil por watt de capacidade, três ordens de magnitude acima dos custos típicos atuais das células solares (WOLFE, 2013).

Apenas em 1956, devido à corrida espacial, que foi iniciada a produção industrial de módulos fotovoltaicos. Em 1973, quando aconteceu a crise do petróleo, o interesse pelo uso de energia solar fotovoltaica aumentou, porém, a tecnologia que estava sendo usada em aplicações espaciais, ainda não era economicamente viável. Para se tornar viável, era necessário que reduzisse em até 100 vezes seu custo de produção (PINHO; GALDINO, 2014).

Durante a maior parte da década de 90, o Estados Unidos foi o líder mundial em produção dessa tecnologia. No final dos anos 90, políticas governamentais na Alemanha e Japão resultaram em aumentos substanciais no desenvolvimento desse segmento de mercado (PINHO; GALDINO, 2014). O Protocolo de Kyoto, que tem um compromisso de redução de CO₂, ajudou a impulsionar essas políticas (KYOTO PROTOCOL, 1998).

Atualmente, a busca por fontes de energia limpas e alternativas é o que motiva e impulsiona a pesquisa, bem como o desenvolvimento de células fotovoltaicas mais eficientes e baratas (VILLALVA, 2015).

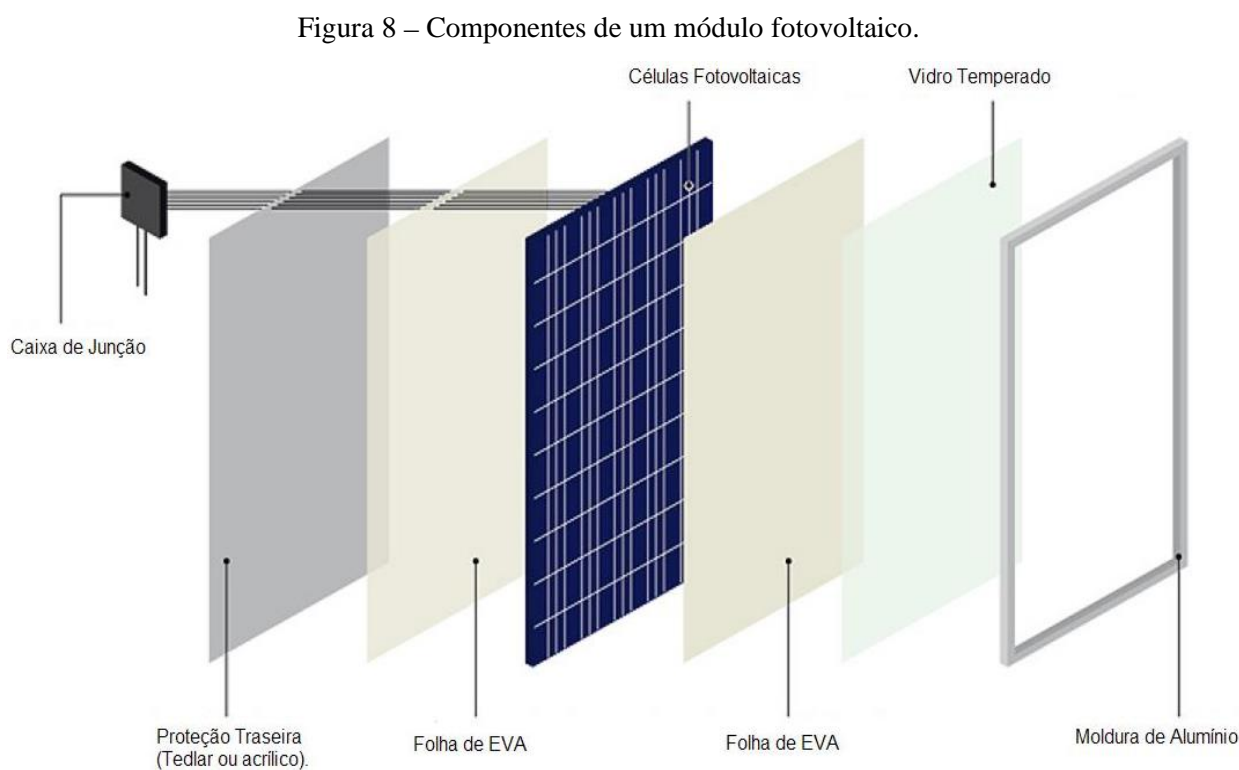
6. Painel Fotovoltaico

Um painel solar fotovoltaico é um conjunto de células solares fotovoltaicas, o dispositivo fotovoltaico básico, que são montadas sobre uma estrutura rígida e conectadas eletricamente. As células podem ser conectadas em série ou em paralelo, mas normalmente são conectadas em série para produzir uma tensão maior. Tipicamente, um módulo tem 36, 54, 60 ou mais células, dependendo de sua classe de potência (VILLALVA, 2015).

Segundo Santos (2011), painéis fotovoltaicos são células agrupadas, também chamados de módulos solares. Esse conjunto é formado por placa solar, controlador de carga, baterias (apenas em sistemas *off-grid*) e inversor.

6.1 Componentes

Na figura 8 é ilustrado um painel solar fotovoltaico com todos os componentes e eles serão explicados na sequência.



Fonte: SOL CENTRAL, S/D.

Inicialmente uma moldura de alumínio e uma camada de vidro recobrem as células fotovoltaicas que são prensadas dentro de lâminas plásticas. Na parte traseira o módulo recebe uma caixa de conexões elétricas, também chamada de *string box* (VILLALVA, 2015).

A *string box* acomoda todas as conexões dos circuitos de corrente contínua vindos do painel fotovoltaico, através dos dispositivos de proteção, tais como chaves seccionadoras, fusíveis, disjuntores e proteção contra surtos (DPSs), produzindo uma saída de corrente contínua protegida. Oferecem proteção e isolamento para o lado CC e/ou CA indispensável para instalações fotovoltaicas conectadas à rede com inversores centrais (SOL CENTRAL, S/D).

Figura 9 – *String box*.



Fonte: SOL CENTRAL, S/D.

O acesso do módulo à eletricidade se dá por meio de dois cabos elétricos conectados à *string box* e com terminais elétricos padronizados para sistemas fotovoltaicos, esses cabos têm características específicas para aplicações em sistemas fotovoltaicos. Além disso, os cabos ficam, geralmente, em locais abertos então são expostos a intempéries e radiação solar excessiva, o que exige que eles tenham resistência contra esse tipo de situação (VILLALVA, 2015).

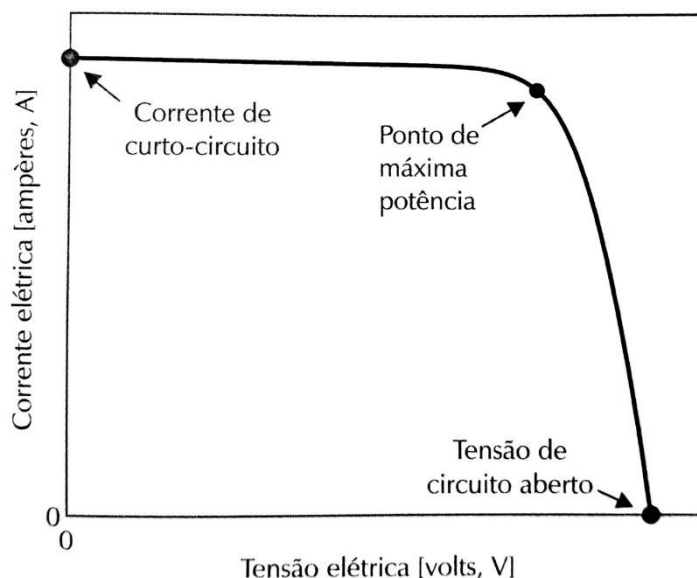
6.2 Corrente, tensão e potência

Segundo Zilles (2016), a curva característica de tensão versus corrente de um conversor fotovoltaico, é definida pela ABNT como a “*representação dos valores da corrente de saída de um conversor fotovoltaico, em função da tensão, para condições pré-estabelecidas de temperatura e radiação*”.

Analisar a curva $I - V$ é fundamental, pois é a partir dela que se determinam os principais parâmetros de qualidade e desempenho. Segundo Prieb (2002), uma boa célula de silício cristalino apresenta, partindo do curto-circuito, uma corrente praticamente constante, decrescendo levemente com o aumento da tensão até chegar a um joelho, a partir do qual, assume um comportamento de rápida diminuição até cortar quase verticalmente o eixo das tensões. A potência fotogerada obtida multiplicando-se a corrente pela tensão ponto a ponto, apresenta um máximo nitidamente localizado próximo ao joelho da curva $I-V$.

No gráfico da figura 10, é possível observar a relação entre tensão e corrente de saída de um módulo fotovoltaico, a curva $I - V$, que é uma característica similar de todos os módulos fotovoltaicos. Os três principais pontos são I_{sc} , V_{oc} e P_{max} , que serão explicados em seguida.

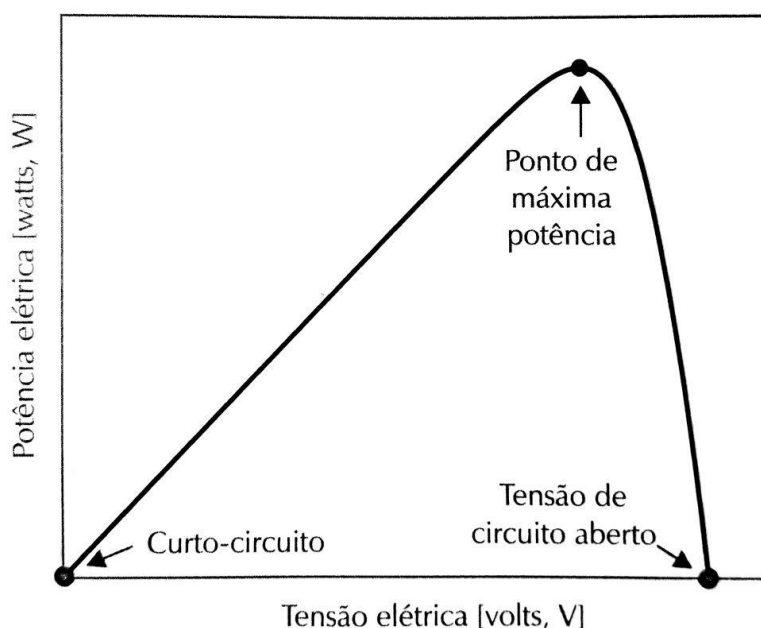
Figura 10 – Curva característica $I-V$ de corrente e tensão de um módulo fotovoltaico.



Fonte: VILLALVA, 2015.

A corrente de curto-circuito, I_{sc} , é a corrente circulante no circuito quando a tensão em seus terminais é nula. Nesta situação é possível alcançar a corrente máxima, que depende da iluminação do módulo. Enquanto que, V_{oc} é a tensão quando a corrente circulante é nula e a célula está iluminada. Esta é a tensão máxima que o módulo pode fornecer. Já P_{max} é o ponto de máxima potência. Para cada curva $I - V$ existe uma curva $P - V$ correspondente. No gráfico da figura 11 observa-se uma curva $P - V$ que mostra a potência variando de acordo com a tensão.

Figura 11 – Curva característica $P - V$ de potência e tensão de um módulo fotovoltaico.



Fonte: VILLALVA, 2015.

O ponto de máxima potência, P_{max} , é onde o módulo fornece mais energia.

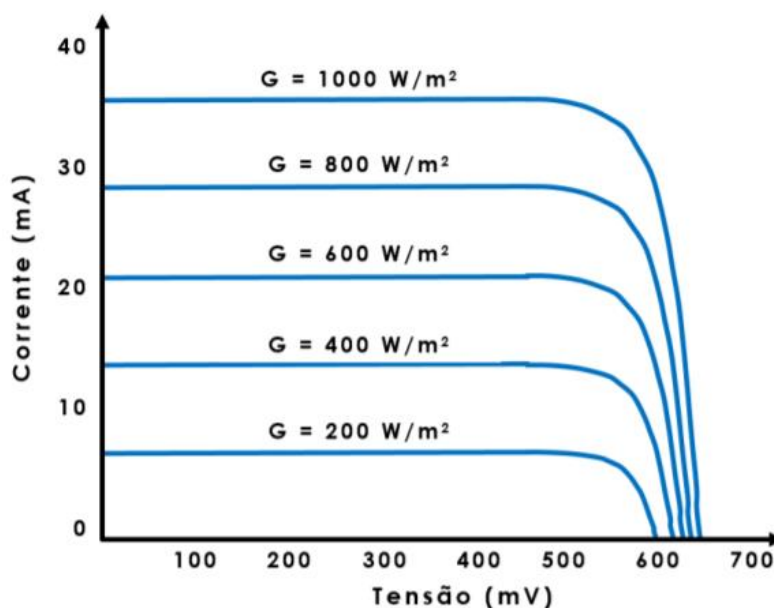
6.3 Influência dos parâmetros externos nas características elétricas dos dispositivos fotovoltaicos

O desempenho de dispositivos fotovoltaicos é afetado pela radiação solar, temperatura, espectro solar, sombreamento e configuração do arranjo. Esse desempenho também varia de acordo com a tecnologia, e qualidade com a qual foram produzidos. Neste trabalho serão discutidos cinco fatores externos que influenciam os dispositivos fotovoltaicos: 1) Radiação Solar; 2) Temperatura; 3) Espectro Solar, 4) Sombreamento e 5) Inclinação (β).

6.3.1 Radiação solar

A corrente elétrica que o módulo fotovoltaico oferece é diretamente dependente da intensidade da radiação solar. O gráfico da figura 12 mostra como a temperatura influencia na curva I x V de uma célula.

Figura 12 – Influência da radiação solar na operação do módulo fotovoltaico.

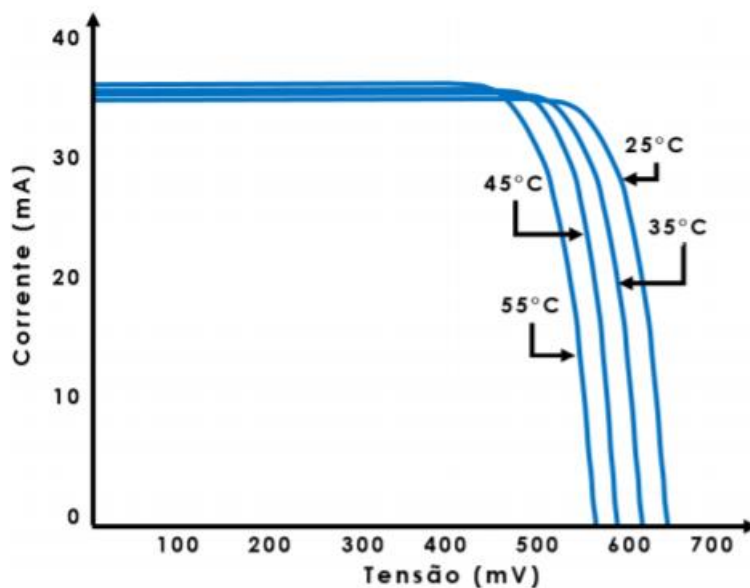


Fonte: NEVES, 2016.

6.3.2 Temperatura

A temperatura do módulo fotovoltaico afeta corrente mudando a eficiência de absorção do módulo. No gráfico da figura 13 é possível observar que a tensão de circuito aberto diminui proporcionalmente com a elevação da temperatura e a corrente de curto circuito sofre um pequeno acréscimo.

Figura 13 – Influências da temperatura na curva I – V de uma célula fotovoltaica.



Fonte: NEVES, 2016.

6.3.3 Espectro Solar

Como explicado por Neves (2016), os dispositivos fotovoltaicos são sensíveis ao espectro eletromagnético incidente e a toda variação que ele sofre. A explicação do por que isso acontece é simples: os dispositivos são seletivos espectralmente e somente as regiões espectrais que coincidirem com sua resposta espectral poderão ser aproveitadas (BETTS, 2004).

A distribuição espectral da radiação solar varia com a condição atmosférica e a localização solar, que são, por sua vez, afetadas pela estação, clima e hora do dia. Além disso, diferentes tipos de células solares exibem diferentes respostas espectrais. O silício policristalino, por exemplo, responde a ondas na faixa de 305-1200 nm, enquanto que o silício amorfo responde a 305-820 nm. Embora a mesma radiação seja recebida por ambos os tipos de células, sua produção de energia varia com a distribuição espectral da radiação solar. Como o silício amorfo responde a uma faixa muito mais estreita de comprimentos de onda, seria esperado que variações na radiação espectral tivessem um efeito muito maior na saída desse material. Portanto, para examinar com precisão as características de saída, é preciso considerar não apenas a quantidade, mas também a “qualidade” da radiação, ou seja, o “espectro disponível” (HIRATA; TANI, 1995).

6.3.4 Sombreamento

Muitas vezes, os painéis fotovoltaicos ficam sombreados, total ou parcialmente, pelas nuvens que passam, prédios vizinhos, torres, árvores, postes de serviço público e telefone. Dado que a intensidade da corrente elétrica de uma célula fotovoltaica é diretamente proporcional à intensidade da radiação incidente sobre ela, o sombreamento de uma célula reduzirá o rendimento energético, tanto pela redução de energia para a célula, quanto pelo aumento de consumo de energia nas células sombreadas.

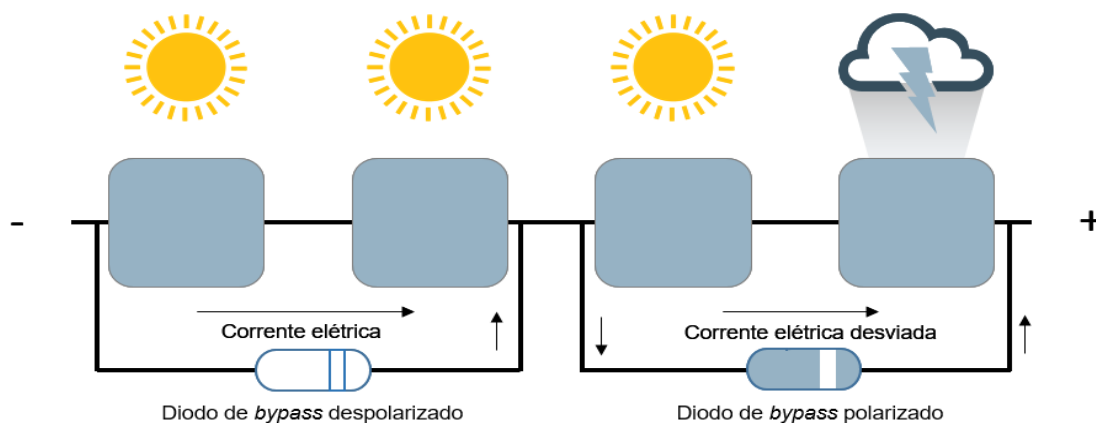
As células de um módulo fotovoltaico, por estarem conectadas em série, dependem uma das outras para produzirem corrente.

Quando todas as células recebem a mesma quantidade de luz, a corrente elétrica flui normalmente pelos terminais do módulo. Se alguma célula for sombreada, acontece o impedimento da passagem de corrente elétrica nesta célula.

É possível que um módulo fotovoltaico deixe de produzir energia mesmo se apenas uma célula receber pouca luz. A mesma situação acontece em módulos conectados em série, a corrente elétrica de um conjunto de módulos é reduzida mesmo se apenas um dos módulos estiver recebendo menos luz que os demais.

Para minimizar este tipo de problema, muitos fabricantes ligam um diodo em antiparalelo com as células, como propôs Villalva (2015). Esse diodo é chamado de diodo *bypass* e tem como objetivo oferecer um caminho alternativo para a passagem de corrente elétrica que foi produzida pelas células fotovoltaicas que não foram sombreadas. Idealmente, esse diodo poderia estar presente em cada uma das células, porém, isso aumentaria muito o custo e a complexidade de fabricação do módulo. Dessa forma, um diodo *bypass* está presente em um conjunto de células em série.

Figura 14 – Módulo fotovoltaico com iluminação parcial.

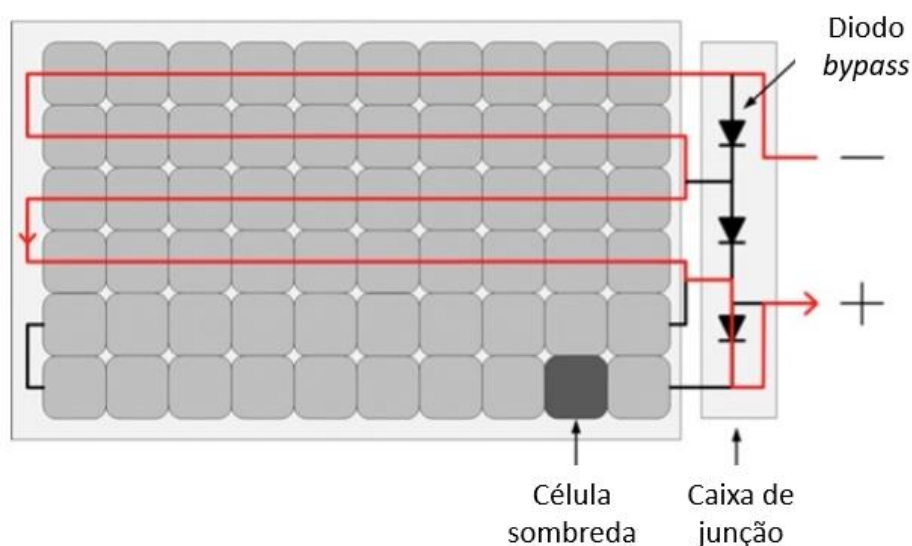


Fonte: Adaptado de VILLALVA, 2015.

O diodo *bypass*, como apontado por Coutinho (2016), reduz a perda de energia e o risco de dano irreparável nas células afetadas (e no módulo) devido à limitação da dissipação de potência nas células que estão sombreadas.

Quando não há o efeito do sombreamento e produção de energia nas células, o diodo *bypass* fica polarizado de forma reversa, não ocorrendo então, passagem de corrente por ele mesmo. Quando alguma das células é afetada pelo sombreamento, a polaridade dela se inverte e, conseqüentemente, a do diodo também, permitindo assim, a passagem de corrente por ele e atuando como o caminho alternativo para a corrente produzida pelas células sombreadas. O desvio da corrente é mostrado na figura 15.

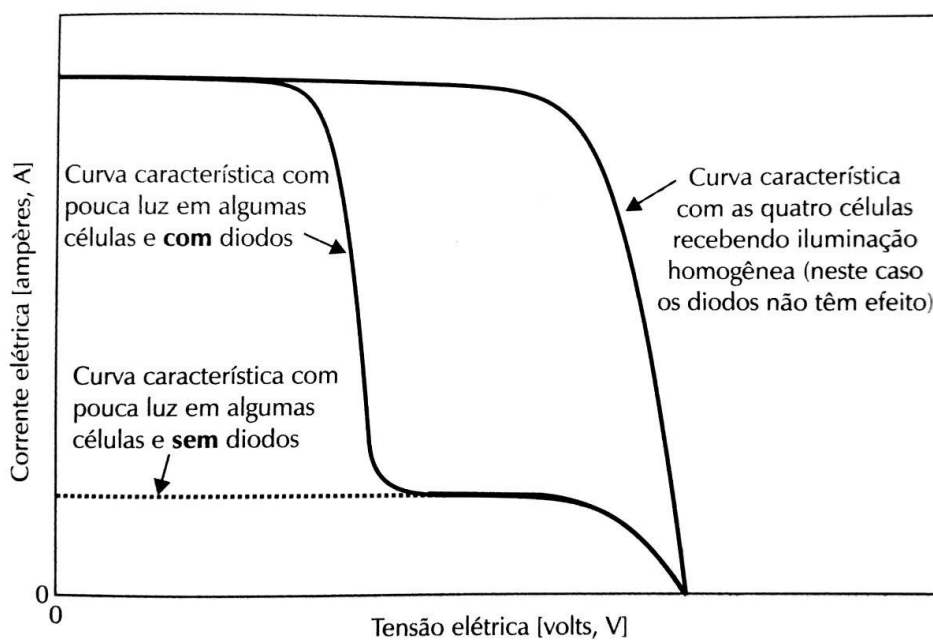
Figura 15 – Módulo fotovoltaico iluminado com uma célula solar sombreada que resulta no desvio de uma cadeia de 20 células solares.



Fonte: PANNEBAKKER; WAAL; VAN SARK, 2017.

No gráfico da figura 16, é possível observar a diferença entre o comportamento de célula que utilizam de diodo *bypass* e células que não o utilizam. Quando não há o efeito de sombreamento, ambas as células atuam de forma idêntica, pois o diodo não tem efeito. Entretanto, uma vez que ocorre o efeito de sombreamento, a célula com o diodo ainda tem a capacidade de produzir corrente elétrica por conseguir desviar o caminho pelo qual ela deve passar.

Figura 16 – Resultado do sombreamento na característica I–V do módulo.



Fonte: VILLALVA, 2015.

6.3.5 Ângulo de inclinação (β)

Para um melhor aproveitamento da incidência nos painéis fotovoltaicos, é importante que seu ângulo de inclinação aproxime o ângulo de incidência dos raios solares na superfície do módulo à zero. Para esse ângulo ser próximo ou igual à zero, cada região da superfície terrestre demanda uma inclinação diferente que varia de acordo com a latitude. Na tabela 2 é possível observar o ângulo de inclinação (β) recomendado de acordo com a latitude do local.

Tabela 2 – Inclinação recomendada dos painéis fotovoltaicos.

Latitude	Ângulo de inclinação recomendado
0° à 10°	$\beta = 10^\circ$
11° à 20°	$\beta = \text{latitude}$
21° à 30°	$\beta = \text{latitude} + 5^\circ$
31° à 40°	$\beta = \text{latitude} + 10^\circ$

41° à 50°

$\beta = \text{latitude} + 15^\circ$

Fonte: VILLALVA, 2015.

7. Método

O passo a passo do método deste trabalho pode ser resumido de acordo com a figura 17.

Figura 17 – Método do trabalho.



Fonte: Elaboração própria por meio do Power Point, 2018.

7.1 Possíveis locais de implementação do sistema fotovoltaico

O primeiro passo para a definição do local de implementação foi uma visita no HU-UFSCar com os responsáveis pelo hospital. Durante a visita foram levantados possíveis locais que serão analisados, discutidos e priorizados ao longo deste trabalho.

7.2 Informações dos locais de implementação do sistema fotovoltaico

Para decidir qual o melhor local para o desenvolvimento do projeto, foram levados em consideração critérios como a área total, sombreamento, desnível do terreno e possibilidade de construções futuras que impactassem o local escolhido.

Inicialmente os três possíveis locais foram medidos e então foi calculada a área disponível para implementação do sistema fotovoltaico em cada uma das opções. Em seguida, foram feitas fotos e vídeos em diferentes horas de um mesmo dia a fim de estudar o sombreamento causado por construções e vegetações próximas, sendo este um motivo para tornar o local impróprio para a instalação de um sistema fotovoltaico. Como estudado no capítulo de revisão bibliográfica, as células de um módulo fotovoltaico, por estarem conectadas em série, dependem uma das outras para produzirem corrente. Quando todas as células recebem a mesma quantidade de luz, a corrente elétrica flui normalmente pelos terminais do módulo, porém, se alguma célula for sombreada, acontece o impedimento da passagem de corrente elétrica nesta célula, fazendo com que o módulo fotovoltaico deixe de produzir energia no restante do conjunto.

Outro fator relevante a ser considerado para a tomada de decisão é o desnível do terreno dessas áreas, pois isso impacta diretamente a estrutura necessária, ou seja, um terreno com um desnível muito grande precisaria de um custo de estrutura alto, o que torna o *payback* do projeto mais longo, podendo até inviabilizá-lo.

O último aspecto considerado foi a possibilidade de construções futuras ao redor dos locais, dado que algumas obras do HU-UFSCar ainda não foram finalizadas. Isso impacta diretamente o projeto, pois a construção de novos edifícios pode gerar sombreamento do local, inviabilizando-o.

7.3 Definição do local de implementação do sistema fotovoltaico

Com os dados acima levantados, foi possível escolher o melhor local para instalação do sistema. Os itens mais relevantes para a tomada de decisão foram a área e o sombreamento dos locais.

7.4 Dimensionamento do sistema fotovoltaico

Depois de decidir o local de instalação do sistema fotovoltaico, foram analisadas suas limitações físicas para saber o quanto de energia seria possível gerar através desse local.

Essas análises foram feitas a partir do programa PVsyst, *software* de simulação de sistemas fotovoltaicos.

O *software* leva em consideração fatores como a incidência solar da região, a área, permite a escolha de diferentes modelos de painéis e inversores e a escolha da inclinação dos painéis. Para chegar a resultados factíveis, o *software* também considera os diferentes tipos de perdas como perda por sombreamento, ohmicas e diminuição da eficiência do conjunto de acordo com o aumento do tempo de vida.

O primeiro dado a ser inserido no *software* é o tipo de conexão do sistema: sistema conectado à rede ou sistema isolado. Neste trabalho está sendo estudado um sistema fotovoltaico conectado à rede.

Em seguida são inseridos os dados de latitude e longitude do local escolhido, para o *software* poder levar em consideração a incidência solar da região. Esses dados foram importados do banco de dados contido no mesmo.

Na sequência foi determinada a inclinação com a qual os painéis seriam instalados na área disponível e, escolhendo os componentes a serem utilizados, o sistema pode ser dimensionado.

Após o dimensionamento técnico do sistema no local escolhido, foi levantada a necessidade de investimento total do trabalho, ou seja, foram calculados os diferentes custos envolvidos.

Para calcular o custo do sistema dimensionado, foram feitas diversas cotações com diferentes fornecedores de equipamentos fotovoltaicos a fim de encontrar os materiais que tivessem o melhor custo benefício de acordo com as necessidades do sistema. Nesta parte do trabalho foram cotados os preços de painéis, inversores, dispositivos de proteção e a estrutura necessária como suporte do conjunto. Além do custo com materiais, também foi levantado o custo com mão de obra para a instalação do sistema no local escolhido e custo de manutenção durante os 25 anos de duração do sistema.

Com os custos descritos acima, foi possível calcular o investimento total necessário para a implementação e funcionamento deste Trabalho de Conclusão de Curso.

7.5 Geração de energia

A partir do dimensionamento do sistema, foi possível simulá-lo no *software* PVsyst e calcular a quantidade de energia gerada por ele e entender como isso atendia a demanda do

hospital. Nesta parte do trabalho foram consideradas perdas e a eficiência do sistema fotovoltaico para poder criar projeções realistas dos 25 de vida útil do sistema.

7.6 Análise da viabilidade financeira

Com o valor final necessário do investimento, a geração de energia através da simulação do sistema e os gastos poupados com energia elétrica, foram feitas algumas análises matemáticas para verificar a viabilidade financeira do sistema.

Neste trabalho foi calculado o *payback* simples e descontado do projeto, o VPL e a TIR, como discutidos anteriormente.

7.7 Conclusão

Com o sistema dimensionado e simulado no PVsyst, o cálculo do seu investimento necessário e as análises matemáticas foi possível chegar à conclusão final do trabalho, mostrando se o sistema era plausível de ser implementado pelo HU-UFSCar ou não.

8. Resultados e Discussão

8.1 Possíveis locais de implementação do sistema fotovoltaico

O primeiro passo para a definição do local de implementação foi uma visita no HU-UFSCar em conjunto com o engenheiro eletricista responsável, Leandro Azeka, e sua equipe. Durante a visita, foram levantados três locais possivelmente interessantes para a implementação do trabalho, que são chamados de local 1, 2 e 3 neste projeto.

Na figura 18 é possível observar a planta do HU-UFSCar com os locais 1, 2 e 3 evidenciados.

Figura 18 – HU-UFSCar com os três possíveis locais de implementação do trabalho.



Fonte: Elaboração própria em imagem obtida por meio do Google Maps, 2018.

8.2 Informações dos locais de implementação do sistema fotovoltaico

Para poder comparar os locais e decidir qual o local mais adequado para a implementação do sistema fotovoltaico, foi preciso levantar algumas informações sobre esses locais. O primeiro aspecto a ser analisado de cada local foram suas áreas, que foram medidas na planta do HU-UFSCar e se encontram na tabela 3.

Tabela 3 – Área dos três possíveis locais de implementação do sistema fotovoltaico.

Local	Área
Local 1	1.272m ²
Local 2	837 m ²
Local 3	272 m ²

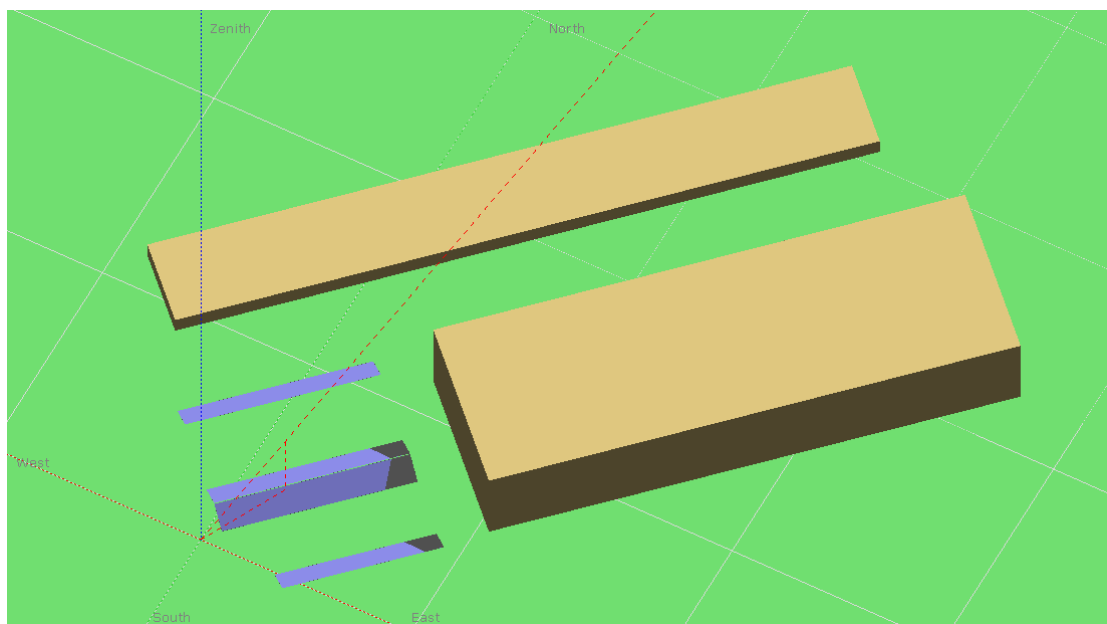
Fonte: Planta do HU-UFSCar, 2018.

Desta forma, foi possível concluir que, em relação à área, o local 1 é o mais interessante.

Para analisar o sombreamento dos locais 1, 2 e 3 foram feitas visitas em 3 períodos diferentes de um mesmo dia: 8h, 12h e 16h. Analisando o sombreamento e levando em consideração a área dos três locais foi possível concluir que o local 1 é a mais interessante, pois, apesar de um pedaço ficar sombreado em um período do dia, esta fatia é pequena, representando menos de 8% da área total. Além disso, essa área fica sombreada apenas em algumas horas do dia, fazendo com que o local 1 se mostre mais interessante que os demais.

Para analisar o sombreamento do local 1, o sistema foi simulado no *software* PVsyst com os prédios ao seu redor considerando sua elevação, desta forma foi possível descobrir quão afeto seria o sistema. Essa simulação pode ser conferida no site Youtube com o nome “Simulação PVsyst – HU-UFSCar” ou no link https://youtu.be/5d0_c1-IuW. Na figura 19 é possível observar o sombreamento do local 1 às 10 horas da manhã, horário que possui 7,6% de perdas.

Figura 19 – Sombreamento do local 1 às 10h.



Fonte: Elaboração própria por meio do *software* PVsyst, 2018.

O desnível dos três locais também foi analisado a partir da planta de elevações fornecida pelo HU-UFSCar e todos possuem o mesmo desnível. Além disso, em reunião com o engenheiro Leandro Azeka foi confirmado que não estavam previstas construções que impactariam nenhum dos três locais analisados.

8.3 Definição do local de implementação do sistema fotovoltaico

Concluiu-se então, analisando todos os fatores citados acima, que o local mais apropriado para implementação do sistema fotovoltaico é o local 1. Desta forma, este trabalho se propõe a analisar a viabilidade da implementação do trabalho no local 1 do HU-UFSCar. As coordenadas geográficas do local são:

21°59'33.1"S, 47°53'17.8"O

Esse local é um estacionamento de carros para os funcionários do hospital então o trabalho desenvolvido apenas agrega valor a uma área sem mudar ou prejudicar sua atual finalidade.

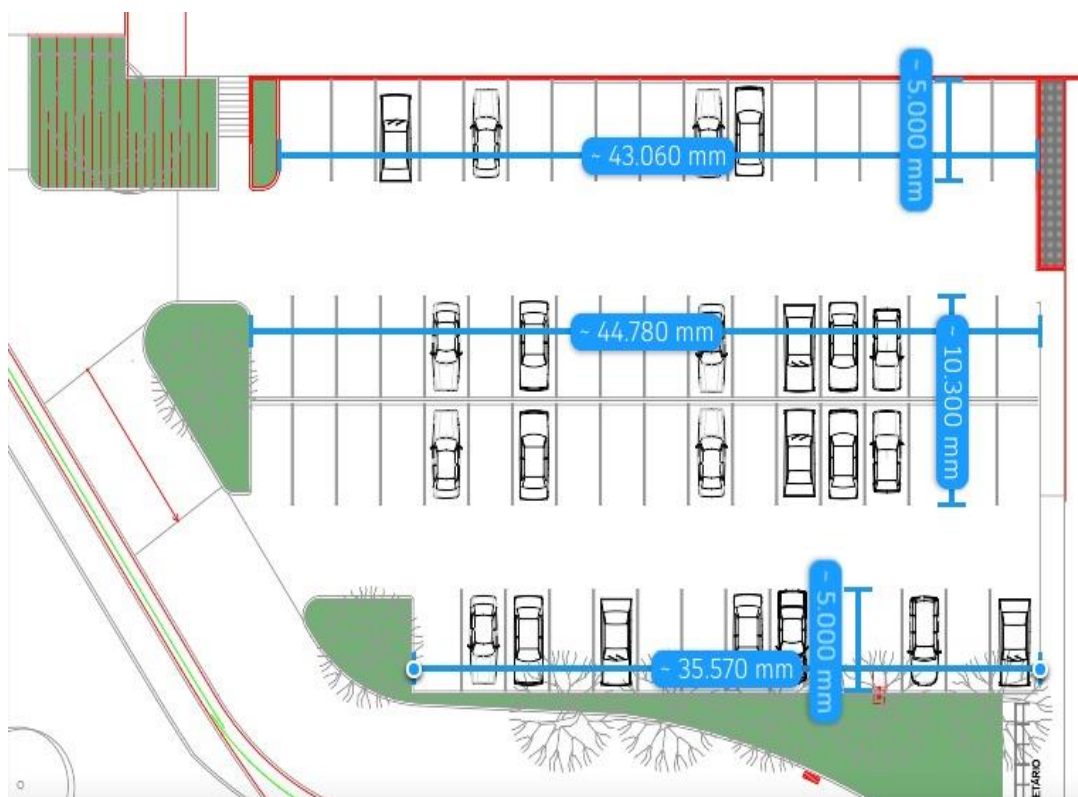
8.4 Dimensionamento do sistema fotovoltaico

Um sistema fotovoltaico é composto por diferentes componentes e é fundamental dimensioná-los de acordo com a capacidade necessária, sem subdimensionar, para o sistema não apresentar defeitos e falhas como desarmes e risco de incêndio, e sem superdimensionar, para o sistema não necessitar de um investimento acima do necessário. Nesta parte do projeto foram feitas diferentes cotações com diversos fornecedores e foi possível obter um preço médio para cada equipamento.

8.4.1 Estrutura de fixação

O estacionamento no qual está sendo proposto construir o sistema fotovoltaico é composto por 67 vagas, com cada vaga medindo $2,49 \times 5,0 \text{ m}^2$, totalizando 885 m^2 de área para ser coberta, essas vagas são divididas em três coberturas diferentes que serão chamadas de cobertura 1, 2, 3 e 4 neste trabalho. Na figura 20 pode ser observada a planta do estacionamento com as respectivas medidas de cada cobertura.

Figura 20 – Estacionamento do HU-UFSCar com medidas.



Fonte: Elaboração própria por meio do *software* AutoCAD, 2018.

Neste trabalho, é proposto que seja construída uma estrutura que servirá como suporte para o sistema fotovoltaico. As dimensões dessa estrutura são de 2,49 x 6,0 m² por vaga, totalizando 1.049,47 m². Essa estrutura, além de servir de suporte, também promoverá maior comodidade para os usuários do estacionamento.

Analisando os diferentes tipos de estruturas possíveis para o sistema, a estrutura com o melhor custo-benefício encontrada foi a da empresa PHB Solar, a estrutura Carport. Fazendo a cotação da estrutura Carport com diferentes empresas de instalação foi possível obter um preço médio igual a R\$206,85 por estrutura. Dado as dimensões da estrutura serão necessárias 504 estruturas Carport totalizando um custo total igual a R\$104.252,40. A estrutura possui vida útil acima de 25 anos e seu *datasheet* pode ser encontrado no Anexo 1.

8.4.2 Painel solar

De acordo com a distribuição das vagas no estacionamento, foram necessários 504 módulos fotovoltaicos para cobri-las. Dentre os modelos possíveis, o mais interessante em relação à confiabilidade da marca, qualidade do produto e preço foi o modelo CS6U-330M da fabricante Canadian Solar Inc, seu *datasheet* pode ser encontrado no Anexo 2 e suas especificações se encontram na tabela 4.

Tabela 4 – Especificações do painel solar.

Item	Painel solar
Fabricante	Canadian Solar Inc
Modelo	CS6U-330M
Potência	330 Wp
Dimensões	1960 x 992x 40 mm
Preço por unidade	R\$ 670,00
Quantidade necessária	504
Custo final	R\$ 337.680,00

Fonte: Elaboração própria com base no *datasheet* do painel solar e na cotação com diferentes fornecedores, 2018.

Com sede no Canadá, a Canadian Solar é uma das maiores fabricantes de módulos fotovoltaicos do mundo. Uma de suas oito fábricas é localizada no Brasil, produzindo o painel CS6U-330M 1500V em território nacional. Este painel possui um elevado padrão de

qualidade, com certificação INMETRO nota “A” e 10 anos de garantia contra defeitos de fabricação, e é ideal para uso em sistemas conectados à rede, como o presente trabalho. Além disso, o painel possui estrutura reforçada feita em alumínio anodizado com barra estabilizadora adicional e suas células fotovoltaicas são protegidas por uma resistente camada de vidro temperado.

Cada cobertura de vagas possui um número diferente de módulos necessários devido a seus tamanhos diferentes. Na figura 21 pode ser observada cada uma das quatro coberturas e na tabela 5 foi levantada a necessidade de módulos de cada uma das coberturas e sua inclinação.

Figura 21 – Estacionando do HU-UFSCar dividido em 4 coberturas.



Fonte: Elaboração própria, 2018.

Tabela 5 – Necessidade de módulos por cobertura.

Cobertura	Número de módulos (largura)	Número de módulos (comprimento)	Inclinação
-----------	-----------------------------	---------------------------------	------------

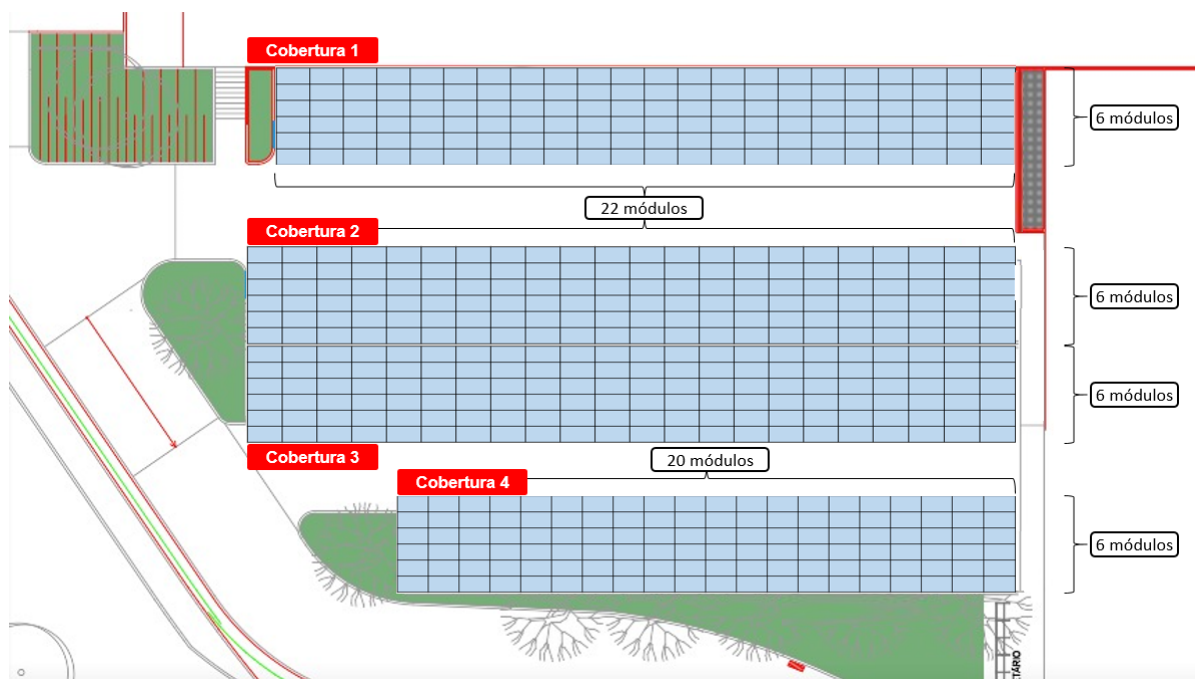
1	6	22	26°
2	6	22	26°
3	6	22	26°
4	6	18	26°

Fonte: Elaboração própria, 2018.

Como discutido na revisão bibliográfica, para maximizar o aproveitamento da radiação solar, é recomendado que os painéis sejam instalados com certa inclinação, que varia de acordo com a latitude local e o período do ano em que se requer mais energia (ANEEL, Atlas Energia Solar). Com as pesquisas feitas sobre a melhor inclinação para ser utilizada neste trabalho, foi possível descobrir que uma inclinação adequada para a região de instalação é igual a 26° graus. Além disso, instalar os painéis com certa inclinação evita o acúmulo de folhas e sujeiras, que ficariam nos painéis caso eles fossem instalados na horizontal.

A disposição dos módulos se dá da seguinte forma nas coberturas:

Figura 22 – Distribuição dos módulos nas quatro coberturas.



Fonte: Elaboração própria, 2018.

8.4.3 Inversor

De acordo com o sistema projetado, foram necessários quatro inversores, um para cada uma das coberturas. Para escolher o inversor, foi preciso descobrir a somatória da potência de todos os painéis de cada cobertura para então escolher um inversor com a potência aproximada, ligeiramente menor. Dentre os modelos possíveis, o mais interessante para as coberturas 1, 2 e 3 em relação à qualidade, reconhecimento no mercado e preço foi o modelo CL 36.0 do fabricante Fronius International (Anexo 3), suas especificações se encontram na tabela 6.

Tabela 6 – Especificações do inversor das coberturas 1, 2 e 3.

Item	Inversor
Fabricante	Fronius International
Modelo	CL 36.0
Potência	36 kW
Preço por unidade	R\$ 28.000,00
Quantidade necessária	3
Custo final	R\$ 84.000,00

Fonte: Elaboração própria com base no *datasheet* do inversor e na cotação com diferentes fornecedores, 2018.

Para a cobertura 4, que demanda um inversor com uma potência menor, o equipamento mais adequado foi o modelo TRIO-27.6-TL-OUTD da fabricante ABB (Anexo 4), suas especificações se encontram na tabela 7.

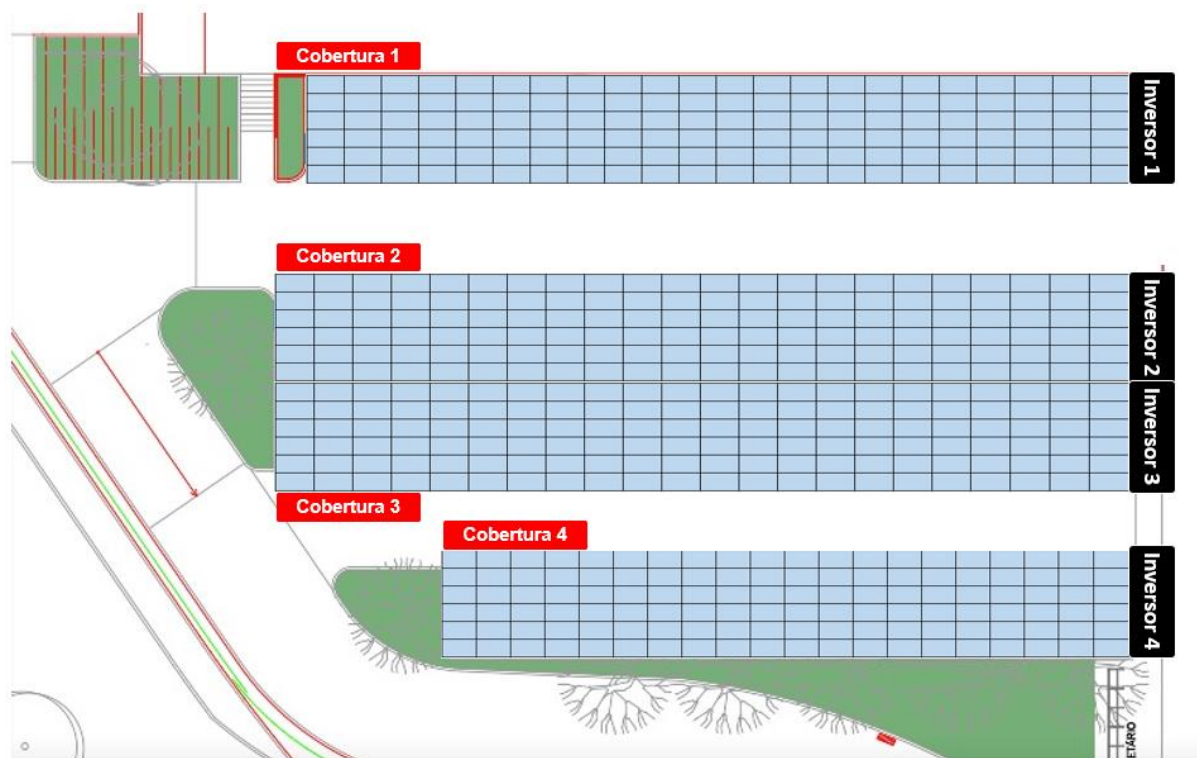
Tabela 7 – Especificações do inversor da cobertura 4.

Item	Inversor
Fabricante	ABB
Modelo	TRIO-27.6-TL-OUTD
Potência	27,6 kW
Preço por unidade	R\$ 19.000,00
Quantidade necessária	1
Custo final	R\$ 19.000,00

Fonte: Elaboração própria com base no *datasheet* do inversor e na cotação com diferentes fornecedores, 2018.

Na figura 23 é possível observar a localização dos inversores no estacionamento.

Figura 23 – Localização dos quatro inversores no estacionamento.



Fonte: Elaboração própria, 2018.

8.4.4 Outros componentes do sistema fotovoltaico

Além dos componentes descritos acima, também são necessários outros componentes para que o sistema fotovoltaico funcione. Esses componentes foram listados, junto com seu preço médio cotado com diferentes fornecedores, na tabela 8.

Tabela 8 – Componentes do sistema fotovoltaico.

Equipamento	Preço (R\$)	Quantidade	Custo total (R\$)
<i>String Box</i>	R\$ 200,00	1	R\$ 200,00
Quadro de proteção	R\$ 400,00	1	R\$ 400,00
Cabo solar preto	R\$ 5,80/metro	450 metros	R\$ 2.610,00
Cabo solar vermelho	R\$ 5,80/metro	450 metros	R\$ 2.610,00
Cabo solar VD/AM	R\$ 5,80/metro	450 metros	R\$ 2.610,00

Fonte: Elaboração própria com base na cotação com diferentes fornecedores, 2018.

8.4.5 Custo de instalação

Para a instalação do sistema foram cotadas diferentes empresas que fariam o serviço em São Carlos. Nessas cotações, o valor médio obtido foi igual a R\$ 130.000,00.

8.4.6 Custo de manutenção

É importante considerar que o sistema precisará de uma eventual manutenção e, por isso, foi considerado um custo de manutenção igual a 0,5% do custo do projeto ao ano (ELYSIA, 2017). Dado que o projeto tem uma vida útil igual a 25 anos, o custo de manutenção total desse período é igual a R\$85.420,30.

O custo de manutenção foi considerado no valor do investimento do projeto, pois é esperado que o HU-UFSCar reserve todo o dinheiro necessário para a manutenção durante os 25 anos de duração do projeto no mesmo momento que estiver desembolsando o dinheiro necessário para o investimento.

8.4.7 Investimento total

Com os custos dos materiais e instalação do sistema fotovoltaico levantados, foi possível calcular seu investimento necessário. Esse investimento é igual à aproximadamente R\$768.782,70 e foi decomposto na tabela 9.

Tabela 9 – Orçamento dos componentes do sistema fotovoltaico.

Equipamento	Preço (R\$)	Quantidade	Custo total (R\$)
Painéis solares	R\$ 670,00	504	R\$ 337.680,00
Inversores Fronius	R\$ 28.000,00	3	R\$ 84.000,00
Inversor ABB	R\$ 19.000,00	1	R\$ 19.000,00
Estrutura Carport	R\$ 206,85	504	R\$ 104.252,40
Cabo preto	R\$ 5,80	450	R\$ 2.610,00
Cabo vermelho	R\$ 5,80	450	R\$ 2.610,00
Cabo	R\$ 5,80	450	R\$ 2.610,00
Quadro de proteção	R\$ 400,00	1	R\$ 400,00
<i>String Box</i>	R\$ 200,00	1	R\$ 200,00
Instalação	R\$ 130.000,00	1	R\$ 130.000,00

		Total	R\$ 683.362,40
Custo adicional	Preço ao ano (R\$)	Número de anos	Custo total (R\$)
Manutenção	R\$ 6.924,00	25	R\$ 85.420,30
		Total	R\$ 768.782,70

Fonte: Elaboração própria, 2018.

8.5 Geração de energia

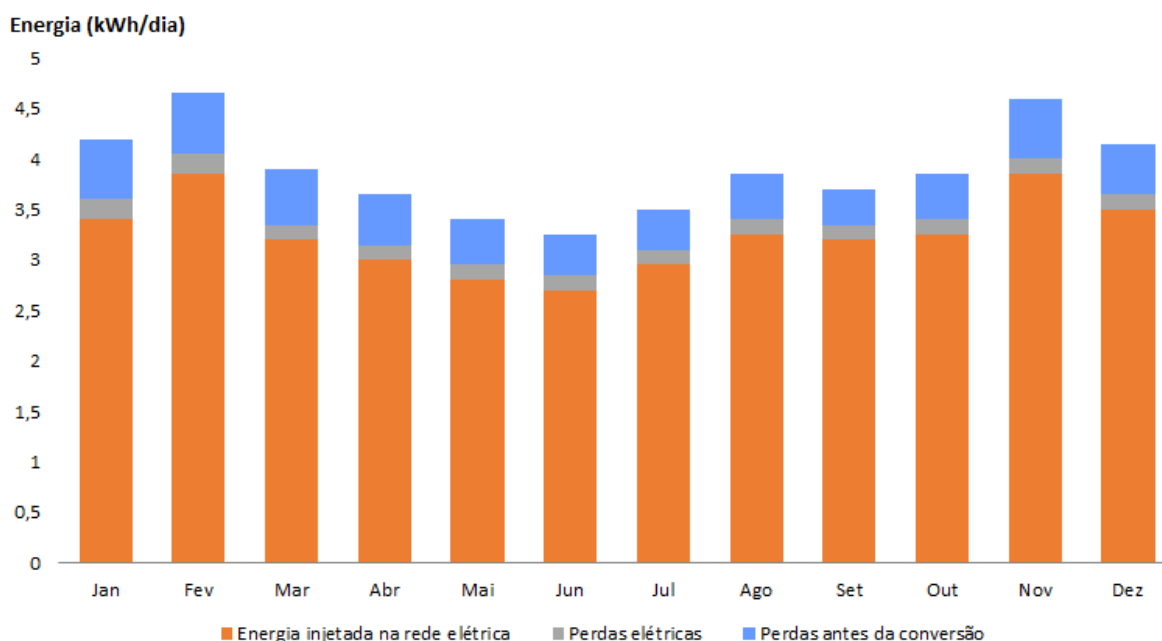
8.5.1 Eficiência do sistema fotovoltaico

Através da inserção de alguns dados no *software* utilizado para a simulação do sistema estudado neste trabalho, o PVsyst, foi possível encontrar a energia gerada por mês pelo sistema fotovoltaico instalado. Alguns dos dados considerados foram: número e tipo dos painéis e inversores utilizados, incidência solar da região de instalação, potência nominal e sombreamento ao qual o sistema estava submetido.

Após a inserção desses dados o PVsyst estimou que o sistema geraria 194,2 MWh/ano no primeiro ano a partir da instalação.

No gráfico da figura 24 é possível observar a energia produzida pelo sistema no primeiro ano de operação por mês. É possível verificar, em azul, as perdas que acontecem antes da conversão de energia em forma de radiação para energia elétrica. Em cinza, é possível verificar as perdas elétricas do próprio sistema e em laranja é a energia de fato injetada na rede.

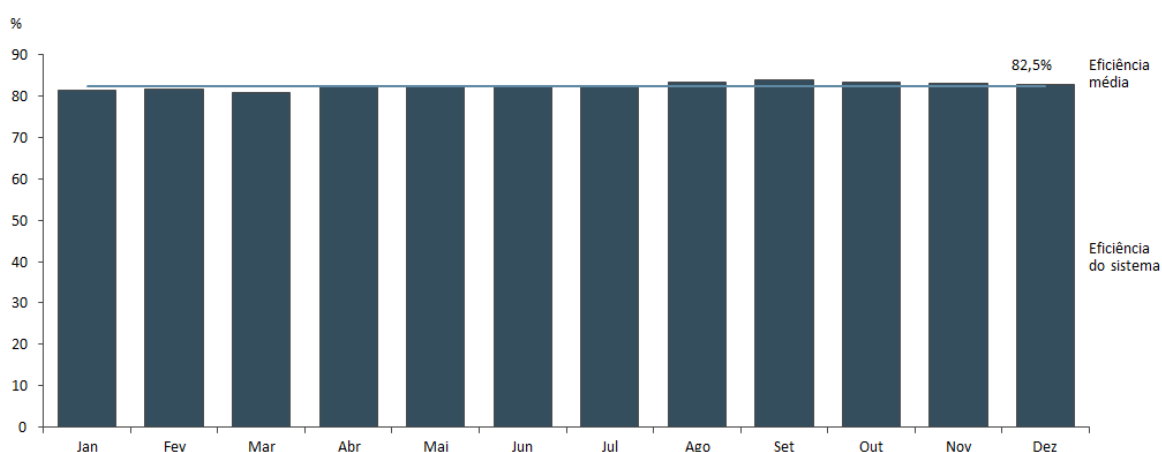
Figura 24 – Simulação da produção de energia no primeiro ano de operação.



Fonte: Elaboração própria baseada em dados obtidos através da simulação do sistema fotovoltaico no *software* PVsyst, 2018.

Os componentes do sistema perdem eficiência com o aumento da temperatura. Desta forma, em períodos mais frios é possível observar na figura 25 que a eficiência do sistema se encontra acima de 83% enquanto em períodos mais quentes essa eficiência se encontra mais próxima dos 80%.

Figura 25 – Simulação da eficiência do sistema no primeiro ano de operação.



Fonte: Elaboração própria baseada em dados obtidos através da simulação do sistema fotovoltaico no *software* PVsyst, 2018.

A tabela 10 mostra os valores de geração injetada na rede e a eficiência no primeiro ano de operação mês a mês.

Tabela 10 – Simulação da geração de energia e principais resultados no primeiro ano de operação.

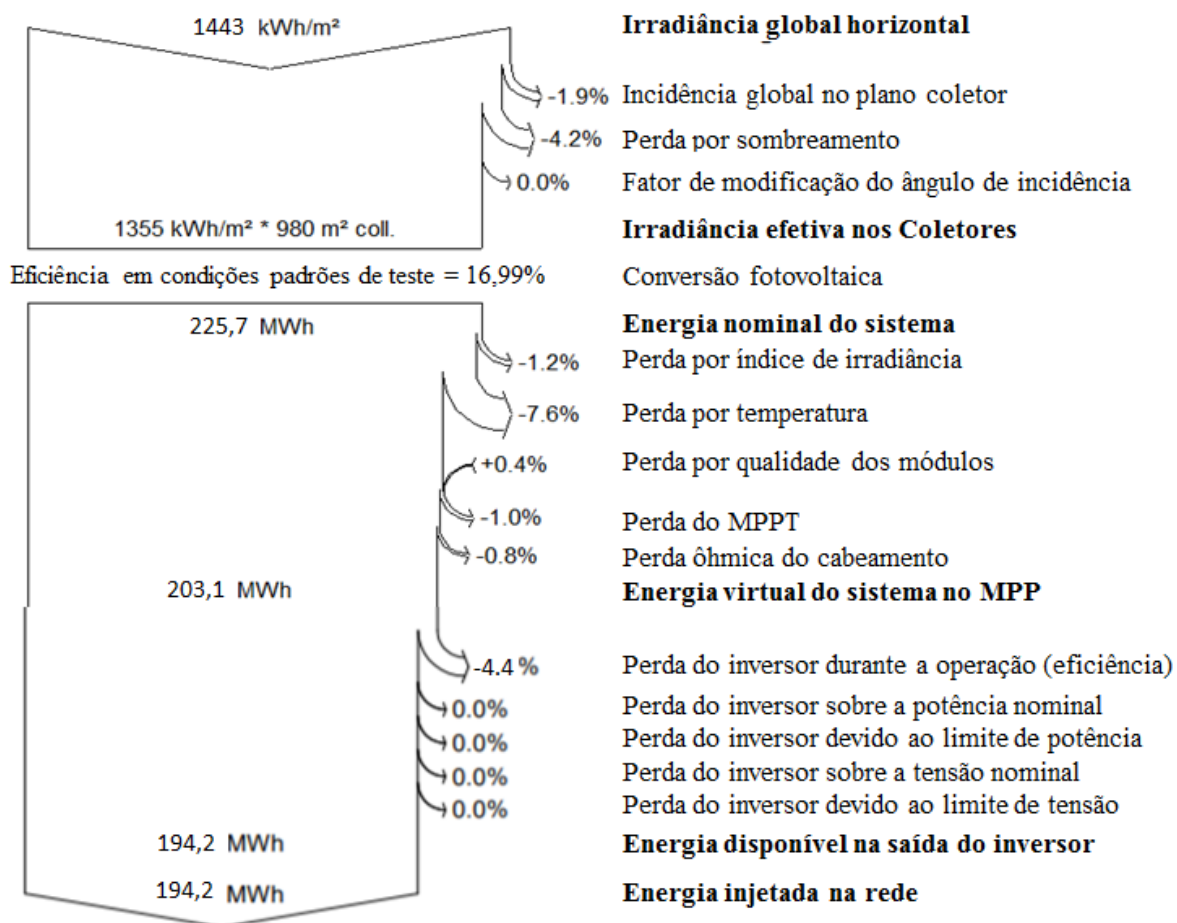
Mês	Irradiância	Irradiância	Temperatura	Energia	Eficiência (%)
	Global Horizontal (kWh/m ²)	Difusa Horizontal (kWh/m ²)	Ambiente Média (°C)	Injetada na Rede (MWh)	
Janeiro	139,8	78,40	22,74	17,65	81,5
Fevereiro	139,7	72,81	22,84	18,06	81,7
Março	125,7	75,81	22,62	16,41	81,0
Abril	107,9	55,80	21,02	14,90	82,2
Mai	98,8	47,20	18,14	14,19	82,4
Junho	88,5	41,30	17,37	12,84	82,3
Julho	99,6	47,00	16,55	14,43	82,2
Agosto	115,2	61,51	17,99	16,37	83,4
Setembro	112,2	73,50	18,15	15,34	84,0
Outubro	124,8	69,80	20,50	16,57	83,4
Novembro	149,7	77,30	20,62	19,49	83,2
Dezembro	140,6	91,79	21,84	18,00	82,8
Total	1442,5	792,23	20,02	194,25	82,5

Fonte: Elaboração própria baseada em dados obtidos através da simulação do sistema fotovoltaico no *software* PVsyst, 2018.

Além dos dados citados acima, também é de suma importância analisar as perdas do sistema, como descrito anteriormente. A figura 26 mostra todas as perdas do sistema, tanto antes da conversão da energia em forma de radiação para energia elétrica (bloco superior) quanto as perdas elétricas (bloco inferior).

Para os valores de perdas devido ao acúmulo de sujeira e perdas por temperatura foram considerados os valores padrões do próprio *software*. As perdas por sombreamento representam 4,4%.

Figura 26 – Simulação do diagrama de perdas do sistema no primeiro ano de operação.



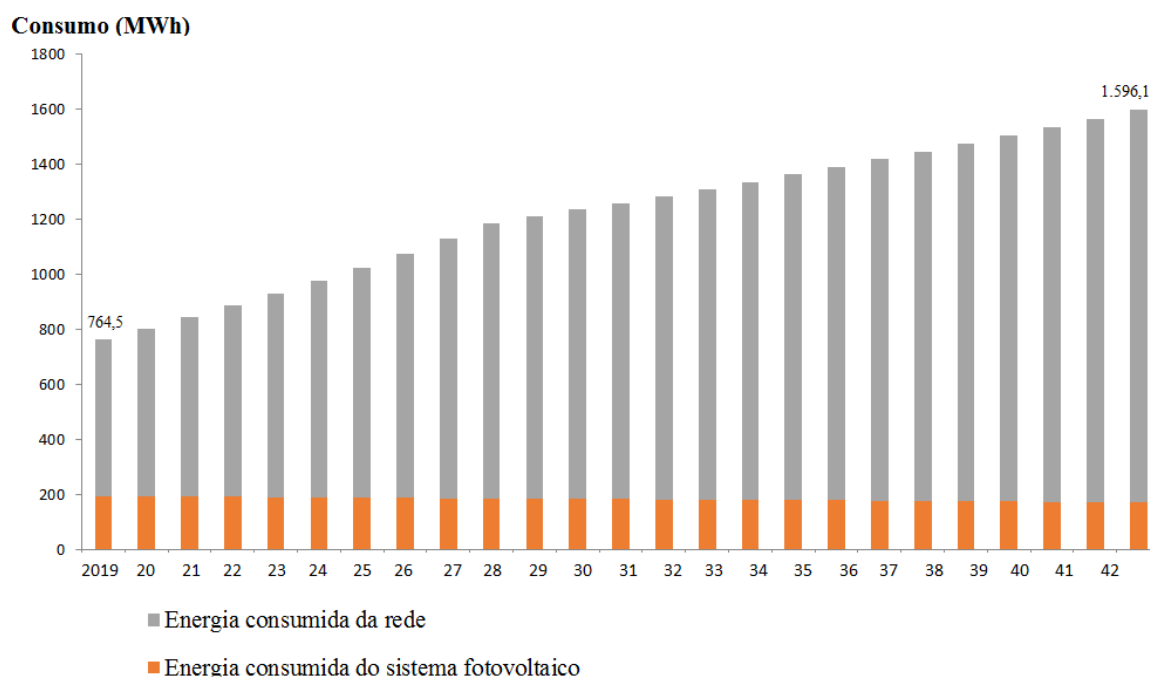
Fonte: Elaboração própria baseada em dados obtidos através da simulação do sistema fotovoltaico no software PVsyst, 2018.

A energia gerada com o sistema proposto é igual a 194,2 MWh, o que resulta em aproximadamente 25% do consumo atual de energia do HU-UFSCar. Dado que a eficiência do sistema decai com o passar do tempo, foi considerada uma redução de 0,5% por ano, valor padrão do PVsyst.

8.5.2 Projeção de geração de energia elétrica

Na figura 27 foi feita uma projeção do consumo de energia elétrica do HU-UFSCar nos próximos anos. Em laranja é possível observar a projeção de geração do sistema pelos próximos 25 anos, com o decaimento de produção apropriado. Em cinza é possível observar a parte do consumo que é adquirida da rede, dado que a geração do sistema fotovoltaico é limitada.

Figura 27 – Projeção do consumo de energia elétrica pelo HU-UFSCar.



Fonte: Elaboração própria, 2018.

Para os primeiros 10 anos de vida do sistema, foi considerado um crescimento no consumo de energia elétrica do hospital igual a 5% ao ano, pois o consumo do hospital ainda não se encontra maduro. Para os 15 anos subsequentes foi considerado um crescimento de 2% ao ano.

Além do crescimento do consumo da capacidade já existente, também está previsto um aumento da carga instalada do hospital para os próximos anos devido à conclusão da obra do centro cirúrgico. A obra será iniciada em janeiro de 2019, com previsão do término em dezembro 2019. O início de operação do centro cirúrgico deverá acontecer em maio de 2020, porém as cargas estarão consumindo todo o potencial previsto apenas no final de 2020. Existe também, para o final de 2019, a previsão da entrada em operação de elevadores e do sistema de pressurização das escadas do bloco C do hospital, prédio com 4 andares.

A entrada dessa nova carga não impactará o presente projeto, pois o consumo para o qual este projeto está sendo dimensionado continuará a existir. Além disso, ainda não existem informações sobre o padrão de consumo dessa nova carga.

8.5.3 Economia financeira obtida a partir do sistema fotovoltaico

Para saber qual a economia financeira a partir da instalação deste trabalho, é importante entender melhor como funciona a cobrança pela energia consumida. O consumo

de energia elétrica pode ser dividido como consumo em ponta, que é caracterizado como o consumo das 18h às 21h de 2ª a 6ª feira, ou consumo em fora de ponta, consumo no restante dos horários, segundo a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL, 2017). A tarifa em horário de ponta é mais cara que a tarifa em ponta.

A tarifa de energia elétrica pode ser decomposta em duas componentes: tarifa referente ao consumo e tarifa referente à bandeira. A tarifa referente à bandeira é o que os consumidores pagam de acordo com o Sistema de Bandeiras Tarifárias, instituído pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), na resolução nº. 547, de maio de 2013 (ANEEL, 2013). As bandeiras tarifárias permitem uma sinalização mensal do custo de geração da energia elétrica que é cobrada do consumidor, com acréscimo das bandeiras amarela e vermelha. Essa sinalização dá, ao consumidor, a oportunidade de adaptar seu consumo, se assim desejar. Os diferentes tipos de bandeiras estão explicados na tabela 11.

Tabela 11 – Condições e consequências de cada tipo de bandeira.

Bandeira	Situação	Consequência
Bandeira verde	Hidrelétricas operam normalmente, geração térmica até R\$211,28/KW.	Não há alteração no valor da tarifa.
Bandeira amarela	Usinas térmicas ativadas, geração térmica de R\$211,28/MWh até R\$422,56/MWh.	Adicional de R\$1,00 a cada 100 kWh.
Bandeira Vermelha - Patamar 1	Usinas térmicas ativadas e alta demanda, geração térmica de R\$422,56/MWh até R\$610/MWh	Adicional de R\$3,00 a cada 100 kWh.
Bandeira Vermelha - Patamar 2	Usinas térmicas ativadas e alta demanda, geração térmica maior ou igual a R\$610/MWh.	Adicional de R\$5,00 a cada 100 kWh.

Fonte: CPFL, 2018.

Na tabela 12 é possível observar os valores das duas componentes da tarifa de energia elétrica, podendo chegar na tarifa final de R\$0,43/kWh.

Tabela 12 – Componentes da tarifa de energia elétrica e preço pago pelo HU-UFSCar em 2017.

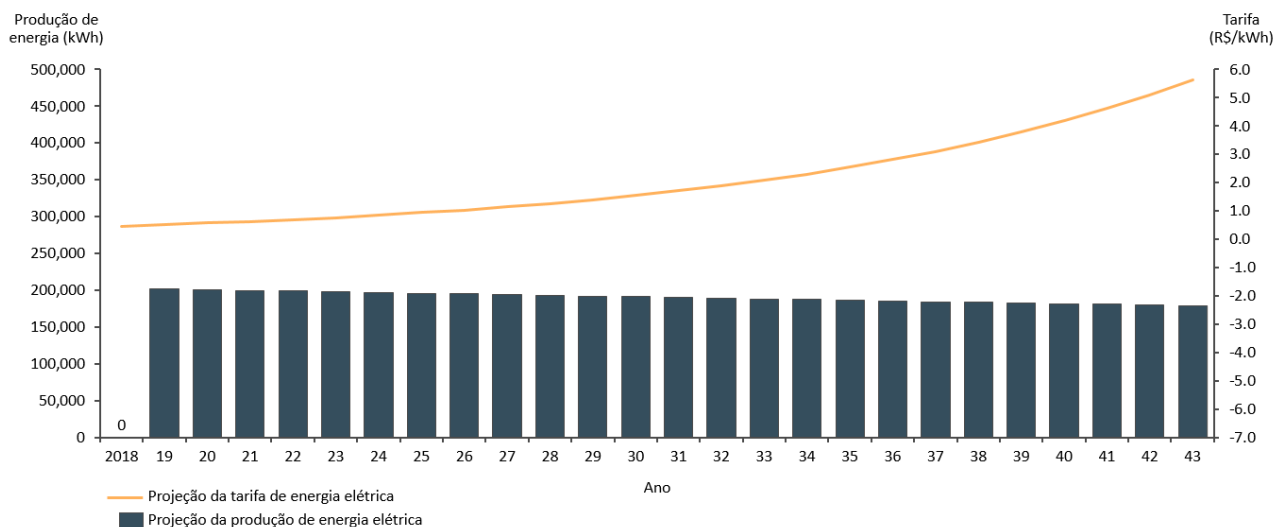
	Tarifa 2017 – Componente do consumo (R\$/kWh)	Tarifa 2017- Componente da bandeira (R\$/kWh)	Tarifa total (R\$/kWh)
Consumo em ponta	0,84	0,55	1,39
Consumo fora de ponta	0,08	0,35	0,43

Fonte: Contas de energia elétrica do hospital, 2017.

O sistema fotovoltaico só funciona com a presença de luz, desta forma, esse trabalho considera que o sistema proposto supre apenas o consumo do horário fora de ponta. Como observado na tabela 12, a tarifa média do consumo de ponta, considerando todas as componentes, foi igual a R\$ 0,43/kWh em 2017. É importante considerar que tarifas de energia elétrica sofrem reajustes periódicos e, por isso, foi considerado um crescimento de 10,17% ao ano (G1, 2018) na tarifa hora fora ponta, crescimento referente à tarifa do sudeste, como pode ser observado na figura 28.

A partir das projeções de energia gerada pelo sistema e da tarifa de energia elétrica, caso essa energia fosse consumida da rede ao invés do consumo gerado pelo sistema e da tarifa que seria paga pela energia, caso ela fosse consumida da rede, ao invés do sistema fotovoltaico, é possível calcular qual seria a economia financeira a partir da existência do sistema fotovoltaico.

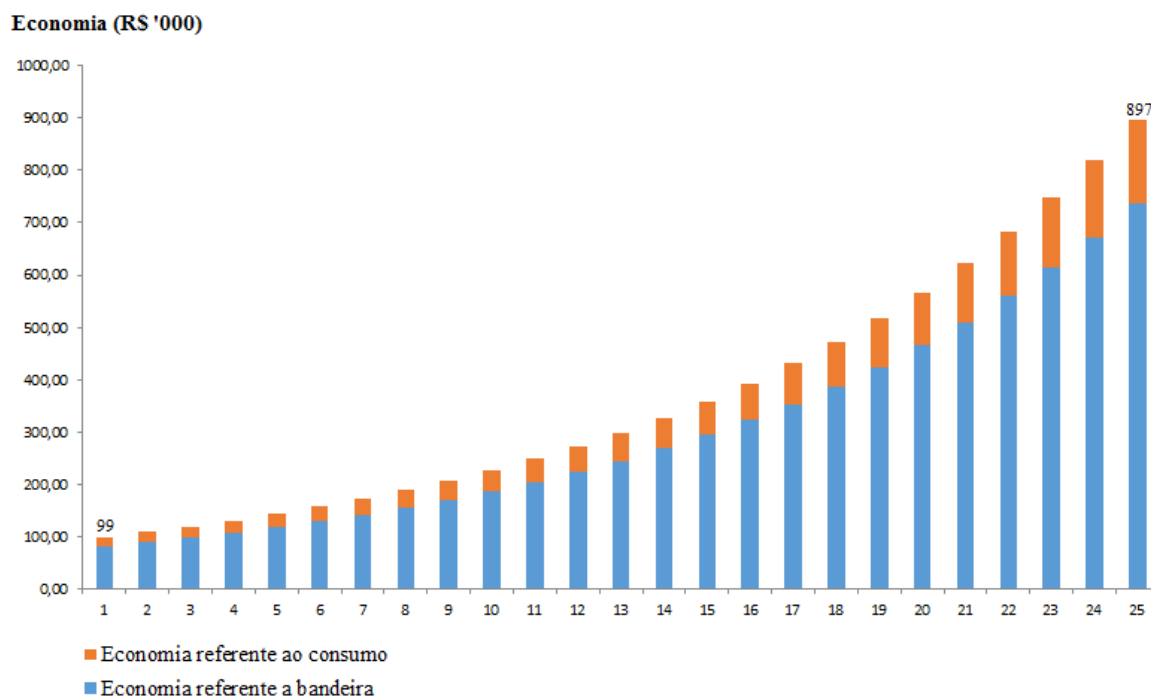
Figura 28 – Projeção da produção de energia elétrica pelo sistema fotovoltaico e da tarifa de energia elétrica da hora fora ponta nos 25 de duração do sistema.



Fonte: Elaboração própria, 2018.

A partir dessas projeções foi possível estimar a economia anual com energia elétrica nos 25 anos de vida útil do sistema. Além disso, também foi possível estimar qual parcela da economia é referente à componente do consumo e qual parcela é referente à bandeira.

Figura 29 – Economia financeira a partir da energia gerada pelo sistema fotovoltaico.



Fonte: Elaboração própria, 2018.

8.6 Análise Financeira

Com o valor final necessário do investimento, a projeção da geração de energia através da simulação do sistema fotovoltaico e a projeção da economia a partir da geração de energia deste sistema, foram feitas análises matemáticas para verificar a viabilidade financeira deste trabalho.

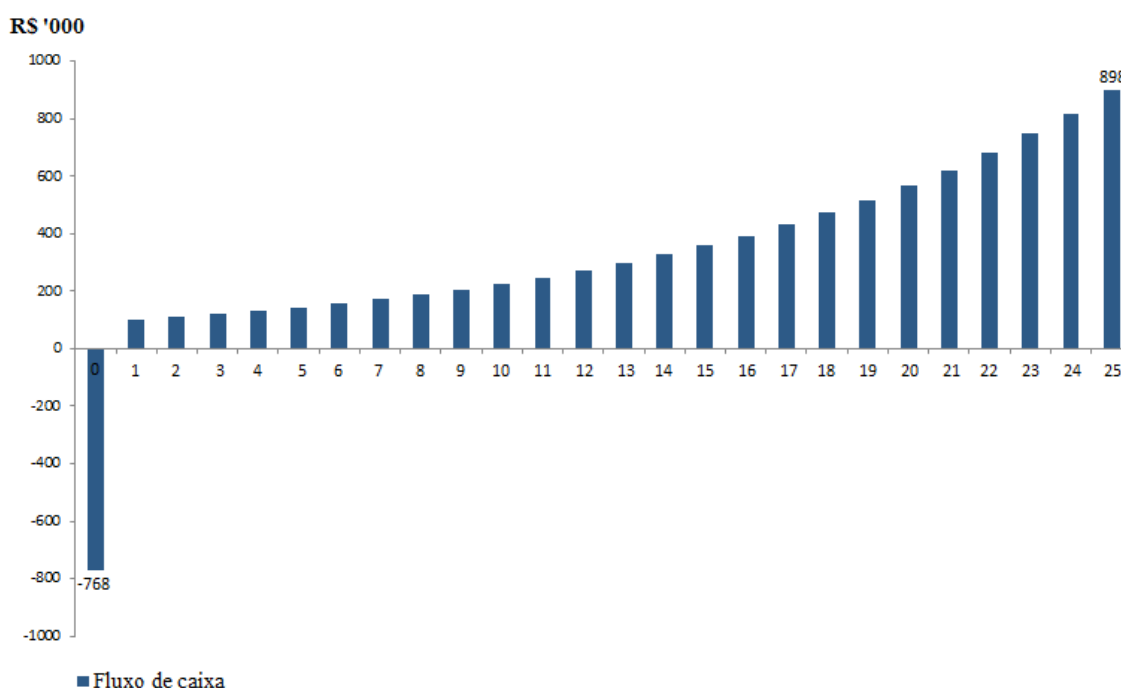
Como calculado anteriormente, o investimento total necessário para o projeto é igual a R\$768.827,70. Para analisar se este investimento vale a pena é importante analisar os três métodos estudados na revisão bibliográfica: TIR, VPL e *Payback* – Simples e Descontado.

8.6.1 Fluxo de caixa

Como discutido na revisão bibliográfica, através do fluxo de caixa é possível observar entradas e saídas dos recursos financeiros do negócio por um período de tempo (REBELATTO, 2004).

Na figura 30 é possível observar o fluxo de caixa deste trabalho. Os valores negativos representam o investimento necessário para implementação do projeto e os valores positivos representam os retornos, ou seja, representa quanto o HU-UFSCar estaria poupando com gastos com energia elétrica a cada ano caso implementasse este projeto.

Figura 30 – Demonstração do Fluxo de Caixa do trabalho.



Fonte: Elaboração própria, 2018.

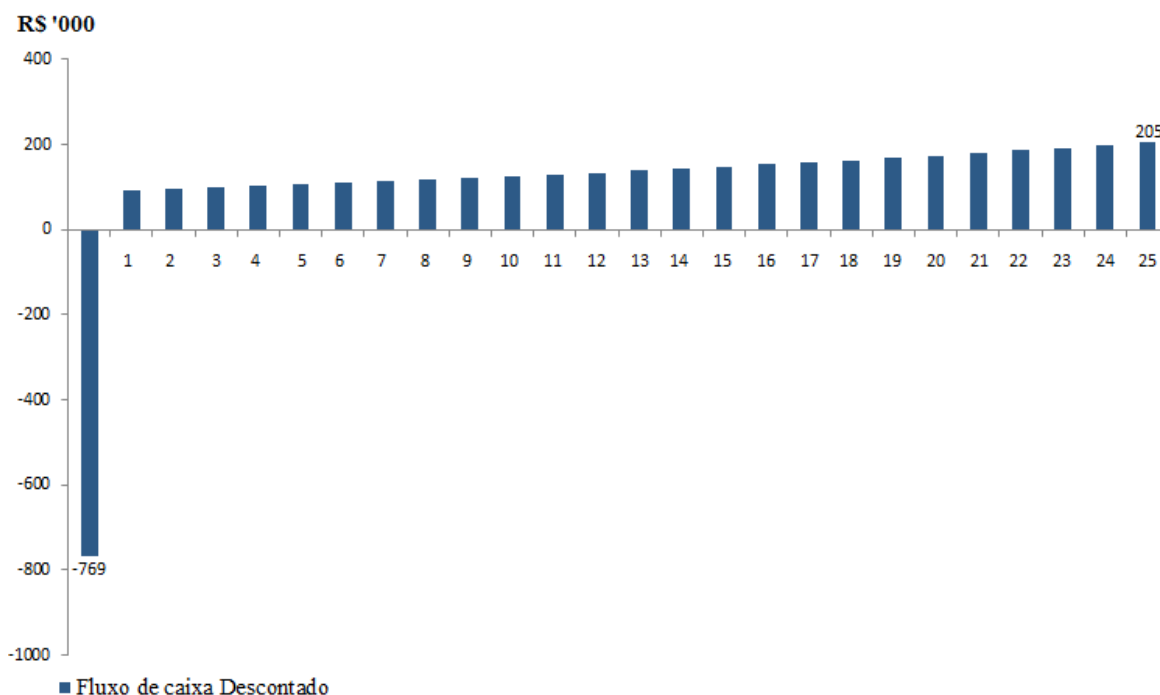
Neste trabalho o custo de manutenção que acontece a cada ano do projeto não foi considerado como saídas negativas ao longo do projeto, ele foi considerado no ano zero em conjunto com o investimento inicial. Isso acontece pois foi considerado que todo o dinheiro necessário para a manutenção durante os 25 anos de projeto seria reservado pelo hospital no mesmo momento do investimento

8.6.2 Valor Presente Líquido

Como discutido anteriormente, o VPL é a diferença entre o valor descontado do fluxo de caixa para a data do investimento inicial e o valor de um investimento inicial de um projeto. Para o cálculo do VPL foi preciso considerar uma inflação anual, que foi considerada igual a 6,08% ao ano, baseada na inflação média dos últimos 10 anos (IBGE, 2018).

Na figura 31 é possível observar o fluxo de caixa trazido a valor presente.

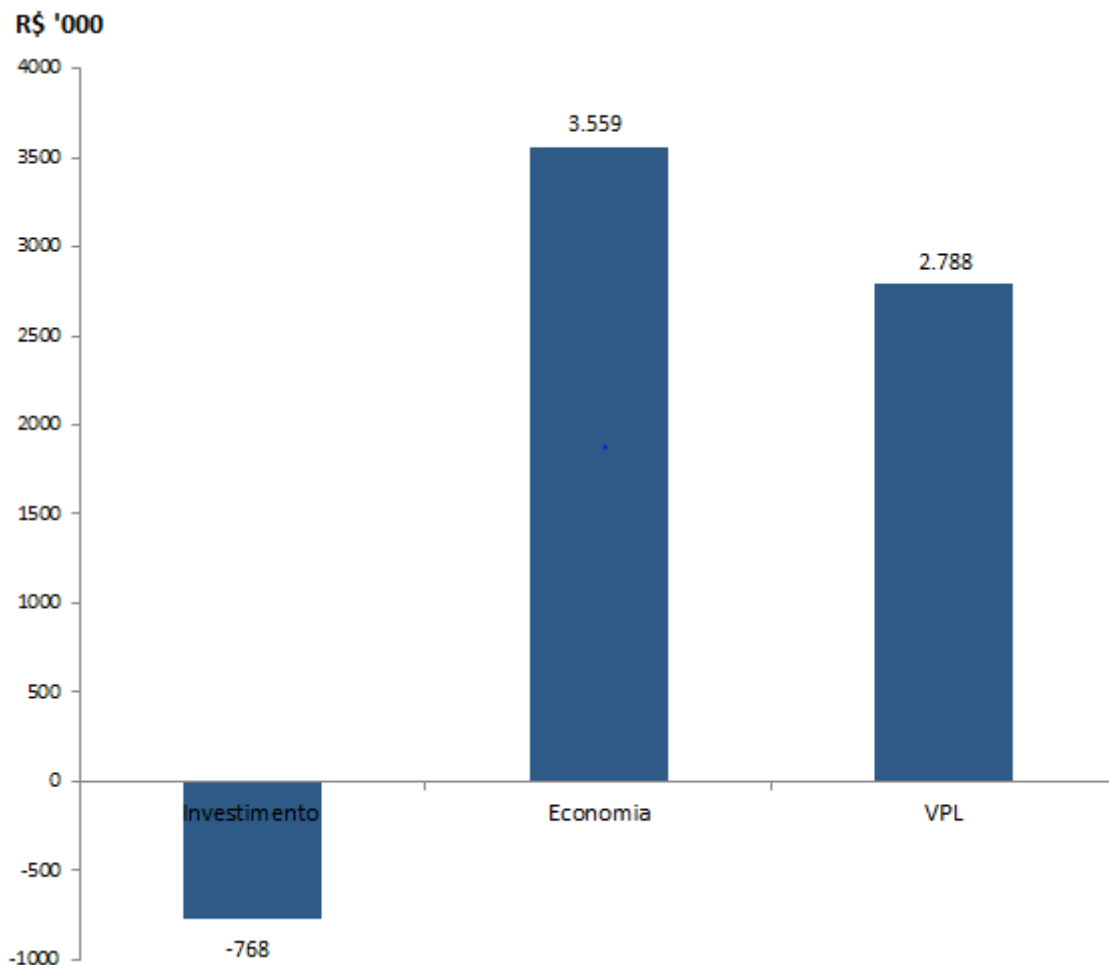
Figura 31 – Demonstração do Fluxo de Caixa descontado do trabalho.



Fonte: Elaboração própria, 2018.

Desta forma, este trabalho necessita de um investimento de R\$768.782,70 e tem um retorno de R\$3.557.265,12 ao longo dos 25 anos, tendo um resultado positivo igual a R\$2.788.482,42, como pode ser observado na figura 32.

Figura 32 – VPL do trabalho.



Fonte: Elaboração própria, 2018.

Conforme discutido na revisão bibliográfica, quando um projeto possui VPL positivo ($VPL > 0$) o projeto é considerado financeiramente viável. Portanto, segundo esta primeira análise, o VPL deste sistema fotovoltaico se mostra interessante.

A segunda análise feita foi verificar se este VPL era relevante ou não. O VPL deste sistema fotovoltaico é aproximadamente 4 vezes maior que o investimento inicial e, portanto é considerado um valor atrativo para o investidor. Levando estas duas análises em consideração, verifica-se que a instalação do sistema fotovoltaico no HU-UFSCar demonstrou ser viável segundo o método VPL.

8.6.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Para saber se o investimento é viável ou não, é importante analisar sua Taxa Interna de Retorno e compará-la com a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) para entender se o retorno do presente trabalho é maior que o retorno mínimo esperado pelo investidor caso ele não promova o atual investimento e invista em outra opção.

Para entender qual era a TMA do HU-UFSCar foi preciso entender onde o dinheiro seria alocado caso não fosse feito o investimento no sistema fotovoltaico. Instituições públicas como hospitais são instituições que não praticam investimentos, essas instituições mantem seu dinheiro em uma conta chama conta investimento, que possui o mesmo rendimento da poupança. Desta forma, a TMA considerada neste trabalho foi igual ao rendimento da poupança, que, em novembro de 2018 foi estimada como 0,37% ao mês pela Associação Nacional dos Executivos de Finanças, Administração e Contabilidade (ANEFAC), depois do Comitê de Política Monetária (COPOM) decidir manter a Selic (taxa básica de juros) em 6,5% ao ano (ANEFAC; OLIVEIRA, 2018). Com uma taxa de rendimento igual a 0,37% ao mês, o rendimento da poupança ao ano é igual a 4,53%. Vale ressaltar que o rendimento de 4,53% ao ano não é uma premissa conservadora, dado que este valor varia de acordo com mudanças políticas e econômicas e pode variar para um valor maior do que o considerado.

Levanto em consideração o investimento necessário do sistema fotovoltaico e os retornos gerados ao longo do tempo, foi possível calcular a TIR deste trabalho, obtendo o valor de 21,53%.

A partir da comparação das TIR e TMA calculadas, fica claro que a TIR de 21,53% é aproximadamente 5 vezes maior do que a TMA, ou seja, ela é consideravelmente mais elevada e, portanto, mais atrativa. Isso acontece, pois, além de investimentos fotovoltaicos se mostrarem financeiramente interessantes, a região escolhida para implementação deste trabalho possui alta insolação, levando a uma considerável geração de energia por parte do sistema, o que acarreta em uma maior economia de dinheiro e um aumento do retorno. Além disso, a taxa de retorno da conta investimento não é algo atrativo, fazendo com que essa comparação favoreça a TIR do presente trabalho. O rendimento da conta investimento não é alto, pois envolve aspectos como liquidez e possibilidade imediata e total de resgate do dinheiro quando necessário (CVM, 2018). Desta forma, a partir do método TIR, o presente trabalho se mostra uma forma interessante do HU-UFSCar investir seu dinheiro.

Tabela 13 – TIR versus rendimento anual da conta investimento.

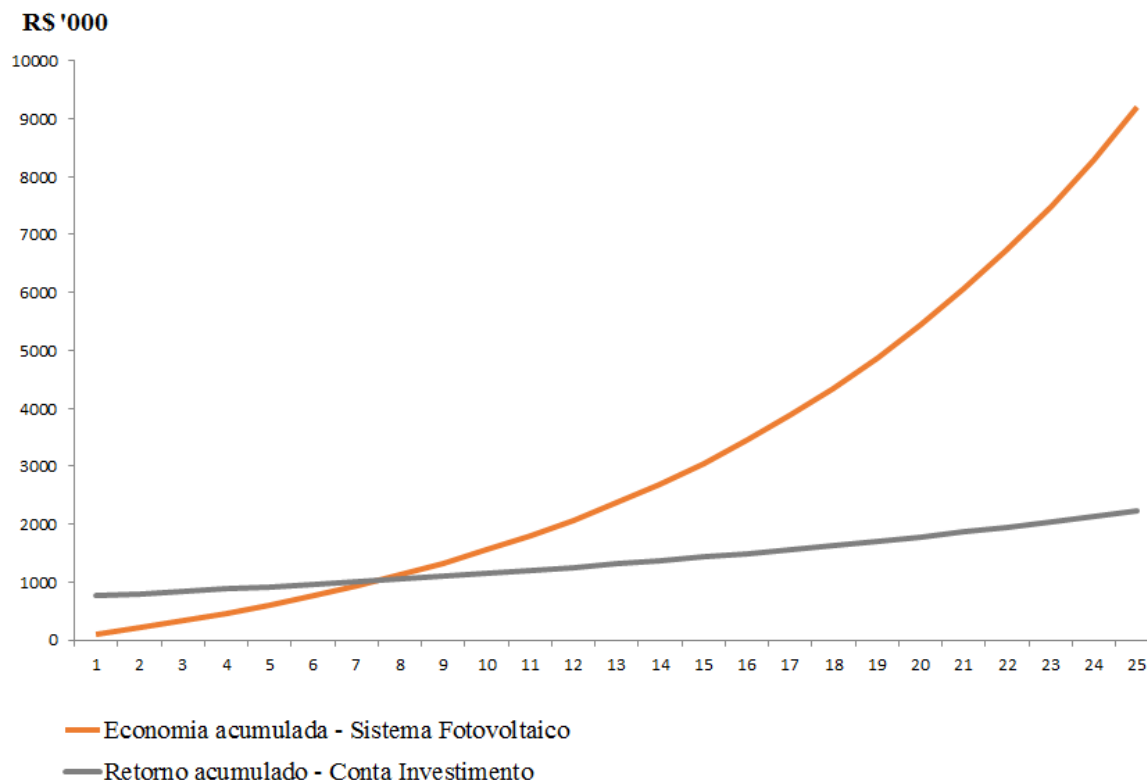
TIR - Projeto	21,53%
TMA - Conta investimento	4,53%

Fonte: Elaboração própria, 2018.

É importante observar que o investimento nos dois cenários possui certa diferença, pois, se aplicado na conta investimento, possui a possibilidade de resgate em qualquer período ao longo dos 25 anos, enquanto se aplicado no sistema fotovoltaico, não existe a possibilidade de resgate. Contudo, mesmo não existindo a possibilidade de resgate, o investimento no sistema fotovoltaico é mais atrativo que o investimento na conta investimento.

Na figura 33 é possível observar o comparativo dos dois possíveis investimentos ao longo dos 25 anos. No cenário ‘Conta Investimento’ foi considerado o investimento inicial de R\$768.782,70 (dado que existe a possibilidade de resgate do montante investido) somado com os juros de cada ano acumulado. Já no cenário do ‘Sistema Fotovoltaico’ foi considerado apenas o juros de cada ano acumulado dado que não existe a possibilidade de resgate. A partir desse gráfico, é possível observar que o montante de dinheiro acumulado no cenário ‘Conta Investimento’, mesmo considerando o investimento inicial, é maior que o outro cenário apenas até o 7,5 ano. Isso significa que o montante de dinheiro economizado no cenário ‘Sistema Fotovoltaico’, considerando apenas a economia anual acumulada (pois o investimento inicial não pode ser considerado nesse cenário), ultrapassa o cenário ‘Conta Investimento’ antes de 8 anos.

Figura 33 – Comparativo de investimento no sistema fotovoltaico com investimento na conta investimento.



Fonte: Elaboração própria, 2018.

8.6.4 *Payback* - Simples e Descontado

O *payback* simples, número de períodos necessários para que o fluxo de caixa se iguale a todo capital investido (REBELATTO, 2004), do presente trabalho foi calculado e é igual à 7 anos. Isto é, o período exato de recuperação do investimento a partir das entradas de caixa é igual à 85 meses. Já o *payback* descontado, levando em consideração a inflação no período, é igual à 8,4 anos, ou seja, 101 meses.

Para analisar se esses valores fazem sentido de acordo com a expectativa do trabalho, foram analisados outros investimentos em sistemas fotovoltaicos e foi possível observar que o *payback* de projetos no Brasil costuma ser de até 8 anos, conforme divulgado pela Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR, 2018). Tanto o *payback* simples quanto o descontado estão de acordo com a média do Brasil e, portanto, se mostram resultados interessantes.

Outro fator importante de ser considerado na hora de analisar o *payback* é o tempo de vida útil do sistema dado que um projeto só deve ser aceito por esse método se o tempo relativo ao *payback* for menor que o tempo relativo à vida útil do projeto. Neste caso, o

payback é de aproximadamente um terço da vida útil do sistema, o que também se mostra interessante.

Dado que o *payback* do presente trabalho está de acordo com a média de *paybacks* de sistemas fotovoltaicos no Brasil e é consideravelmente menor que a vida útil do projeto, foi possível concluir que este projeto se mostra viável de acordo com o método *payback*.

Como discutido na revisão bibliográfica, é imprudente considerar apenas este método como decisão de investimento, pois ele não contempla os fluxos de caixa após o período de recuperação. O método *payback* pode levar a escolha de um projeto que tenha um prazo de retorno muito baixo, desconsiderando outro com período mais longo, mas que possa gerar maior riqueza para o investidor, ou seja, que apresente um VPL maior. Se um determinado investimento apresenta um fluxo anual maior no início comparado a outro investimento, isso implicará em um período mais curto de recuperação, mas pode ser apenas um *payback* ilusório se depois deste período o investimento apresentar fluxos negativos ou muito baixos, por exemplo. Para evitar tais riscos, o método *payback* não foi o único método de decisão na hora de analisar a viabilidade financeira do sistema fotovoltaico do HU-UFSCar.

8.7 Resumo do projeto

Tabela 14 – Resumo do trabalho.

Capacidade instalada	166 kWp
Quantidade de módulos	504 módulos
Investimento inicial	R\$768.782,70
Vida útil do sistema	25 anos
Geração no primeiro ano	194.200 kWh
Consumo anual do HU-UFSCar (2017)	647.846 kWh
Economia no primeiro ano	R\$ 99.106,21
Gasto anual do HU-UFSCar (2017)	R\$ 331.383,08

Tempo de retorno do investimento	7 anos
VPL	R\$2.788.482,42
Taxa Interna de Retorno (TIR)	21,53%

Fonte: Elaboração própria, 2018.

9. Conclusão

A partir de todo o estudo feito para a elaboração deste trabalho, foi possível verificar a relevância da geração distribuída no atual cenário nacional. O Brasil possui algumas características físicas privilegiadas para a implementação deste tipo de sistema, como seu alto índice de insolação média.

Utilizar um sistema fotovoltaico, uma fonte limpa de energia, traz diferentes benefícios como uma menor dependência dos sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica, baixo impacto ambiental, redução no carregamento das redes de energia elétrica, minimização das perdas, diversificação da matriz energética e diminuição dos gastos do usuário com energia elétrica, algo muito relevante para alguns consumidores. Instituições como hospitais têm um alto consumo de energia elétrica, em virtude do grande número de equipamentos eletroeletrônicos utilizados para o atendimento de pacientes, portanto, a utilização da tecnologia fotovoltaica em hospitais se mostra um tema interessante, pois pode levar à diminuição dos seus custos operacionais, além dos outros benefícios já supracitados. Desta forma, foi escolhido o HU-UFSCar, na cidade de São Carlos, para o desenvolvimento e análise do sistema fotovoltaico proposto neste Trabalho de Conclusão de Curso. O sistema proposto seria implementado no estacionamento do hospital, fazendo com que a área escolhida continuasse com sua finalidade original e ainda adicionasse uma comodidade maior aos usuários do estacionamento, devido à sombra causada pela estrutura implementada para suportar o sistema fotovoltaico.

O sistema fotovoltaico deste trabalho foi limitado de acordo com o espaço disponível no estacionamento do UF-UFSCar. Dimensionando o sistema neste espaço e simulando-o, foi possível concluir que ele suprirá aproximadamente 25% do consumo total de energia do HU-UFSCar no seu primeiro ano de funcionamento. Essa taxa não se mantém constante, pois tanto o consumo do hospital tem um crescimento previsto, pois o hospital ainda não se encontra em uma fase madura de utilização, quanto a produtividade do sistema fotovoltaico decai 0,5% a cada ano de utilização.

A partir do dimensionamento e simulação dos resultados do sistema, foi possível fazer algumas análises financeiras para verificar a viabilidade do sistema proposto.

Inicialmente foi calculado o VPL do trabalho e ele é igual a R\$2.788.482,42. Para analisar a viabilidade deste VPL, foram feitas duas análises. Primeiramente foi verificado se o VPL era maior do que zero, dado que um projeto somente é viável se seu VPL foi maior do que zero, como discutido na revisão bibliográfica. A segunda análise foi se este VPL era

relevante ou não. O VPL deste sistema fotovoltaico é aproximadamente 4 vezes maior que o investimento inicial e, portanto é considerado um valor atrativo para o investidor. Levando estas duas análises em consideração, foi possível verificar que esse trabalho é viável segundo o método VPL.

Para verificar a viabilidade, também foi analisada a Taxa Interna de Retorno, a TIR, do sistema fotovoltaico proposto e foi comparada com o retorno de outro possível investimento que o HU-UFSCar poderia fazer, ou seja, a Taxa Mínima de Atratividade. Dado que o hospital investiria o dinheiro em uma conta investimento caso não implementasse o sistema fotovoltaico proposto, a TMA considerada foi igual ao rendimento desta conta investimento, que é igual a 4,53% ao ano. A TIR deste trabalho é igual a 21,53%, aproximadamente 5 vezes maior que o a TMA e, portanto o investimento se mostra muito interessante segundo o método TIR.

Por último calculou-se o *payback*, número de períodos necessários para que o fluxo de caixa se iguale a todo capital investido e o *payback* simples é igual à 7 anos. Isto é, o período exato de recuperação do investimento a partir das entradas de caixa é igual à 85 meses. Para analisar se esse valor faz sentido, foram analisados outros investimentos em sistemas fotovoltaicos e foi possível observar que o *payback* de sistemas no Brasil costuma ser de até oito anos. Além disso, um projeto só deve ser aceito por esse método se o tempo relativo ao *payback* for menor que o tempo relativo à vida útil do projeto e, neste caso, o *payback* é menor que um terço da vida útil do sistema. Desta forma, segundo o método do *payback* o investimento é viável e atrativo.

Desta forma, dado que o investimento proposto se mostra viável e interessante segundo as três análises financeiras feitas, pode-se concluir que este trabalho se mostra atrativo financeiramente para o HU-UFSCar. Além disso, considerando fatores qualitativos como a adoção de uma fonte limpa de energia, esse trabalho também é atrativo para o hospital. É importante ressaltar que o valor deste trabalho não está na geração de dinheiro de fato e sim na economia que ele proporcionará ao hospital dado que o consumo de energia elétrica por parte da instituição será reduzida.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR. **BRASIL ULTRAPASSA 1 GW EM USINAS SOLARES EM OPERAÇÃO, DIZ ASSOCIAÇÃO DO SETOR.** 2018. Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/noticia/noticias-externas/brasil-ultrapassa-1-gw-em-usinas-solares-em-operacao-diz-associacao-do-setor.html>>. Acesso em: 6 jun. 2018.

ABSOLAR. **Investir em energia solar traz bons resultados financeiros.** 2018. Disponível em: <<http://absolar.org.br/noticia/noticias-externas/investir-em-energia-solar-traz-bons-resultados-financeiros.html>>. Acesso em: 20 de nov. 2018.

AGRONEGÓCIOS E TECNOLOGIAS. *Gazeta Mercantil*, p. A-3, 2006.

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. **Aneel promove leilão de energia fotovoltaica nesta sexta.** 2015. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=/asset_publisher/view_content&_101_returnToFullPageURL=/&_101_assetEntryId=2744757&_101_type=content&_101_urlTitle=aneel-promove-leilao-de-energia-fotovoltaica-nesta-sexta&redirect=http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial?p_p_id=3&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_3_groupId=0&_3_keywords=fotovoltaica&_3_struts_action=/search/search&_3_redirect=/&inheritRedirect=true>. Acesso em: 8 maio 2018.

Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. **Banco de Informações de Geração.** Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 1 jun. 2018.

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. **CHAMADA N.013/2011** - Projeto Estratégico: Arranjos Técnicos e Comerciais para Inserção da Geração Solar Fotovoltaica na Matriz Energética Brasileira. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/ped_2011-chamadape13-2011.pdf>. Acesso em: 10 maio 2018.

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. **Micro e Minigeração Distribuída Sistema de Compensação de Energia Elétrica**. 2ª ed. 2016. 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>>. Acesso em: 20 maio 2018.

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. **Resolução Normativa Nº 482.**, 17 abr. 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2018.

ANEFAC; OLIVEIRA, Miguel José Ribeiro de. **Pesquisa de Juros**. 2018. Disponível em: <<https://www.anefac.com.br/uploads/arquivos/2018315161835543.pdf>>. Acesso em: 1 nov. 2018.

BARATA, Luiz Roberto Barradas; MENDES, José Dínio Vaz; BITTAR, Olímpio J. Nogueira V.. A inserção dos hospitais de ensino no SUS. **Realidade e Perspectivas da Gestão Estadual do SUS**, p.245-254, Disponível em: <<http://sistema4.saude.sp.gov.br/sahe/documento/conass.pdf>>. Acesso em: 2 jun. 2018.

BARATA, Luiz Roberto Barradas; MENDES, José Dínio Vaz; BITTAR, Olímpio J. Nogueira V.. Hospitais de ensino e o sistema Único de saúde. **Revista de Administração em Saúde** - Ras, São Paulo, v. 12, n. 46, p.7-14, 29 mar. 2010. Disponível em: <<http://sistema.saude.sp.gov.br/sahe/documento/ras46.pdf>>. Acesso em: 30 maio 2018.

BARBOSA, Vanessa. **BNDES anuncia financiamento de energia solar para pessoa física**. 2018. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/economia/bndes-anuncia-financiamento-de-energia-solar-para-pessoa-fisica/>>. Acesso em: 8 jun. 2018.

BAYOD-RÓJULA, Ángel A.; LORENTE-LAFUENTE, Ana M.; CIREZ-OTO, Fernando. Environmental assessment of grid connected photovoltaic plants with 2-axis tracking versus fixed modules systems. **Energy**, [s.l.], v. 36, n. 5, p.3148-3158, maio 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2011.03.004>. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544211001605>>. Acesso em: 14 maio 2018.

BECQUEREL, A. E.. Mémoire sur les effets électriques produits sous l'influence des rayons solaires. **Comptes Rendus Des Séances Hebdomadaires**, v. 9, p.561-567, 1839. Disponível em: <<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k2968p/f561.chemindefer>>. Acesso em: 27 mar. 2018.

BETTS, Thomas R.. **Investigation of photovoltaic device operation under varying spectral conditions**. 2004. 135 f. Tese (Doutorado) - Curso de Filosofia, Loughborough University, [s.i], 2004. Disponível em: <<https://dspace.lboro.ac.uk/dspace-jspui/bitstream/2134/7720/4/Thesis-2004-Betts.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2018.

BLANK, Leland T; TARQUIN, Anthony. **Engineering Economy**. 6. ed. New York: Mcgraw-hill, 2005.

Blue Sol Energia Solar. Disponível em: <<http://bluesol.com.br/>>. Acesso em: 18 maio 2018.

BNDES. **Fundo Clima**. 2009. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/fundo-clima/fundo-clima>>. Acesso em: 5 maio 2018.

CAPITÃO, Marcelo Bettencourt Santos Nunes. **Análise das Metodologias de Seleção de Projetos de Investimento das PME**. 2016. 52 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Finanças, Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa, 2016. Disponível em: <[https://repositorio.iscte-iul.pt/bitstream/10071/14029/1/Tese de Mestrado Final.pdf](https://repositorio.iscte-iul.pt/bitstream/10071/14029/1/Tese%20de%20Mestrado%20Final.pdf)>. Acesso em: 7 jun. 2018.

COALIZÃO SAÚDE. **Coalizão Saúde Brasil: Uma agenda para transformar o sistema de saúde**. [s. I.], 2017. 122 p. Disponível em: <<http://icos.org.br/wp-content/uploads/2017/04/RelatórioNet.pdf>>. Acesso em: 5 jun. 2018.

CORPORATE FINANCE INSTITUTE. **What is Internal Rate of Return (IRR)?**. S/D. Disponível em: <<https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/finance/internal-rate-return-irr/>>. Acesso em: 9 jun. 2018.

COUTINHO, Carlos Roberto. **O Efeito do Sombreamento e Diodos de Bypass em Módulos Fotovoltaicos**. 2016. 52 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Energia, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2016. Disponível em: <[http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_10006_Carlos Roberto Coutinho.pdf](http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_10006_Carlos_Roberto_Coutinho.pdf)>. Acesso em: 1 maio 2018.

CREBESP – Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sergio de S. Brito. **Tutorial de Energia Solar Fotovoltaica**. 11 jun. 2008. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=301>. Acesso em: 20 maio 2018.

CVM. **Cenário da Poupança e dos Investimentos dos Brasileiros**. 2018. Disponível em: <http://www.cvm.gov.br/export/sites/cvm/menu/investidor/estudos/pesquisas/20181002_estudo_spc_cenario_da_poupanca_e_dos_investimentos_dos_brasileiros.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2018.

DEBERTIN, Carolin. **Modelo integrado de análise de investimento para produtos e processos inovadores: uma aplicação do Value at Risk**. 2015. 185 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

DECHOW, Patricia M. Accounting earnings and cash flows as measures of firm performance. **Journal Of Accounting And Economics**, [s.l.], v. 18, n. 1, p.3-42, jul. 1994. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0165-4101\(94\)90016-7](http://dx.doi.org/10.1016/0165-4101(94)90016-7).

EBSERH. **Hospitais Universitários Federais**: Hospital Universitário Profº. Dr. Horácio Carlos Panepucci Universidade Federal de São Carlos - UFSCar. Disponível em: <<http://www.ebserh.gov.br/web/hu-ufscar>>. Acesso em: 29 maio 2018.

EINSTEIN, A.. Ueber einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt': (On a heuristic viewpoint concerning the production and transformation os light). **Annalen Der Physik**, Bern, v. 17, p.132-148, 18 mar. 1905.

Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/andp.19053220607>>. Acesso em: 16 maio 2018.

ELYSIA. **Custo de manutenção de sistema fotovoltaico: alto ou baixo?**. 2017. Disponível em: <<http://www.elysia.com.br/blog/manutencao-de-painel-fotovoltaico/>>. Acesso em: 4 out. 2018.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Análise socioambiental das fontes energéticas do PDE 2026**. Rio de Janeiro: Epe, 2017. 66 p. (Estudos do PDE 2026). Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-40/topico-76/NTDEA015_17.pdf#search=nt>. Acesso em: 6 jun. 2018.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017**. Grupo Jam Mídia Integrada Eireli - Me, 2017. 232 p. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Balço Energético Nacional 2017: Ano base 2016**. Rio de Janeiro: EPE, 2017. 292 p. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf>. Acesso em: 29 maio 2018.

FLEXNER, Abraham. Medical Education in The United States and Canada. **Bulletin Of The World Health Organization 2002**, v. 7, n. 80, p.594-602, 2002. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2567554/pdf/12163926.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

FONSECA, Yonara Daltro da. **Técnicas de Avaliação de Investimentos**: Uma Breve Revisão da Literatura. S/D. Pós-Graduanda em Economia Baiana de UNIFACS. Disponível em: <http://www.infinitaweb.com.br/albruni/artigos/a0303_CAR_AvalInvest.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2018.

FORGIA, Gerard M. La; COUTTOLENC, Bernard F.. **Desempenho Hospitalar no Brasil: Em Busca da Excelência**. Editora Singular, 2009. 18 p. Disponível em: <[https://www.ibedess.org.br/imagens/biblioteca/62_Desempenho Hospitalar.pdf](https://www.ibedess.org.br/imagens/biblioteca/62_Desempenho_Hospitalar.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2018.

G1. **Conta de luz acumula alta média de 31,5% entre 2014 e 2017, diz estudo**. 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/conta-de-luz-acumula-alta-media-de-315-entre-2014-e-2017-diz-estudo.ghtml>>. Acesso em: 4 de nov. 2018.

GALDINO, Marco Antonio; ALMEIDA, Marcelo Pinho. **Instalações Elétricas de Sistemas Fotovoltaicos**. Workshop Ieee Abinee Giz: Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - Cepel, 2015. 20 slides, color.

GITMAN, Lawrence J.. **Princípios de Administração Financeira**. Pearson, 2009.

GOVERNO FEDERAL. **Programa Luz para Todos**. 2003. Disponível em: <https://www.mme.gov.br/luzparatodos/Asp/o_programa.asp>. Acesso em: 18 maio 2018.

GR INDUSTRIAL. **Energia Solar Fotovoltaica**. Disponível em: <<http://www.grindustrial.ind.br/servicos/energia-solar>>. Acesso em: 11 maio 2018.

GUIMARÃES, Ligia. **Gasto com saúde no Brasil pode chegar a um quarto do PIB, diz estudo**. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/brasil/4934818/gasto-com-saude-no-brasil-pode-chegar-um-quarto-do-pib-diz-estudo>>. Acesso em: 5 jun. 2018.

HELFERT, Erich A.. **Técnicas de Análise Financeira: Um Guia Prático Para Medir o Desempenho dos Negócios**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2000.

HERTZ, H.. Ueber einen Einfluss des ultravioletten Lichtes auf die electriche Entladung. **Annalen Der Physik Und Chemie**, [s.l.], v. 267, n. 8, p.983-1000, 1887. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/andp.18872670827>. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/andp.18872670827>>. Acesso em: 15 maio 2018.

HIRATA, Youichi; TANI, Tatsuo. Output variation of photovoltaic modules with environmental factors - I. The effect of spectral solar radiation on photovoltaic module output. **Solar Energy**, [s.l.], v. 55, n. 6, p.463-468, dez. 1995. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0038-092x\(95\)00063-w](http://dx.doi.org/10.1016/0038-092x(95)00063-w). Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0038092X9500063W>>. Acesso em: 5 jun. 2018.

IBGE. **Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo – IPCA: Séries históricas**. 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/precos-e-custos/9256-indice-nacional-de-precos-ao-consumidor-amplo.html?=&t=series-historicas>>. Acesso em: 18 nov 2018.

IEA. **Renewables 2017: Analysis and Forecasts to 2022**. , 2017. 10 p. Disponível em: <<https://www.iea.org/Textbase/npsun/renew2017MRSsum.pdf>>. Acesso em: 4 jun. 2018.

INVESTOPEDIA. **Net Present Value Rule**. [S/D]. Disponível em: <<https://www.investopedia.com/terms/n/npv-rule.asp>>. Acesso em: 9 jun. 2018.

Kyoto Protocol. 1998. Disponível em: <<https://unfccc.int/process/the-kyoto-protocol>>. Acesso em: 10 maio 2018.

LEMOS, Vanda Márcia Ferri; ROCHA, Marcius Hollanda Pereira da. A Gestão das Organizações Hospitalares e suas Complexidades. **VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão**, 12 ago. 2011. Disponível em: <http://www.inovarse.org/sites/default/files/T11_0417_1492.pdf>. Acesso em: 1 maio 2018.

LIMA NETO, Lucas de. Análise da situação econômico-financeira de hospitais. **O Mundo da Saúde**, São Paulo, v. 3, n. 35, p.270-277, 2011.

LISITA JÚNIOR, Orlando. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede: Estudo de caso - 3 kWp instalados no estacionamento do IEE-USP**. 2005. 47 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em:

<http://www.iee.usp.br/lfs/sites/default/files/Mestrado_Orlando_Lisita.pdf>. Acesso em: 1 jun. 2018.

LORDÊLO, José Albertino C.; VERHINE, Robert E.. O Retorno do Investimento em Mestrado e Doutorado para Professores Universitários: Uma Avaliação Econômica da Educação Pós-Graduada. **Estudos em Avaliação Educacional**, [s.i], v. 24, p.165-189, 2001. Disponível em: <<http://publicacoes.fcc.org.br/ojs/index.php/eae/article/viewFile/2205/2161>>. Acesso em: 8 jun. 2018.

MALAGÓN-LODOÑO, Gustavo. **Administração Hospitalar**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

MEDICI, A.C.. **Hospitais universitários: passado, presente e futuro**. *Rev. Assoc. Med. Bras.* [online]. 2001, vol. 47, n.2, pp.149-156. ISSN 0104-4230. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-42302001000200034>.

MENDES, José Dínio Vaz; BITTAR, Olímpio J. Nogueira V.. Saúde pública no estado de São Paulo – informações com implicações no planejamento de programas e serviços. **Revista de Administração em Saúde – RAS**, 2010. Edição Especial (Suplemento).

MESSENGER, R.; VENTRE, J.. **Photovoltaic Systems Engineering**. CRC Press. Boca Raton London New York Washington, D.C, 2000.

Ministério da Saúde. **Sistema Único de Saúde**. Disponível em: <<http://portalms.saude.gov.br/sistema-unico-de-saude>>. Acesso em: 3 jun. 2018.

MME/EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2026**. Brasília, 2017. 309 p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/0/PDE2026_versao_para_publicacao_08dez2017.pdf/f5d8f999-566d-4f5b-9167-d80b6ea8924e>. Acesso em: 6 jun. 2018.

NEVES, Guilherme Marques. **Influência do Espectro da Radiação Solar em Módulos Fotovoltaicos**. 2016. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Tecnologia Espaciais/ciência e Tecnologia de Materiais e Sensores, Inpe - Instituto Nacional de

Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2016. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3LKTTU8>>. Acesso em: 24 abr. 2018.

NOWICKI, Michael. **Introduction to the Financial Management of Healthcare Organizations**. 4. ed. Washington: Aupha, 2008.

OLIVEIRA, Mário Henrique da Fonseca. **A Avaliação Econômico-Financeira de Investimentos sob Condição de Incerteza: Uma Comparação Entre o Método de Monte Carlo e o VPL Fuzzy**. 2008. 234 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp131250.pdf>>. Acesso em: 8 jun. 2018

PAGLIOSA, Fernando Luiz; ROS, Marco Aurélio da. O Relatório Flexner: Para o Bem e Para o Mal. **Revista Brasileira de Educação Médica**, Santa Catarina, v. 4, n. 32, p.492-499, 13 fev. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbem/v32n4/v32n4a12>>. Acesso em: 29 maio 2018.

PAMPLONA, Nicola. **Enel inaugura no Piauí maior usina solar do país**. 2017. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2017/11/1938898-enel-inaugura-no-piaui-maior-usina-solar-do-pais.shtml>>. Acesso em: 6 jun. 2018.

PANNEBAKKER, Boudewijn B.; WAAL, Arjen C. de; VAN SARK, Wilfried G.J.H.M.. Photovoltaics in the shade: one bypass diode per solar cell revisited. **Progress In Photovoltaics: Research and Applications**, [s.l.], v. 25, n. 10, p.836-849, 29 maio 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/pip.2898>. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/pip.2898>>. Acesso em: 19 maio 2018.

PEREIRA, Rafael Guimarães de Azevedo. **Análise de Investimento em Geração Renovável a Partir da Teoria de Portfólio**. 2014. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://pee.ufrj.br/teses/textocompleto/2014062603.pdf>>. Acesso em: 8 jun. 2018.

PERGHER, André Nardini Queiroz. **Pequena Central Hidrelétrica: procedimentos práticos para sua implantação utilizando instrumentos públicos**. São Carlos, 2011.

PERLIN, John. **From Space to Earth: The Story of Solar Electricity**. : Earthscan, 1999. 224 p. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=xHFK9cM77a8C&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 2 abr. 2018.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio (Org.). **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**: CEPEL - CRESESB. Rio de Janeiro, 2014. 530 p. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2018.

PRIEB, César Wilhelm Massen. **Desenvolvimento de um Sistema de Ensaio de Módulos Fotovoltaicos**. 2002. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/2091>>. Acesso em: 12 maio 2018.

RAMPINELLI, Giuliano Arns; KRENZINGER, Arno; ROMERO, Faustino Chenlo. Description and Analysis of Inverters Used in Photovoltaic Systems. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, [s.l.], v. 15, n. 1, p.25-50, 2013. GN1 Genesis Network. <http://dx.doi.org/10.5935/recen.2013.01.02>.

REBELATTO, Daisy Aparecida Do Nascimento. **Projeto de investimento**: Com estudo de caso completo na área de serviços. 1 ed. Barueri/SP: Editora Manole Ltda, 2004.

RENOVABLES, Energías. **Tipos de painéis fotovoltaicos**. S/D. Disponível em: <<http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>>. Acesso em: 20 maio 2018.

ROCHA, Afrânio Cosmo Gonçalves da. **Eficientização Energética em Prédios Públicos**: Um Desafio aos Gestores Municipais Frente aos Requisitos de Governança e Sustentabilidade. 2012. Disponível em: <<https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/10262/Trabalho%20Individua>

1%20FGV%20-%2027.11.2012%20-%20Vers%C3%A3o%20final.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2018.

RODRIGO LOPES SAUAIA. **Energia Solar Fotovoltaica: Panorama, Oportunidades e Desafios**: Brasília: Absolar - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica, 2017. 30 slides, color.

SANTOS, Filipe Fernandes dos. **Utilização de Energia Fotovoltaica para a eficiência energética de uma moradia**. 2011. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores Major Energia, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2011. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/59232/1/000146246.pdf>>. Acesso em: 2 abr. 2018.

SIDAWI, Jihad et al. Photovoltaic Solar Modules Electrical Properties Evolution Under Extreme Stress. **1ère Conférence Franco – syrienne Sur Les énergies Renouvelables**, Damas, 24-28 out. 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228797641_PHOTOVOLTAIC_SOLAR_MODULES_ELECTRICAL_PROPERTIES_EVOLUTION_UNDER_EXTREME_STRESS?enrichId=rgreq-6506144f41a34055f0e8b87d760a60b9-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzIyODc5NzY0MTtBUzoxMzkzOTE0MzU1NDY2MjRAMTQxMDI0NDkxNjYyNA==&el=1_x_3&_esc=publicationCoverPdf>. Acesso em: 15 abr. 2018.

Sol Central. Disponível em: <<http://www.solcentral.com.br/produtos/>>. Acesso em: 22 maio 2018.

"The Nobel Prize in Physics 1903". *Nobelprize.org*. Nobel Media AB 2014. Disponível em: <http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1903/index.html>. Acesso em: 20 maio 2018.

"The Nobel Prize in Physics 1921". *Nobelprize.org*. Nobel Media AB 2014. Disponível em: <http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1921/index.html>. Acesso em: 20 maio 2018.

TIBA, Chigueru (Org.). **Atlas Solarimétrico do Brasil**: Banco de dados solarimétricos. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2000. 111 p. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Atlas_Solarimetrico_do_Brasil_2000.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2018.

TOLMASQUIM, Mauricio T.; GUERREIRO, Amilcar; GORINI, Ricardo. Matriz energética brasileira: uma prospectiva. **Novos Estudos - Cebrap**, [s.l.], n. 79, p.47-69, nov. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-33002007000300003>.

UFSCAR - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **Hospital Universitário**. Disponível em: <<https://www2.ufscar.br/visitante/hospital-universitario>>. Acesso em: 28 maio 2018.

UNITED NATIONS. **Sustainable Development Goals: 17 Goals to Transform Our World**. 2015. Disponível em: <<https://www.un.org/sustainabledevelopment/>>. Acesso em: 8 abr. 2018.

VILLALVA, Marcelo Gradella. **Energia Solar Fotovoltaica**: Conceitos e Aplicações. 2. ed. São Paulo: Érica, 2015. 224 p.

ZILLES, Roberto et al. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica**. : Oficina de Textos, 2016. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=fbgWDAAAQBAJ&dq=representação+dos+valores+da+corrente+de+saída+de+um+conversor+fotovoltaico,+em+função+da+tensão,+para+condições+pre-estabelecidas+de+temperatura+e+radiação&source=gbs_navlinks_s>. Acesso em: 10 maio 2018.

WOLFE, Philip. **Solar Photovoltaic Projects in the Mainstream Power Market**. : Routledge, 2013. 230 p. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=8a8EAQAAQBAJ&dq=United+States+Patent+US2780765+issued+to+D.M.+Chapin+et+al.+By+the+United+States+Patent+and+Trademark+Office,+Arlington:+5+Feb+1957.&source=gbs_navlinks_s>. Acesso em: 2 abr. 2018.

Apêndice A – Programa em excel com as análises financeiras.

Ano	Período	Consumo (kWh)		Tarifa		Consumo (R\$)		Tarifa		Consumo (R\$)		Tarifa		Produção Energia (kWh)
		(kWh)HP	HP	Consumo HP	HP	Consumo HP	HP	Bandeira HP	Bandeira HP	Consumo HP	HP	Bandeira HP	Bandeira HP	
2015	-	46.374,00	484.889,00	R\$ 0,84	R\$ 0,08	R\$ 38.976,20	R\$ 36.597,87	R\$ 0,55	R\$ 0,35	R\$ 25.591,66	R\$ 167.291,03	R\$ 268.456,76	R\$ 266.456,76	-
2016	-	50.782,00	526.632,00	R\$ 0,84	R\$ 0,08	R\$ 42.681,02	R\$ 39.748,49	R\$ 0,55	R\$ 0,35	R\$ 28.024,23	R\$ 181.692,74	R\$ 292.146,48	R\$ 292.146,48	-
2017	-	60.681,65	587.164,45	R\$ 0,84	R\$ 0,08	R\$ 51.001,43	R\$ 44.312,29	R\$ 0,55	R\$ 0,35	R\$ 33.487,39	R\$ 202.576,97	R\$ 331.383,08	R\$ 312.378,00	-
2018	0	68.706,45	659.346,15	R\$ 0,93	R\$ 0,08	R\$ 63.616,92	R\$ 54.824,81	R\$ 0,61	R\$ 0,38	R\$ 41.770,69	R\$ 250.607,47	R\$ 410.819,89	R\$ 410.819,89	-
2019	1	72.141,77	692.313,46	R\$ 1,02	R\$ 0,09	R\$ 73.588,88	R\$ 63.418,59	R\$ 0,67	R\$ 0,42	R\$ 48.318,25	R\$ 289.890,19	R\$ 475.215,91	R\$ 447.961,90	194.200
2020	2	75.748,86	726.929,13	R\$ 1,12	R\$ 0,10	R\$ 85.123,93	R\$ 73.359,46	R\$ 0,74	R\$ 0,46	R\$ 55.892,13	R\$ 335.330,47	R\$ 549.706,00	R\$ 488.461,91	193.229
2021	3	79.536,30	763.275,59	R\$ 1,24	R\$ 0,11	R\$ 98.467,11	R\$ 84.858,55	R\$ 0,81	R\$ 0,51	R\$ 64.653,23	R\$ 387.893,53	R\$ 635.872,41	R\$ 532.623,50	192.263
2022	4	83.513,12	801.439,37	R\$ 1,36	R\$ 0,12	R\$ 113.901,83	R\$ 98.160,13	R\$ 0,90	R\$ 0,56	R\$ 74.787,62	R\$ 448.695,84	R\$ 735.545,42	R\$ 580.777,72	191.302
2023	5	87.688,78	841.511,33	R\$ 1,50	R\$ 0,13	R\$ 131.755,94	R\$ 113.546,73	R\$ 0,99	R\$ 0,62	R\$ 86.510,58	R\$ 519.028,91	R\$ 850.842,16	R\$ 633.285,53	190.345
2024	6	92.073,21	883.586,90	R\$ 1,66	R\$ 0,15	R\$ 152.408,68	R\$ 131.345,18	R\$ 1,09	R\$ 0,68	R\$ 100.071,11	R\$ 600.386,69	R\$ 984.211,67	R\$ 690.540,55	189.393
2025	7	96.676,87	927.766,25	R\$ 1,82	R\$ 0,16	R\$ 176.298,74	R\$ 151.933,54	R\$ 1,20	R\$ 0,75	R\$ 115.757,26	R\$ 694.497,30	R\$ 1.138.486,85	R\$ 752.971,97	188.446
2026	8	101.510,72	974.154,56	R\$ 2,01	R\$ 0,18	R\$ 203.933,57	R\$ 175.749,12	R\$ 1,32	R\$ 0,82	R\$ 133.902,21	R\$ 803.359,76	R\$ 1.316.944,66	R\$ 821.047,78	187.504
2027	9	106.586,25	1.022.862,29	R\$ 2,21	R\$ 0,20	R\$ 235.900,16	R\$ 203.297,80	R\$ 1,45	R\$ 0,91	R\$ 154.891,38	R\$ 929.286,40	R\$ 1.523.375,73	R\$ 895.278,29	186.567
2028	10	111.915,57	1.074.005,40	R\$ 2,44	R\$ 0,22	R\$ 272.877,51	R\$ 235.164,73	R\$ 1,60	R\$ 1,00	R\$ 179.170,60	R\$ 1.074.952,04	R\$ 1.762.164,88	R\$ 976.219,94	185.634
2029	11	114.153,88	1.095.485,51	R\$ 2,69	R\$ 0,24	R\$ 306.632,46	R\$ 264.254,61	R\$ 1,76	R\$ 1,10	R\$ 201.334,00	R\$ 1.207.923,61	R\$ 1.980.144,68	R\$ 1.034.065,78	184.706
2030	12	116.436,96	1.117.395,22	R\$ 2,96	R\$ 0,27	R\$ 344.562,89	R\$ 296.942,90	R\$ 1,94	R\$ 1,21	R\$ 226.239,02	R\$ 1.357.343,76	R\$ 2.225.088,57	R\$ 1.095.339,28	183.782
2031	13	118.765,70	1.139.743,12	R\$ 3,26	R\$ 0,29	R\$ 387.185,32	R\$ 333.674,74	R\$ 2,14	R\$ 1,34	R\$ 254.224,79	R\$ 1.525.247,18	R\$ 2.500.332,03	R\$ 1.160.243,53	182.863
2032	14	121.141,01	1.162.537,99	R\$ 3,59	R\$ 0,32	R\$ 435.080,14	R\$ 374.950,30	R\$ 2,36	R\$ 1,47	R\$ 285.672,39	R\$ 1.713.920,26	R\$ 2.809.623,10	R\$ 1.228.993,68	181.949
2033	15	123.563,83	1.185.788,75	R\$ 3,96	R\$ 0,36	R\$ 488.899,56	R\$ 421.331,66	R\$ 2,60	R\$ 1,62	R\$ 321.010,07	R\$ 1.925.932,20	R\$ 3.157.173,48	R\$ 1.301.817,61	181.039
2034	16	126.035,11	1.209.504,52	R\$ 4,36	R\$ 0,39	R\$ 549.376,43	R\$ 473.450,38	R\$ 2,86	R\$ 1,79	R\$ 360.719,01	R\$ 2.164.170,01	R\$ 3.547.715,84	R\$ 1.378.956,72	180.134
2035	17	128.555,81	1.233.694,61	R\$ 4,80	R\$ 0,43	R\$ 617.334,30	R\$ 532.016,20	R\$ 3,15	R\$ 1,97	R\$ 405.339,96	R\$ 2.431.877,84	R\$ 3.986.568,29	R\$ 1.460.666,71	179.233
2036	18	131.126,92	1.258.368,50	R\$ 5,29	R\$ 0,48	R\$ 693.698,55	R\$ 597.826,60	R\$ 3,47	R\$ 2,17	R\$ 455.480,51	R\$ 2.732.701,13	R\$ 4.479.706,79	R\$ 1.547.218,41	178.337
2037	19	133.749,46	1.283.535,87	R\$ 5,83	R\$ 0,52	R\$ 779.509,06	R\$ 671.777,75	R\$ 3,83	R\$ 2,39	R\$ 511.833,45	R\$ 3.070.736,26	R\$ 5.033.846,52	R\$ 1.638.898,73	177.445
2038	20	136.424,45	1.309.206,59	R\$ 6,42	R\$ 0,58	R\$ 875.934,33	R\$ 754.876,66	R\$ 4,22	R\$ 2,64	R\$ 575.136,01	R\$ 3.450.586,33	R\$ 5.656.533,33	R\$ 1.736.011,56	176.558
2039	21	139.152,94	1.335.390,72	R\$ 7,07	R\$ 0,64	R\$ 984.287,41	R\$ 848.254,90	R\$ 4,64	R\$ 2,90	R\$ 646.280,33	R\$ 3.877.423,86	R\$ 6.356.246,50	R\$ 1.838.878,81	175.675
2040	22	141.936,00	1.362.098,54	R\$ 7,79	R\$ 0,70	R\$ 1.106.043,76	R\$ 953.184,03	R\$ 5,12	R\$ 3,20	R\$ 726.225,21	R\$ 4.357.061,19	R\$ 7.142.514,19	R\$ 1.947.841,44	174.797
2041	23	144.774,72	1.389.340,51	R\$ 8,58	R\$ 0,77	R\$ 1.242.861,37	R\$ 1.071.092,89	R\$ 5,64	R\$ 3,52	R\$ 816.059,27	R\$ 4.896.029,66	R\$ 8.026.043,20	R\$ 2.063.260,65	173.923
2042	24	147.670,21	1.417.127,32	R\$ 9,46	R\$ 0,85	R\$ 1.396.603,33	R\$ 1.203.587,09	R\$ 6,21	R\$ 3,88	R\$ 917.005,80	R\$ 5.501.668,53	R\$ 9.018.864,74	R\$ 2.185.519,01	173.053
2043	25	150.623,62	1.445.469,86	R\$ 10,42	R\$ 0,94	R\$ 1.569.363,16	R\$ 1.352.470,81	R\$ 6,84	R\$ 4,28	R\$ 1.030.439,42	R\$ 6.182.224,93	R\$ 10.134.498,31	R\$ 2.315.021,79	172.188

Ano	Periodo	Consumo (KWh) HFP - Ajustado com Economia de Energia	Consumo (R\$) HFP - Ajustado	Bandeira (R\$) HFP - Ajustado	Conta (Ev- Demanda) - Ajustado	Economia	Economia - VP	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa Descontado	Saldo	Saldo - Descontado
2015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2017	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2019	1	498.113,46	R\$ 45.629,12	R\$ 208.573,45	R\$ 376.109,69	R\$ 99.106,21	R\$ 93.422,40	R\$ 99.106,21	R\$ 93.422,40	R\$ 669.676,49	R\$ 675.360,30
2020	2	533.700,13	R\$ 53.859,38	R\$ 246.194,45	R\$ 441.069,90	R\$ 108.636,10	R\$ 96.532,69	R\$108.636,10	R\$ 96.532,69	R\$ 561.040,38	R\$ 578.827,62
2021	3	571.012,73	R\$ 63.483,38	R\$ 290.186,33	R\$ 516.790,05	R\$ 119.082,37	R\$ 99.746,53	R\$119.082,37	R\$ 99.746,53	R\$ 441.958,02	R\$ 479.081,08
2022	4	610.137,83	R\$ 74.729,56	R\$ 341.593,28	R\$ 605.012,28	R\$ 130.533,13	R\$ 103.067,37	R\$130.533,13	R\$ 103.067,37	R\$ 311.424,88	R\$ 376.013,71
2023	5	651.166,30	R\$ 87.863,11	R\$ 401.627,55	R\$ 707.757,18	R\$ 143.084,98	R\$ 106.498,77	R\$143.084,98	R\$ 106.498,77	R\$ 168.339,91	R\$ 269.514,94
2024	6	694.193,59	R\$ 103.191,87	R\$ 471.696,21	R\$ 827.367,88	R\$ 156.843,79	R\$ 110.044,42	R\$156.843,79	R\$ 110.044,42	R\$ 11.496,11	R\$ 159.470,52
2025	7	739.319,91	R\$ 121.073,05	R\$ 553.432,16	R\$ 966.561,22	R\$ 171.925,63	R\$ 113.708,10	R\$171.925,63	R\$ 113.708,10	R\$ 160.429,52	R\$ 45.762,42
2026	8	786.650,45	R\$ 141.921,14	R\$ 648.730,03	R\$ 1.128.486,95	R\$ 188.457,71	R\$ 117.493,76	R\$188.457,71	R\$ 117.493,76	R\$ 348.887,23	R\$ 71.731,35
2027	9	836.295,70	R\$ 166.216,98	R\$ 759.787,73	R\$ 1.316.796,24	R\$ 206.579,49	R\$ 121.405,46	R\$206.579,49	R\$ 121.405,46	R\$ 555.466,72	R\$ 193.136,81
2028	10	888.371,64	R\$ 194.518,28	R\$ 889.154,67	R\$ 1.535.721,05	R\$ 226.443,83	R\$ 125.447,39	R\$226.443,83	R\$ 125.447,39	R\$ 781.910,55	R\$ 318.584,20
2029	11	910.779,92	R\$ 219.699,66	R\$ 1.004.260,27	R\$ 1.731.926,38	R\$ 248.218,29	R\$ 129.623,88	R\$248.218,29	R\$ 129.623,88	R\$ 1.030.128,84	R\$ 448.208,08
2030	12	933.613,16	R\$ 248.103,62	R\$ 1.134.096,49	R\$ 1.953.002,02	R\$ 272.086,55	R\$ 133.939,43	R\$272.086,55	R\$ 133.939,43	R\$ 1.302.215,39	R\$ 582.147,51
2031	13	956.879,97	R\$ 280.139,16	R\$ 1.280.532,83	R\$ 2.202.082,09	R\$ 298.249,94	R\$ 138.398,64	R\$298.249,94	R\$ 138.398,64	R\$ 1.600.465,33	R\$ 720.546,15
2032	14	980.589,15	R\$ 316.266,83	R\$ 1.445.674,58	R\$ 2.482.693,95	R\$ 326.929,16	R\$ 143.006,32	R\$326.929,16	R\$ 143.006,32	R\$ 1.927.394,49	R\$ 863.552,47
2033	15	1.004.749,66	R\$ 357.005,28	R\$ 1.631.892,46	R\$ 2.798.807,36	R\$ 358.366,12	R\$ 147.767,40	R\$358.366,12	R\$ 147.767,40	R\$ 2.285.760,61	R\$ 1.011.319,87
2034	16	1.029.370,63	R\$ 402.938,48	R\$ 1.841.855,90	R\$ 3.154.889,83	R\$ 392.826,01	R\$ 152.686,99	R\$392.826,01	R\$ 152.686,99	R\$ 2.678.586,61	R\$ 1.164.006,87
2035	17	1.054.461,39	R\$ 454.723,99	R\$ 2.078.570,54	R\$ 3.555.968,79	R\$ 430.599,50	R\$ 157.770,37	R\$430.599,50	R\$ 157.770,37	R\$ 3.109.186,11	R\$ 1.321.777,24
2036	18	1.080.031,45	R\$ 513.102,10	R\$ 2.345.420,39	R\$ 4.007.701,55	R\$ 472.005,23	R\$ 163.022,99	R\$472.005,23	R\$ 163.022,99	R\$ 3.581.191,34	R\$ 1.484.800,23
2037	19	1.106.090,50	R\$ 578.906,29	R\$ 2.646.215,25	R\$ 4.516.454,05	R\$ 517.392,47	R\$ 168.450,48	R\$517.392,47	R\$ 168.450,48	R\$ 4.098.583,81	R\$ 1.653.250,70
2038	20	1.132.648,44	R\$ 653.074,83	R\$ 2.985.244,09	R\$ 5.089.389,26	R\$ 567.144,07	R\$ 174.058,67	R\$567.144,07	R\$ 174.058,67	R\$ 4.665.727,88	R\$ 1.827.309,37
2039	21	1.159.715,37	R\$ 736.663,98	R\$ 3.367.335,09	R\$ 5.734.566,81	R\$ 621.679,69	R\$ 179.853,57	R\$621.679,69	R\$ 179.853,57	R\$ 5.287.407,57	R\$ 2.007.162,94
2040	22	1.187.301,56	R\$ 830.862,71	R\$ 3.797.923,13	R\$ 6.461.054,82	R\$ 681.459,38	R\$ 185.841,40	R\$681.459,38	R\$ 185.841,40	R\$ 5.968.866,95	R\$ 2.193.004,34
2041	23	1.215.417,51	R\$ 937.009,36	R\$ 4.283.125,82	R\$ 7.279.055,83	R\$ 746.987,37	R\$ 192.028,58	R\$746.987,37	R\$ 192.028,58	R\$ 6.715.854,32	R\$ 2.385.032,91
2042	24	1.244.073,94	R\$ 1.056.610,30	R\$ 4.829.828,88	R\$ 8.200.048,31	R\$ 818.816,44	R\$ 198.421,75	R\$818.816,44	R\$ 198.421,75	R\$ 7.534.670,76	R\$ 2.583.454,66
2043	25	1.273.281,75	R\$ 1.191.360,98	R\$ 5.445.782,29	R\$ 9.236.945,85	R\$ 897.552,46	R\$ 205.027,76	R\$897.552,46	R\$ 205.027,76	R\$ 8.432.223,22	R\$ 2.788.482,42

Premissas	
Crescimento de Tarifa	10,17%
Crescimento de Consumo do ano 1-10	5%
Inflação Média	6%
Crescimento de Consumo do ano 10-25	2%
Auxiliar	1
Produção Energia Anual (kWh)	194.200
Decaimento Anual Produção	-0,5%
Custo Materiais e Mão de obra	R\$ 683.362,40
Custo de manutenção ao ano	0,5%
Manutenções	R\$ 85.420,30
Investimento Total (R\$)	R\$ 768.782,70
Vida útil do projeto (anos)	25

Métricas de Investimento	
TIR	21,53%
Payback Simples (Anos)	7,08333
Payback Descontado (Anos)	8,41667
VPL	R\$ 2.788.482,42

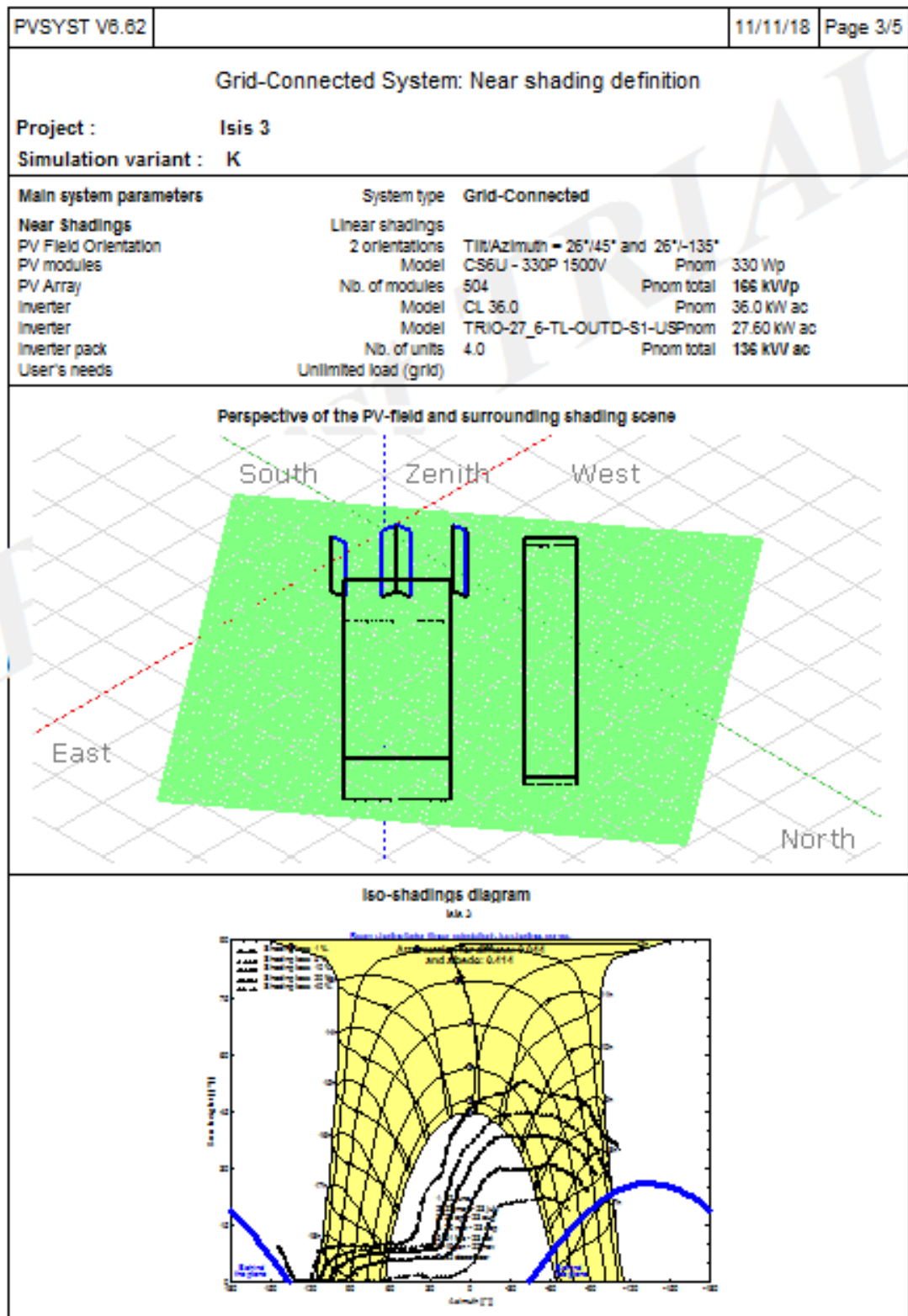
Relevância da produção do sistema fotovoltaico em 2019	
Projeção de produção no primeiro ano (kWh)	194.200
Projeção de consumo de energia anual em 2019 (kWh)	764.455
% de energia atendida em 2019	25%

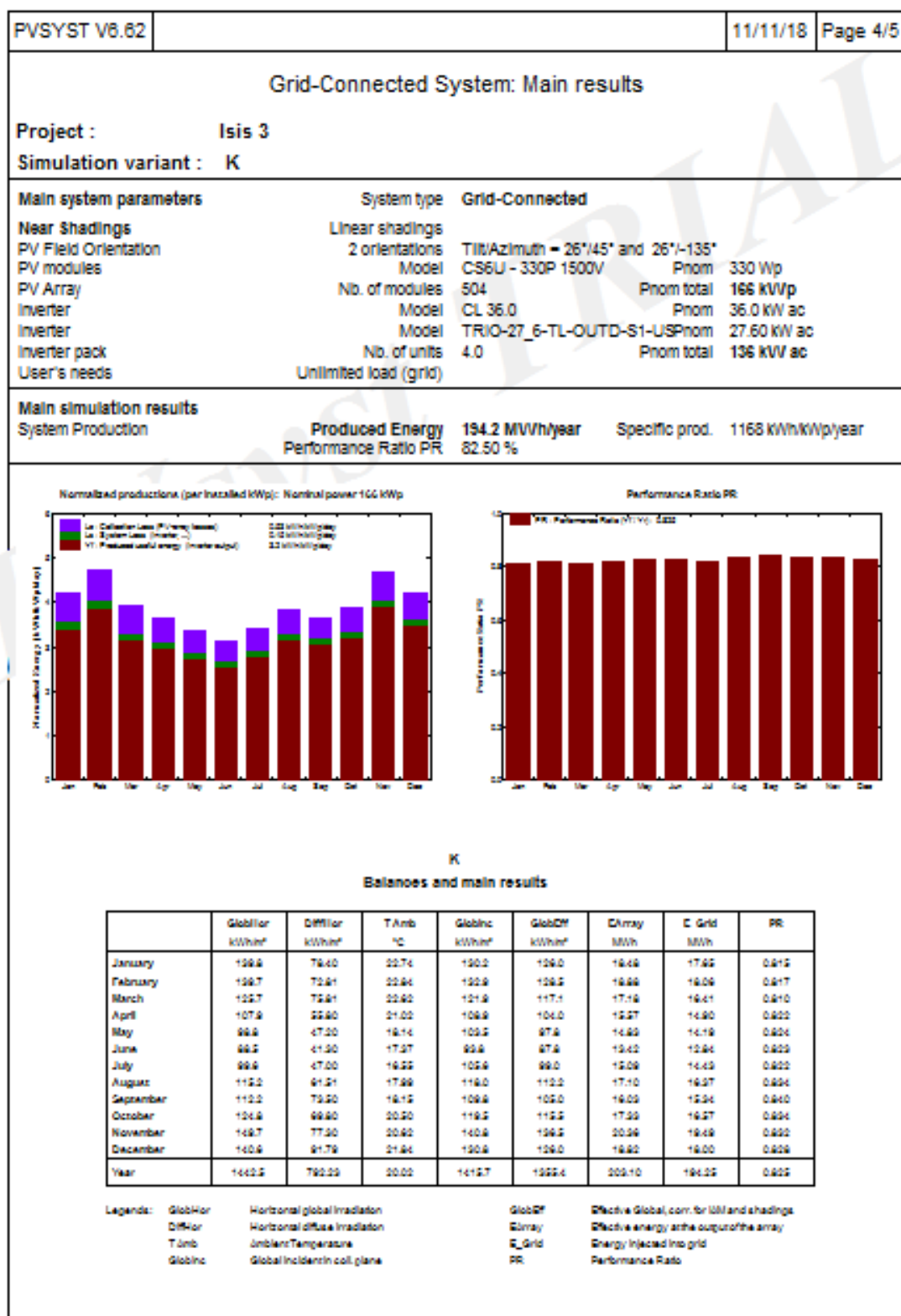
Apêndice B – Relatório PVsyst.

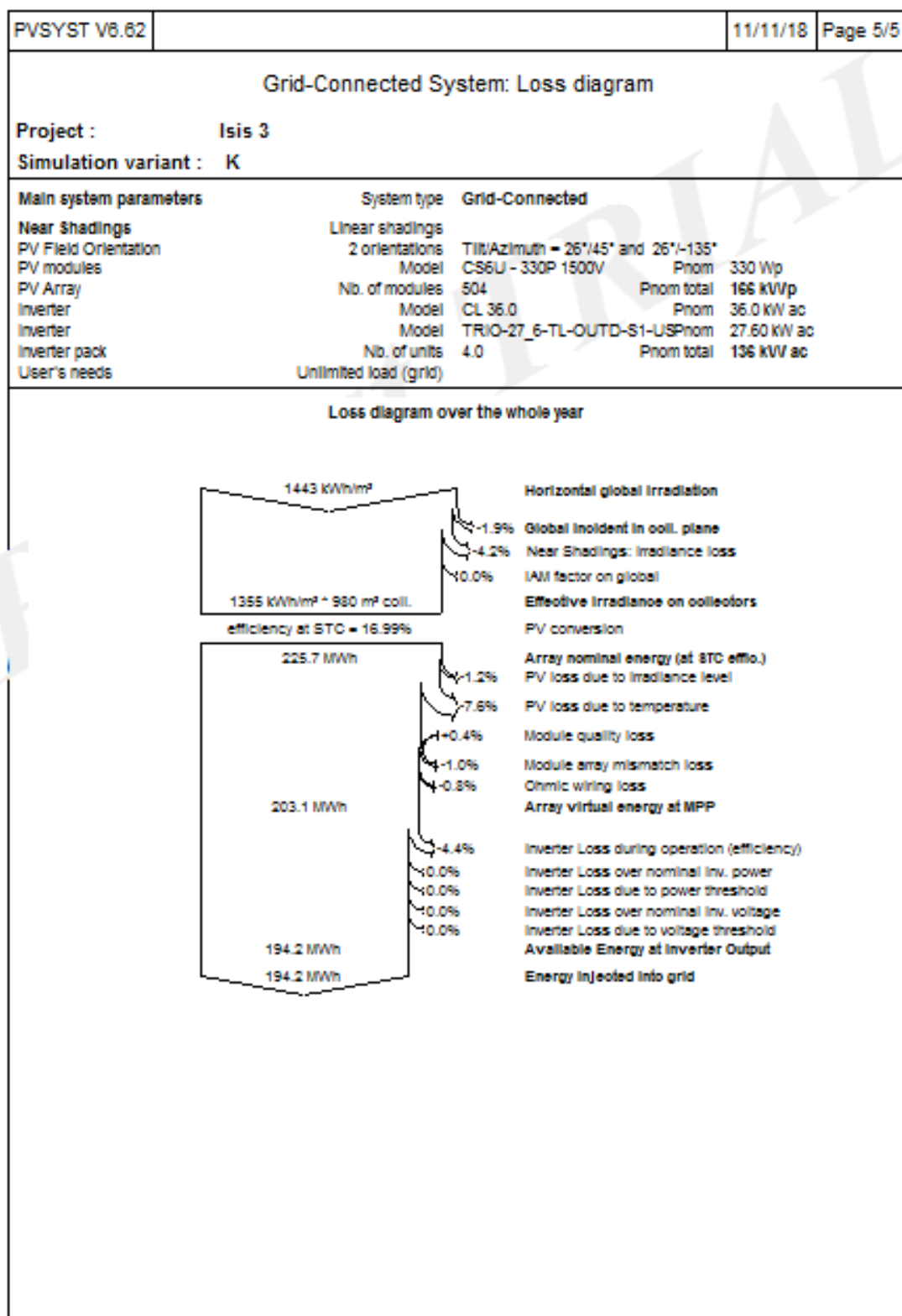
PVSYST V8.62		11/11/18		Page 1/5	
Grid-Connected System: Simulation parameters					
Project : Isis 3					
Geographical site		São Paulo		Country Brazil	
Situation		Latitude -21.99° S		Longitude -47.88° W	
Time defined as		Legal Time		Time zone UT-3	
		Albedo 0.20		Altitude 760 m	
Meteo data:		São Paulo		MeteoNorm 7.1 station (modified by user) - Synthetic	
Simulation variant : K					
		Simulation date		11/11/18 17h01	
Simulation parameters					
2 orientations		Tilts/Azimuths		26°/45° and 26°/-135°	
Models used		Transposition		Perez	
		Diffuse		Perez, Meteonorm	
Horizon		Free Horizon			
Near shadings		Linear shadings			
PV Arrays Characteristics (4 kinds of array defined)					
PV module		SI-poly		Model C \$6U - 330P 1500V	
Original PVsyst database		Manufacturer		Canadian Solar Inc.	
Sub-array "Cobertura 1"		Orientation		#1	
Number of PV modules		In series		11 modules	
Total number of PV modules		Nb. modules		132	
Array global power		Nominal (STC)		43.6 kWp	
Array operating characteristics (50°C)		U mpp		365 V	
				At operating cond. 39.1 kWp (50°C)	
				1 mpp 107 A	
Sub-array "Cobertura 2"		Orientation		#1	
Number of PV modules		In series		11 modules	
Total number of PV modules		Nb. modules		132	
Array global power		Nominal (STC)		43.6 kWp	
Array operating characteristics (50°C)		U mpp		365 V	
				At operating cond. 39.1 kWp (50°C)	
				1 mpp 107 A	
Sub-array "Cobertura 3"		Orientation		#2	
Number of PV modules		In series		11 modules	
Total number of PV modules		Nb. modules		132	
Array global power		Nominal (STC)		43.6 kWp	
Array operating characteristics (50°C)		U mpp		365 V	
				At operating cond. 39.1 kWp (50°C)	
				1 mpp 107 A	
Sub-array "Cobertura 4"		Orientation		#1	
Number of PV modules		In series		18 modules	
Total number of PV modules		Nb. modules		108	
Array global power		Nominal (STC)		35.6 kWp	
Array operating characteristics (50°C)		U mpp		598 V	
				At operating cond. 32.0 kWp (50°C)	
				1 mpp 54 A	
Total Arrays global power		Nominal (STC)		166 kWp	
		Module area		980 m²	
				Total 504 modules	
				Cell area 883 m²	
Sub-array "Cobertura 1" : Inverter		Model		CL 36.0	
Original PVsyst database		Manufacturer		Fronius International	
Characteristics		Operating Voltage		230-500 V	
Inverter pack		Nb. of Inverters		1 units	
				Unit Nom. Power 36.0 kWac	
				Total Power 36 kWac	
Sub-array "Cobertura 2" : Inverter		Model		CL 36.0	
Original PVsyst database		Manufacturer		Fronius International	
Characteristics		Operating Voltage		230-500 V	
Inverter pack		Nb. of Inverters		1 units	
				Unit Nom. Power 36.0 kWac	
				Total Power 36 kWac	

Player: evaluation mode

PVSYST V8.62		11/11/18		Page 2/5	
Grid-Connected System: Simulation parameters (continued)					
Sub-array "Cobertura 3" : Inverter					
Original PVSyst database	Model	CL 36.0			
Characteristics	Manufacturer	Fronius International			
Inverter pack	Operating Voltage	230-500 V	Unit Nom. Power	36.0 kWac	
	Nb. of Inverters	1 units	Total Power	36 kWac	
Sub-array "Cobertura 4" : Inverter					
Original PVSyst database	Model	TRIO-27_6-TL-OUTD-S1-U\$			
Characteristics	Manufacturer	ABB			
Inverter pack	Operating Voltage	200-950 V	Unit Nom. Power	27.6 kWac	
	Nb. of Inverters	2 * MPPT 50 %	Total Power	28 kWac	
Total	Nb. of Inverters	4	Total Power	136 kWac	
PV Array loss factors					
Thermal Loss factor	Uc (const)	20.0 W/m ² K	Uv (wind)	0.0 W/m ² K / m/s	
Wiring Ohmic Loss	Array#1	57 mOhm	Loss Fraction	1.5 % at STC	
	Array#2	57 mOhm	Loss Fraction	1.5 % at STC	
	Array#3	57 mOhm	Loss Fraction	1.5 % at STC	
	Array#4	188 mOhm	Loss Fraction	1.5 % at STC	
	Global		Loss Fraction	1.5 % at STC	
Module Quality Loss			Loss Fraction	-0.4 %	
Module Mismatch Losses			Loss Fraction	1.0 % at MPP	
Incidence effect, ASHRAE parametrization	IAM =	1 - bo (1/cos I - 1)	bo Param.	0.00	
User's needs :	Unlimited load (grid)				







Anexo 1 – Especificações da Estrutura Carport.



- Segurança e confiabilidade: Vida útil acima de 25 anos;
- Design inteligente para reduzir o tempo de instalação;
- Fabricado sob medida para diversas inclinações;
- Material de liga leve para facilitar o manuseio, instalação e transporte;
- Perfis e suportes em alumínio liga 6063-T5 anodizado fosco e periféricos em aço Inox 304 para garantir maior resistência à corrosão;
- Sistema de vedação entre módulos FV para evitar infiltração de água.





- Sistema de fixação sobre base de concreto ao Solo
- Ideal para instalações em todos os tipos de terrenos;
- Otimização do tempo de montagem, dispensando a utilização de máquinas;
- Segurança e confiabilidade: Vida útil acima de 25 anos;
- Design inteligente para reduzir o tempo de instalação;
- Fabricado sob medida para diversas inclinações;
- Material de liga leve para facilitar o manuseio, instalação e transporte;
- Perfis e suportes em alumínio liga 6063-T5 anodizado fosco e periféricos em aço Inox 304 para garantir maior resistência à corrosão.



PHB ELETRÔNICA LTDA

Telefone: (11) 3835-8300
 Rua São Bernardino nº 12 - Parque Anhanguera
 CEP: 05120-050
www.energiasolarphb.com.br

Anexo 2 – Especificações do módulo solar.







MAXPOWER (1500 V) CS6U-325 | 330 | 335 | 340M

Canadian Solar's new 1500 V module is a product for high voltage systems, which can increase the string length of solar systems by up to 50%, saving BOS costs.

KEY FEATURES

- 1500V

Designed for high voltage systems of up to 1500 V_{oc}, saving on BoS costs
- 

Cell efficiency of up to 20.0 %
- 

Outstanding low irradiance performance: 96.5 %
- No. 1
PTC

High PTC rating of up to 91.7 %
- 

IP67 junction box for long-term weather endurance
- 

Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 2400 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
UL 1703 / IEC 61215 performance: CEC listed (US)
UL 1703: CSA / IEC 61701 ED2: VDE / IEC 62716: VDE / Take-e-way





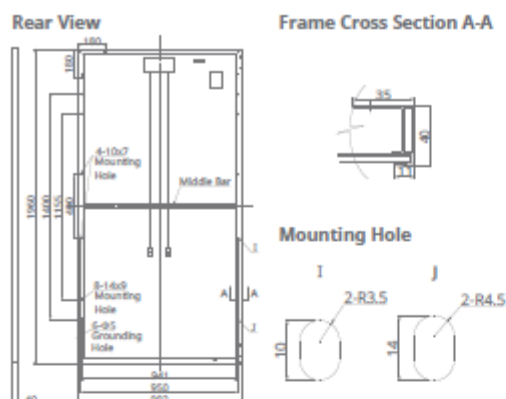



* As there are different certification requirements in different markets, please contact your local Canadian Solar sales representative for the specific certificates applicable to the products in the region in which the products are to be used.

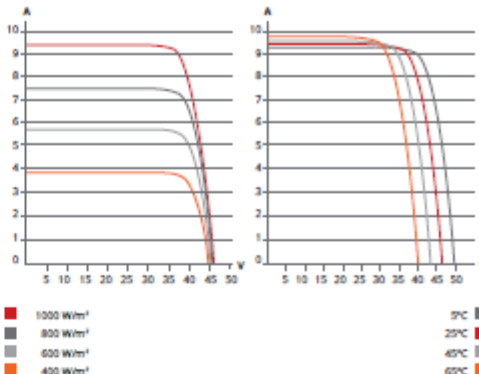
CANADIAN SOLAR INC. is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 15 GW deployed around the world since 2001, Canadian Solar Inc. (NASDAQ: CSIQ) is 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)



CS6U-335M / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

CS6U	325M	330M	335M	340M
Nominal Max. Power (Pmax)	325 W	330 W	335 W	340 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	37.4 V	37.5 V	37.8 V	37.9 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.69 A	8.80 A	8.87 A	8.97 A
Open Circuit Voltage (Voc)	45.8 V	45.9 V	46.1 V	46.2 V
Short Circuit Current (Isc)	9.21 A	9.31 A	9.41 A	9.48 A
Module Efficiency	16.72%	16.97%	17.23%	17.49%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C			
Max. System Voltage	1500 V (IEC) or 1500 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	72 (6 x 12)
Dimensions	1960 x 992 x 40 mm (77.2 x 39.1 x 1.57 in)
Weight	22.4 kg (49.4 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame Material	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP67, 3 diodes
Cable	PV1500DC-F1 4 mm² (IEC) & 12 AWG 2000 V (UL), 1160 mm (45.7 in)
Connector	T4 series or PV2 series
Per Pallet	26 pieces, 635 kg (1400 lbs)
Per container (40' HQ)	624 pieces

ELECTRICAL DATA | NOCT*

CS6U	325M	330M	335M	340M
Nominal Max. Power (Pmax)	235 W	238 W	242 W	245 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	34.1 V	34.2 V	34.5 V	34.6 V
Opt. Operating Current (Imp)	6.88 A	6.96 A	7.01 A	7.10 A
Open Circuit Voltage (Voc)	42.0 V	42.1 V	42.3 V	42.4 V
Short Circuit Current (Isc)	7.46 A	7.54 A	7.62 A	7.67 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, 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.

PARTNER SECTION



Anexo 3 – Especificações do inversor Fronius.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



FRONIUS CL CENTRAL INVERTER

/ The central inverter for long-term peak performance.



/ Fronius MIX technology



/ HF transformer switchover



/ Fronius Module Manager



/ Easy PC board replacement



/ Ventilation concept



/ Transport technology

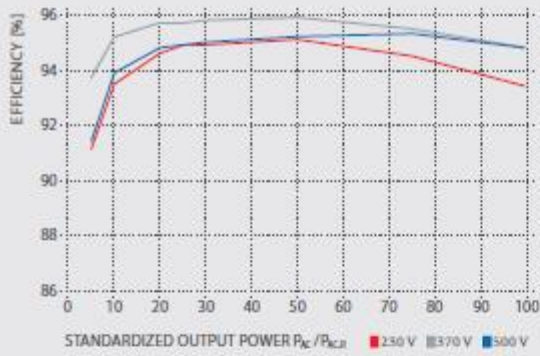


/ The Fronius CL combines efficient power electronics with a unique modular system design of up to 15 power stage sets in the Fronius MIX technology. This makes the Fronius CL the perfect central inverter for PV systems of up to several hundred kilowatts(kW). Other advantages: precise maximum power point tracking of the Fronius Module Manager, automatic transformer switchover, and much more. The Fronius CL is available in six power classes from 33 to 60 kW.

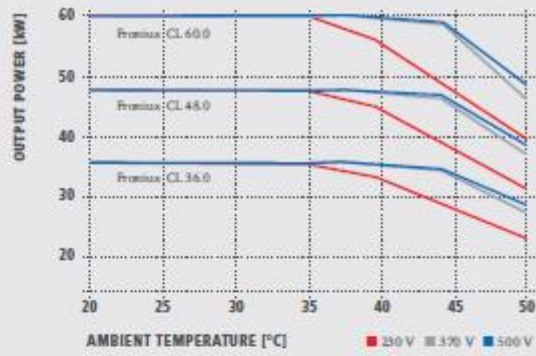
TECHNICAL DATA: FRONIUS CL

INPUT DATA	CL 33.3 _{DELVA}	CL 36.0 _{WTE27}	CL 44.4 _{SEIFA}	CL 48.0 _{WTE27}	CL 55.5 _{DELVA}	CL 60.0 _{WTE27}		
Recommended PV-Power	28.3 - 39.0 kWp	30.6 - 42.1 kWp	37.8 - 52.0 kWp	40.8 - 56.2 kWp	47.2 - 65.0 kWp	51.0 - 70.2 kWp		
MPPV-Voltage Range	230 - 500 V							
DC Startup Voltage	260 V							
Max. Input Voltage Range	600 V							
Max. Usable Input Current	154.0 A	166.5 A	205.4 A	222 A	256.7 A	277.5 A		
Admissible Conductor Size (DC)	350 MCM							
No. of DC Input Terminals	Accommodates up to 3 single- or dual-hole lugs per pole, M12 (1/2") studs							
No. of MPP Trackers	1							
OUTPUT DATA	CL 33.3 _{DELVA}	CL 36.0 _{WTE27}	CL 44.4 _{SEIFA}	CL 48.0 _{WTE27}	CL 55.5 _{DELVA}	CL 60.0 _{WTE27}		
Max. Continuous Output Power (40°C)	208V	33,300 W	n/a	44,400 W	n/a	55,500 W	n/a	
	240 V	33,300 W	n/a	44,400 W	n/a	55,500 W	n/a	
	277 V	n/a	36,000 W	n/a	48,000 W	n/a	60,000 W	
Nominal AC Output Voltage	208 / 240 V		480 / 277 V		208 / 240 V		480 / 277 V	
Operating AC Voltage Range Default (-12 / 10%)	208 V	183 - 299 V	n/a	183 - 299 V	n/a	183 - 299 V	n/a	
	240 V	211 - 264 V	n/a	211 - 264 V	n/a	211 - 264 V	n/a	
	277 V	n/a	244 - 305 V	n/a	244 - 305 V	n/a	244 - 305 V	
No. of Phases	3							
Admissible Conductor Size (AC)	350 MCM							
Nominal Output Frequency	60 Hz							
Operating Frequency Range	59.5 - 60.5 Hz							
Total Harmonic Distortion (THD)	< 3%							
Power Factor (at Nominal Output Power)	1							
GENERAL DATA	CL 33.3 _{DELVA}	CL 36.0 _{WTE27}	CL 44.4 _{SEIFA}	CL 48.0 _{WTE27}	CL 55.5 _{DELVA}	CL 60.0 _{WTE27}		
Max. Efficiency	95.9 %							
CEC Efficiency	208 V	94.5 %	n/a	94.5 %	n/a	94.5 %	n/a	
	240 V	95.0 %	n/a	95.0 %	n/a	95.0 %	n/a	
	277 V	n/a	95.5 %	n/a	95.5 %	n/a	95.5 %	
Consumption in Standby (Night)	< 5 W							
Consumption During Operating	65 W							
Cooling	Controlled forced ventilation, variable speed fan							
Compliance	UL 1741-2005, IEEE 1547-2003, IEEE 1547.1, ANSI/IEEE C62.41, FCC Part 15 B, NED Article 690, C22.2 No. 107.1-01 (September 2005), California Solar Initiative - Program Handbook - Appendix C: Inverter Integral 5% Meter Performance Specification							
Standard Warranty	5 Years							
Available Warranty	5 and 15 Year							
Dimensions (W x H x D)	43.5" x 76.6" x 31.4"							
Weight	661 lbs	661 lbs	721 lbs	721 lbs	783 lbs	783 lbs		

FRONIUS CL 60.0 EFFICIENCY CURVE



FRONIUS CL TEMPERATURE DERATING



TECHNICAL DATA: FRONIUS CL

PROTECTIVE EQUIPMENT	CL 33.3 _{9022A}	CL 36.0 ₈₇₅₂₇₇	CL 44.4 _{9822A}	CL 48.0 ₈₇₅₂₇₇	CL 55.5 _{9022A}	CL 60.0 ₈₇₅₂₇₇
Admissible Ambient Operating Temperature Range	-13° F - +122° F (-25°C - +50° C)					
Enclosure Type	NEMA 3R					
Ground Fault Protection	Internal GFDI (Ground Fault Detector / Interruptor) in accordance with UL 1741-2010 and NEC Article 690					
DC Reverse Polarity Protection	Internal Diode					
Islanding Protection	Internal; in accordance with UL 1741-2005, IEEE 1547-2003 and NEC					
Overtemperature	Output power derating / active cooling					

/ 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 3,000 employees worldwide, we shift the limits of what's possible - our more than 850 active patents are 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

v02 Feb 2014 EN

Fronius USA, LLC.
 6797 Fronius Drive
 Portage, IN 46368
 USA
pv-support-usa@fronius.com
www.fronius-usa.com

Anexo 4 – Especificações do inversor ABB.



The three-phase commercial inverter offers more flexibility and control to installers who have large installations with varying aspects or orientations.

The dual input section containing two independent Maximum Power Point Tracking (MPPT), allows optimal energy harvesting from two sub-arrays oriented in different directions.

The TRIO features a high speed and precise MPPT algorithm for real power tracking and improved energy harvesting.

High efficiency at all output levels

Flat efficiency curves ensure high efficiency at all output levels ensuring consistent and stable performance across the entire input voltage and output power range.

This device has an efficiency rating of up to 98.2%.

The very wide input voltage range makes the inverter suitable for installations with reduced string size.

Highlights

- True three-phase bridge topology for DC/AC output converter
- Transformerless topology
- Each inverter is set on specific grid codes which can be selected in the field
- Detachable wiring box to allow an easy installation
- Wide input voltage range

Power and productivity
 for a better world™



Additional highlights

- Integrated string combiner with different options of configuration which include DC and AC disconnect switch in compliance with international standards (S2, S1J, -S2J, -S2F and -S2X versions)
- Natural convection cooling for maximum reliability
- Outdoor enclosure for unrestricted use under any environmental conditions
- Capability to connect external sensors for monitoring environmental conditions
- Availability of auxiliary DC output voltage (24 V, 300 mA)

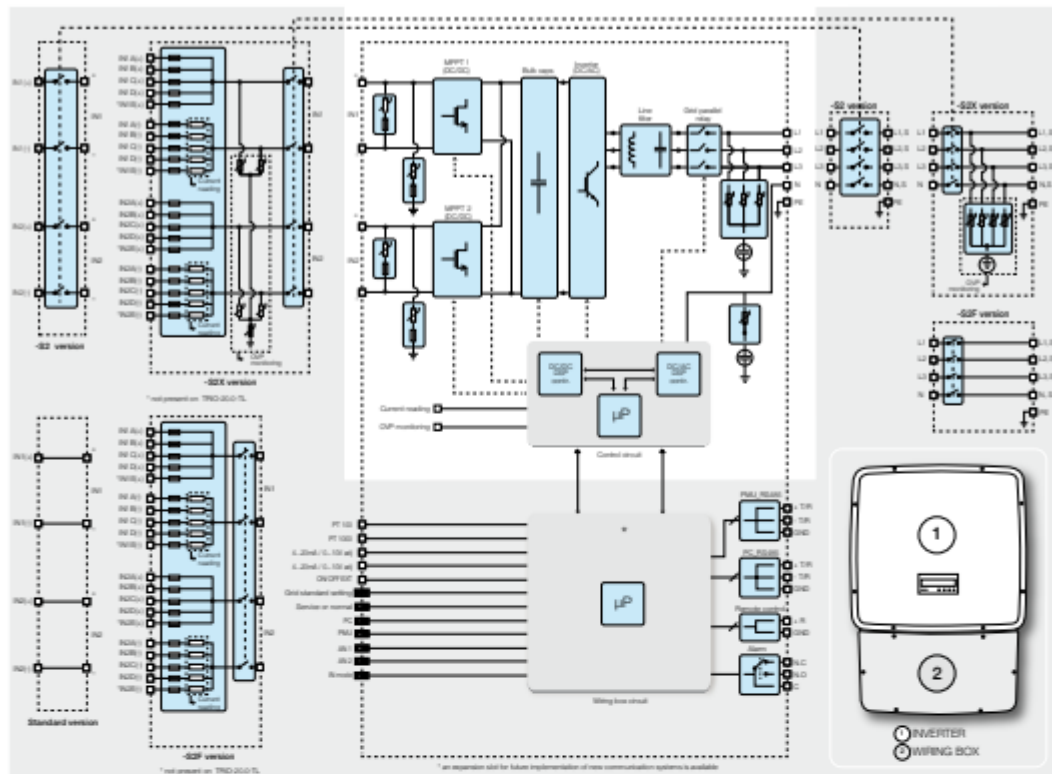


Technical data and types

Type code	TRIO-20.0-TL-OUTD	TRIO-27.6-TL-OUTD
Input side		
Absolute maximum DC input voltage (V_{DCmax})	1000 V	
Start-up DC input voltage (V_{DCmin})	430 V (adj. 250 - 500 V)	
Operating DC input voltage range ($V_{DCmin} - V_{DCmax}$)	0.7 x V_{DCmin} - 950 V (min 200 V)	
Rated DC input voltage (V_{DC})	620 V	
Rated DC input power (P_{DC})	20750 W	28600 W
Number of independent MPPT	2	
Maximum DC input power for each MPPT ($P_{MPPTmax}$)	12000 W	16000 W
DC input voltage range with parallel configuration of MPPT at P_{DC}	440 - 800 V	500 - 800 V
DC power limitation with parallel configuration of MPPT	Linear derating from max to null [800 V $V_{DC} < 950$ V]	
DC power limitation for each MPPT with independent configuration of MPPT at P_{DC} , max unbalance example	12000 W [480 V $V_{DC} < 800$ V] the other channel: $P_{DC} = 12000$ W [350 V $V_{DC} < 800$ V]	16000 W [500 V $V_{DC} < 800$ V] the other channel: $P_{DC} = 16000$ W [400 V $V_{DC} < 800$ V]
Maximum DC input current (I_{DCmax}) / for each MPPT ($I_{MPPTmax}$)	50.0 A / 25.0 A 30.0 A	64.0 A / 32.0 A 40.0 A
Maximum input short circuit current for each MPPT	30.0 A	
Number of DC inputs pairs for each MPPT	1 (4 in -S2X, -S2F, -S1J, -S2J versions)	1 (5 in -S2X and -S2F versions, 4 in -S1J and -S2J)
DC connection type	PV quick fit connector ²⁾ / Screw terminal block on Standard and -S2 versions	
Input protection		
Reverse polarity protection	Yes, from limited current source	
Input over voltage protection for each MPPT - varistor	Yes, 4	
Input over voltage protection for each MPPT - plug in modular surge arrester (-S2X, -S1J and -S2J versions)	-S2X: Type 2; -S1J, -S1J: Type 1+2	
Photovoltaic array isolation control	According to local standard	
DC switch rating for each MPPT (version with DC switch)	40 A / 1000 V	
Fuse rating (versions with fuses)	15 A / 1000 V	
Output side		
AC grid connection type	Three-phase 3W+PE or 4W+PE	
Rated AC power ($P_{AC} @ \cos\phi = 1$)	20000 W	27600 W
Maximum AC output power ($P_{ACmax} @ \cos\phi = 1$)	22000 W ²⁾	30000 W ²⁾
Maximum apparent power (S_{ACmax})	22200 VA	30670 VA
Rated AC grid voltage (V_{AC})	400 V	
AC voltage range	320 - 480 V ¹⁾	
Maximum AC output current (I_{ACmax})	33.0 A	45.0 A
Contributory fault current	35.0 A	46.0 A
Rated output frequency (f)	50 Hz / 60 Hz	
Output frequency range ($f_{min} - f_{max}$)	47 - 53 Hz / 57 - 63 Hz ²⁾	
Nominal power factor and adjustable range	> 0.995, adj. ± 0.9 with $P_{DC} = 20.0$ kW, ± 0.8 with max 22.2 kVA	> 0.995, adj. ± 0.9 with $P_{DC} = 27.6$ kW, ± 0.8 with max 30 kVA
Total current harmonic distortion	< 5%	
AC connection type	Screw terminal block, cable gland PG36	
Output protection		
Anti-islanding protection	According to local standard	
Maximum external AC overcurrent protection	50.0 A	63.0 A
Output overvoltage protection - varistor	4	
Output overvoltage protection - plug in modular surge arrester (-S2X version)	4 (Type 2)	
Operating performance		
Maximum efficiency (η_{max})	98.2%	
Weighted efficiency (EURO/CEC)	98.0% / 98.0%	
Feed in power threshold	40 W	
Night consumption	< 0.6 W	

²⁾ ABB solar inverters | Product flyer for TRIO-20.0/27.6-TL-OUTD

Block diagram of TRIO-20.0/27.6-TL-OUTD



Technical data and types

Type code	TRIO-20.0-TL-OUTD	TRIO-27.6-TL-OUTD
Communication		
Wired local monitoring	PVI-USB-RS232_485 (opt.)	
Remote monitoring	VSN300 Wifi Logger Card (opt.), VSN700 Data Logger (opt.)	
Wireless local monitoring	VSN300 Wifi Logger Card (opt.)	
User interface	Graphic display	
Environmental		
Ambient temperature range	-25...+60°C / -13...140°F with derating above 45°C/113°F	
Relative humidity	0...100% condensing	
Sound pressure level, typical	50 dBA @ 1 m	
Maximum operating altitude without derating	2000 m / 6560 ft	
Physical		
Environmental protection rating	IP65	
Cooling	Natural	
Dimension (H x W x D)	1061 mm x 702 mm x 292 mm / 41.7" x 27.6" x 11.5"	
Weight	< 70.0 kg / 154.3 lbs (Standard version)	< 75.0 kg / 165.4 lbs (Standard version)
Mounting system	Wall bracket	
Safety		
Isolation level	Transformerless	
Marking	CE (50 Hz only), RCM	
Safety and EMC standard	EN 50178, IEC/EN 62109-1, IEC/EN 62109-2, AS/NZS 3100, AS/NZS 60950.1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, CEI 0-21, CEI 0-16, DIN V VDE V 0128-1-1, VDE AR-N 4105, GB 4943.1, C10/T11, EN 50438 (not for all national appendices), RD 1699, RD 413, RD 861, P.O. 12.3, AS 4777, BDEW, NRS-097-2-1, MEA, IEC 61727, IEC 62116, Ordinal 30/2013, VFR 2014	
Grid standard (check your sales channel for availability)		
Available products variants		
Standard	TRIO-20.0-TL-OUTD-400	TRIO-27.6-TL-OUTD-400
With DC+AC switch	TRIO-20.0-TL-OUTD-S2-400	TRIO-27.6-TL-OUTD-S2-400
With DC+AC switch and fuse	TRIO-20.0-TL-OUTD-S2F-400	TRIO-27.6-TL-OUTD-S2F-400
With DC+AC switch, fuse and surge arrester	TRIO-20.0-TL-OUTD-S2X-400	TRIO-27.6-TL-OUTD-S2X-400
With DC+AC switch, fuse and 1 DC surge arrester Type 1 + 2	TRIO-20.0-TL-OUTD-S1J-400	TRIO-27.6-TL-OUTD-S1J-400
With DC+AC switch, fuse and 2 DC surge arrester Type 1 + 2	TRIO-20.0-TL-OUTD-S2J-400	TRIO-27.6-TL-OUTD-S2J-400

¹ The AC voltage range may vary depending on specific country grid standard

² Limited to 20000 W for Germany

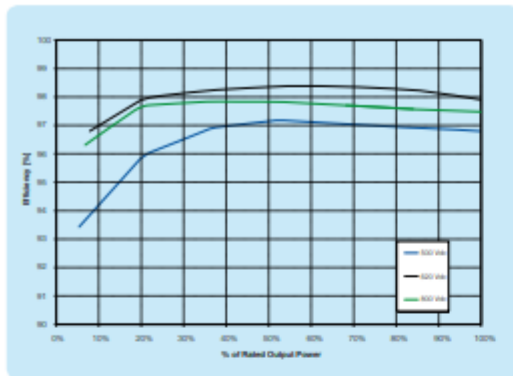
³ The Frequency range may vary depending on specific country grid standard

⁴ Limited to 27600 W for Germany

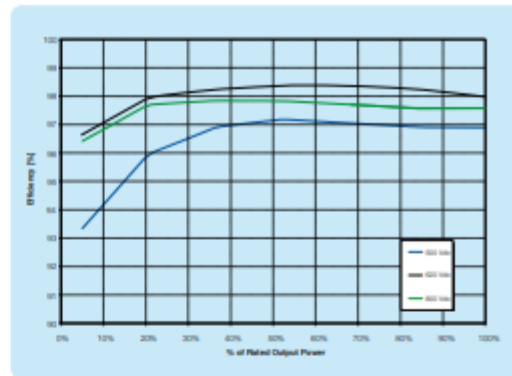
⁵ Please refer to the document "String inverters – Product manual appendix" available at www.abb.com/solarinverters for information on the quick-fit connector brand and model used in the inverter

Remark. Features not specifically listed in the present data sheet are not included in the product

Efficiency curves of TRIO-20.0-TL-OUTD



Efficiency curves of TRIO-27.6-TL-OUTD



BCCD.00379 Rev. F 06.06.2016

Support and service

ABB supports its customers with dedicated, global service organization in more than 60 countries and strong regional and national technical partner networks providing complete range of life cycle services.

For more information please contact your local ABB representative or visit:

www.abb.com/solarinverters
www.abb.com/solar
www.abb.com

© Copyright 2016 ABB. All rights reserved.
 Specifications subject to change without notice.

