

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**FÁBIO LUIZ VIEIRA DA SILVA
LEONARDO MOREIRA LIMA
RAFAEL ALENCAR DE OLIVEIRA**

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE GERAÇÃO DE ENERGIA COM USO
DE FONTES ALTERNATIVAS**

**ORIENTADOR
PROF.M.SC. CLÁUDIO M. DE FREITAS DA SILVA**

**VOLTA REDONDA
2017**

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE GERAÇÃO DE ENERGIA COM USO
DE FONTES ALTERNATIVAS**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica do UniFOA como requisito à aquisição da titulação de bacharel em Engenharia Elétrica

Aluno:

Fábio Luiz Vieira da Silva

Leonardo Moreira Lima

Rafael Alencar de oliveira

Orientador:

Prof.M.Sc. Cláudio M. de Freitas da Silva

VOLTA REDONDA

2017



Fundação Oswaldo Aranha



FOLHA DE APROVAÇÃO

Curso: Engenharia Elétrica

Acadêmico: Matrícula: Fábio Luiz Vieira da Silva 201111088; Leonardo Moreira Lima 201120100; Rafael Alencar de oliveira 201120634

Título do TCC: Estudo de Viabilidade de Geração de Energia com Uso de Fontes Alternativas

Apresentado publicamente perante a Banca Avaliadora, como parte dos requisitos para conclusão do Curso de Engenharia Elétrica.

Aprovada em 04 de NOVEMBRO de 2017

Banca Avaliadora:

Professor Orientador

Cláudio Márcio de Freitas da Silva, Mestre, UniFOA

Professor Avaliador

Edson de Paula Carvalho, Mestre, UniFOA

Professor Avaliador

Bruno Moreira da Silva, Especialista, UniFOA

DEDICATÓRIA

A Deus, aos nossos Pais, Familiares e Amigos pelo apoio dado para a realização deste trabalho e no decorrer dessa longa e complexa jornada e a todos aqueles que estiveram presentes durante todos esses anos de forma direta e indireta.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Cláudio M. de Freitas da Silva, pela orientação nesse trabalho.

À empresa Associação dos Aposentados e Pensionista de Volta Redonda que através de sua Presidência, Diretoria e funcionários como o Gerente de Patrimônio e Obras Márcio Coutinho de Abreu e outras pessoas que ajudaram a contribuir direta ou indiretamente com a conclusão desse trabalho.

Aos familiares de todos os integrantes do grupo pelo incentivo dado para concluirmos essa jornada que nos influenciará por todas nossas vidas.

RESUMO

O sistema elétrico nacional é um dos maiores do mundo, tendo como principal fonte geradora as usinas hidroelétricas, porém estamos vivenciando ao longo dos últimos anos, uma crise climática que vem alterando o ciclo das chuvas no País, atingindo diretamente o custo da energia elétrica, afetando as finanças dos grandes consumidores. Diante deste cenário, foram criadas legislações específicas por parte do Governo Federal, visando o aumento da colaboração de outras fontes de energia, em sua maior parte renováveis. Este trabalho terá como objetivo demonstrar, através de um estudo técnico/financeiro, a comparação entre a implementação de um sistema híbrido fotovoltaico eólico e um sistema fotovoltaico, analisando seus comportamentos, tendo como meta buscar a redução com os custos de energia elétrica em uma unidade consumidora, situada na cidade de Pinheiral. Serão abordados conceitos teóricos sobre todos os equipamentos que serão utilizados, bem como a explanação das resoluções normativas e leis que dão embasamento ao estudo, demonstrando através da análise do retorno de investimento, qual sistema mais indicado para características locais das fontes de energia.

Palavras-Chaves: Energia Elétrica, Sistema Híbridos; Sistemas Fotovoltaicos, Sistema Eólico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	PROBLEMA ABORDADO.....	2
1.2	JUSTIFICATIVA.....	3
1.3	OBJETIVO GERAL.....	3
1.4	OBJETIVO ESPECIFICO.....	3
1.5	HIPÓTESES.....	3
1.6	METODOLOGIA.....	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1	SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO.....	4
2.1.1	CARACTERÍSTICAS DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA.....	9
2.2	GERAÇÃO DISTRIBUÍDA.....	13
2.3	SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE CRÉDITOS.....	14
2.4	ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	15
2.4.1	INFORMAÇÕES GERAIS.....	15
2.4.2	POTENCIAL FOTOVOLTAICO BRASILEIRO.....	16
2.4.3	TIPOS DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS.....	18
2.5	ENERGIA EÓLICA.....	22
2.5.1	INFORMAÇÕES GERAIS.....	22
2.5.2	POTENCIAL EÓLICO BRASILEIRO.....	23
2.5.3	TIPOS DE AEROGERADORES.....	26
2.6	SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE POTÊNCIA.....	29
2.6.1	INFORMAÇÕES GERAIS.....	29
2.6.2	CONTROLADORES DE CARGA.....	29
2.6.3	CONVERSOR CC – CC.....	30
2.6.4	INVERSOR DE TENSÃO.....	30
2.7	SISTEMA HÍBRIDO.....	32

2.7.1	CONCEITOS BÁSICOS	32
2.7.2	PRINCIPAIS TIPOS DE SISTEMAS.....	33
2.7.3	COMPLEMENTARIDADE DAS FONTES SOLAR E EÓLICA	35
2.7.4	VANTAGENS E DESVANTAGENS.....	36
3	ESTUDO DE CASO	37
3.1	DESCRIÇÃO DO CASO-EXEMPLO	37
3.2	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	38
3.3	AVALIAÇÃO DO RECURSO SOLAR.....	39
3.4	DEFINIÇÃO DA LOCALIZAÇÃO E CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA	41
3.5	PROJETO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO	41
3.6	ESCOLHA DOS EQUIPAMENTOS DO SISTEMA	45
3.7	AVALIAÇÃO DO RECURSO EÓLICO	49
3.8	PROJETO DO SISTEMA EÓLICO.....	53
3.9	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA HÍBRIDO.....	57
3.9.1	BALANÇO ENERGÉTICO ENTRE FONTES	57
3.10	ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA (PAYBACK).....	60
3.11	RESULTADOS E CORRELAÇÕES.....	65
4	CONCLUSÃO	72
5	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de GTDC	5
Figura 2 - Estrutura institucional do setor elétrico	7
Figura 3 - Irradiação Solar Média Anual.....	17
Figura 4 - Painel de Células de Silício Monocristalino.....	18
Figura 5 - Painel de Células de Silício Multicristalino	19
Figura 6 - Painel de Células de Silício Amorfo	19
Figura 7 - Painel de Células de Gálio e Cobre-Índio	20
Figura 8 - Painel de Células de Cádmio.....	20
Figura 9 - Painel de Células OPV.....	21
Figura 10 - Potência instalada e fator de capacidade no mundo em 2015.....	22
Figura 11 - Potência instalada e geração eólica mundial em 2014	23
Figura 12 - Potencial Eólico Brasileiro por região.....	24
Figura 13 - Potencial Eólico Estado do Rio de Janeiro	25
Figura 14 - Rotor Savonius.....	26
Figura 15 - Rotor Darrius.....	27
Figura 16 - Rotor H-Darrius	27
Figura 17 - Controlador de Carga.....	29
Figura 18 - Conversor CC-CC	30
Figura 19 - Sistema Híbrido Fotovoltaico-Eólico Ligado à Rede	34
Figura 20 - Sede Campestre - AAPVR.....	37
Figura 21 - Irradiação Solar Média.....	39
Figura 22 - Irradiação Solar Diária Média – Cálculo Plano Inclinado	40
Figura 23 - Área para instalação do sistema.....	41
Figura 24 - Comparativo entre a energia gerada e energia consumida em um ano..	44
Figura 25 - Custo Inversor Solar	45
Figura 26 – Custo do Inversor Solar.....	47
Figura 27 - Suporte de Chão para Painéis Fotovoltaicos	47
Figura 28 - Estimativa do Custo do Sistema Fotovoltaico	48
Figura 29 - Relação entre Consumo e Geração de Energia Elétrica.....	49
Figura 30 - Velocidade Média Sazonal do Vento a 50 metros de altura.....	52
Figura 31 - Histograma do comportamento do Vento na Região	53
Figura 32 - Aerogerador Xzeres 442SR	54

Figura 33 - Curva de Carga do Aerogerador	55
Figura 34 - Relação entre Consumo e Geração de Energia Elétrica.....	58
Figura 35 - Comparação entre Valores Estimados do Sistema Fotovoltaico e Híbrido	65
Figura 36 - Payback Sistema Híbrido (Exemplo).....	66
Figura 37 - Irradiação Solar Média Sistema Híbrido(Exemplo)	66
Figura 38 - Estimativa de Geração Elétrica Fotovoltaica Anual.....	67
Figura 39 - Dados Eólicos da Região	67
Figura 40 - Histograma da Frequência de Ventos da Região de Búzios	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Matriz energética Brasileira.....	9
Tabela 2 - Construção de Empreendimentos Futuros.....	12
Tabela 3 - Irradiação Solar em Diferentes Latitudes do Brasil.....	16
Tabela 4 - Resumo dos Tipos de Aerogeradores.....	28
Tabela 5 - Vantagens e Desvantagens dos Sistemas Híbridos.....	36
Tabela 6 - Consumo Médio Unidades Aapvr.....	42
Tabela 7 - Unidade Consumidora Sede Campestre.....	44
Tabela 8 - Lista de Materias e seus Valores.....	49
Tabela 9 - Coeficiente de atrito para distintos terrenos.....	50
Tabela 10 - Velocidades Médias do Vento.....	51
Tabela 11 - Características e Especificações Técnicas.....	54
Tabela 12 - Energia Gerada Mensal Média.....	56
Tabela 13 - Participação de fontes renováveis.....	57
Tabela 14 - Lista de materiais e seus Valores.....	59
Tabela 15 - Reajuste Anual de Tarifa.....	61
Tabela 16 - Geração de Energia na Planta Fotovoltaica.....	62
Tabela 17 - Geração de Energia da Planta Híbrida.....	63
Tabela 18 - Análise Econômica dos Projetos Fotovoltaico e Híbrido.....	64
Tabela 19 - Estimativa de consumo da Aerogerador.....	69
Tabela 20 - Produção diária por fonte.....	69
Tabela 21 - Custo de compra dos Equipamentos.....	70
Tabela 22 - Geração Estimada Planta Híbrida – Exemplo.....	70
Tabela 23 - Fluxo de Caixa Planta Híbrida (Exemplo).....	71

LISTA DE SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ABRADEE	Associação Brasileira de Energia Elétrica
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
MAE	Mercado Atacadista de Energia
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CMSE	Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico
GTDC	Geração, Transmissão, Distribuição e Comercialização
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
SDE	Secretaria de Direito Econômico
SEAE	Secretaria de Acompanhamento Econômico
SNRH	Sistema Nacional de Recursos Hídricos
MMA	Ministério do Meio Ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
SIN	Sistema Interligado Nacional
BIG	Banco de Informações de Geração
REN	Resolução Normativa
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
DC / CC	Direct Corrent / Corrente Continua
AC / CA	Alternate Corrent / Corrente Alternada
EUA	Estados Unidos da América
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica
CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
SPPM	Seguidores de ponto de potência máxima
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
UCs	Unidades Consumidoras
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
NASA	National Aeronautics and Space Administration / Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço
AAPVR	Associação dos Aposentados e Pensionistas de Volta Redonda

1 INTRODUÇÃO

No mundo atual existe uma grande preocupação com o uso dos recursos naturais existentes no planeta, isso fez com que o ser humano desenvolvesse diversos tipos de tecnologia, buscando assim, diminuir o uso das fontes não renováveis. Analisando a relação ambiental e econômica na produção de energia elétrica, observa-se um grande potencial das fontes renováveis.

No Brasil, a maior parte da eletricidade produzida e consumida, provém das hidrelétricas, conforme será visto mais adiante. A crise hídrica que tem ocorrido frequentemente, tem ocasionado um aumento no custo da geração de energia elétrica, dando assim, a abertura no mercado para outras fontes geradoras.

Um dos principais incentivos do Governo passou a vigorar no dia 17 de abril de 2012, quando a Aneel criou o sistema de compensação de energia (resolução normativa – REN nº482), ela regulamentou a produção de energia elétrica pelo consumidor brasileiro, inclusive podendo fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade. Os sistemas abordados neste estudo se encaixam na categoria citada acima e caracterizam-se pela junção de duas fontes renováveis, a Eólica e a Fotovoltaica.

A produção de energia eólica se dá pela captação de uma parte do “potencial cinético do vento” e sua transformação em eletricidade. O equipamento responsável por essa captação é denominado gerador eólico, os dois tipos mais comuns são os: com rotor horizontal e rotor vertical

Já a produção de energia fotovoltaica se caracteriza pela transformação da “radiação solar” em eletricidade, através de módulos solares compostos por células fotovoltaicas

No presente trabalho abordamos a viabilidade econômica da implementação de um sistema híbrido, comparando-o com um sistema fotovoltaico, na filial Sede Campestre pertencente a Associação dos Aposentados e Pensionista de Volta Redonda, visando reduzir o gasto com energia elétrica no local e em outras filiais da entidade.

1.1 PROBLEMA ABORDADO

Nos últimos anos tem-se observado cada vez mais investimentos na matriz de energia elétrica brasileira, contudo a maior parte desse montante é empregado na geração hídrica.

Devido a fatores naturais como a escassez de chuva, que tem provocado longos períodos de seca em todo país, o governo vem sendo forçado a acionar as termoelétricas, ocasionando assim, o aumento no valor das taxas cobradas na produção de energia elétrica, devido ao custo que envolve mantê-las ativas, tanto para as concessionárias encarregadas da produção e distribuição, quanto para o consumidor final, que por sua vez tende a ficar com a maior parte do prejuízo.

Até o ano de 2012, não existia nenhuma política de governo que incentivasse o uso de outras fontes de energia, porém, com a criação por parte da ANEEL, agência que controla o setor de geração, distribuição e transmissão de energia no território nacional, através da resolução normativa nº. 482, iniciou-se então um cenário mais favorável para quem quisesse investir na produção de energia elétrica, determinando que o consumidor final pudesse reduzir seus gastos com eletricidade, 'injetando o excedente produzido para a concessionária.

Embora exista esse incentivo, o investimento em fontes alternativas ainda esbarra no alto custo dos equipamentos, que em sua maioria não são fabricados no Brasil. Isso restringe o seu uso à grandes empresas ou usuários com alto poder aquisitivo.

1.2 JUSTIFICATIVA

Os grandes consumidores têm buscado alternativas para reduzir os seus gastos com eletricidade, através do uso da geração distribuída.

A produção de energia elétrica por meio de sistemas híbridos, tem como vantagem o uso de duas fontes geradoras, sendo efetivamente uma o complemento da outra

1.3 OBJETIVO GERAL

Este estudo tem por objetivo, informar dados que demonstrem a viabilidade econômica através da comparação de um sistema híbrido com um sistema fotovoltaico.

1.4 OBJETIVO ESPECIFICO

Obter dados de sistemas governamentais (INMET, CRESESB), afim de estimar a geração de energia elétrica nos dois sistemas

Levantamento do perfil de consumo de energia elétrica da unidade consumidora para efetuar avaliações, através de cálculos, afim de estimar o tipo e a quantidade de material necessário para a micro geração.

1.5 HIPÓTESES

Muitos benefícios são previstos através da instalação do sistema híbrido em questão, porém, muitos fatores devem ser avaliados e tratados com extrema cautela.

A relação custo-benefício é um elemento de extrema importância para o estudo, baseando-se em dados que comprovem o retorno do investimento bruto feito na compra, instalação e manutenção dos dispositivos e materiais usados em todo o sistema. Segue abaixo as hipóteses envolvidas neste estudo:

Redução dos gastos envolvidos com o pagamento de contas de energia elétrica da unidade consumidora;

Estimativa do tempo de retorno do investimento em ambos os sistemas, tendo como critério a vida útil dos equipamentos fornecido pelo fabricante;

No caso do sistema híbrido, a comprovação da complementaridade entre as fontes de energia.

1.6 METODOLOGIA

Será realizado um estudo de caso na filial “Sede Campestre da Associação dos Aposentados e Pensionistas de Volta Redonda”, aonde serão levantados os dados do histórico de consumo elétrico do local, possibilitando assim o dimensionamento do quantitativo de equipamentos que serão necessários para atender a demanda.

Será necessário fazer um estudo, visando estimar de forma aproximada, a energia a ser produzida pelo sistema, o custo de instalação e a compra de materiais, para que seja possível o cálculo do retorno do investimento inicial, tanto do sistema híbrido quanto do sistema fotovoltaico.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO

O campo energético brasileiro, assim como a maioria das esferas organizacionais no país, já passou por numerosas mudanças que o tornaram mais eficiente e um pouco mais parecido com o de países desenvolvidos.

As mudanças mais significativas ocorreram pós anos 90, a primeira grande mudança ocorreu em 1996 com a Lei nº9.427, que fundou a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e estabeleceu que o aproveitamento e uso dos potenciais hidroelétricos fosse concedido por meio de uma disputa ou através de leilões, onde o maior valor ou lance oferecido pelo uso do bem público, determinaria assim o vencedor.



Figura 1 - Modelo de GTDC

(Fonte: <http://www.abradee.com.br/setor-de-distribuicao/a-distribuicao-de-energia>)
(Acesso 01/05/17)

Em 2004 ocorreu a segunda grande mudança no setor que devolveu ao estado o privilégio e a responsabilidade no planejamento do setor energético, que por sua vez tomou a decisão de reformular a maneira em que era concedida a vitória ao investidor, deixando de ser simplesmente aquele que apresentava a melhor oferta e sim aquele que oferecesse os menores preços para o mercadejamento da produção das usinas que viriam a ser construídas posteriormente.

A reforma exigiu inicialmente a divisão das companhias em três partes, sendo elas:

- **Geradoras** – incumbidas da produção de energia elétrica e pela injeção dessa mesma energia nos sistemas de transporte;
- **Transmissoras** - encarregadas pela parte do transporte das grandes quantidades de energia gerada pelas usinas. No território nacional, essa transmissão é realizada através de linhas com tensão elétrica a cima de 230 mil Volts.
- **Distribuidoras** - são aquelas que recebem a vasta quantidade de energia do sistema de transmissão e distribuem para os consumidores pequenos e médios.

A divisão desse sistema pode ser observada na imagem abaixo (Figura 1).

Além desses segmentos, foram criados novos grupos para atuar no novo ambiente institucional: além da Aneel mencionada inicialmente, foram criados:

- **ONS** - Operador Nacional do Sistema Elétrico, encarregado pelo gerenciamento e pela supervisão das operações de instalação, geração e transmissão de energia no Sistema Interligado Nacional e nos sistemas isolados do país, que é fiscalizado e regulado pela Aneel.

Para definir quais usinas têm de ser despachadas, a ONS opera um programa computacional que, baseado em projeções, prevê cenários para a oferta de energia elétrica.

Paralelamente, o Governo Federal, através do Ministério de Minas e Energia (MME), usando de artifícios legais, criaram novos agentes. Sendo eles:

- **EPE** - Empresa de Pesquisa Energética, seu dever é efetuar os devidos estudos necessários ao planejamento da expansão do sistema elétrico.
- **CCEE** - Câmara de Comercialização de Energia Elétrica, possui o objetivo de negociar a energia no mercado livre.

A agência reguladora Aneel permaneceu ativa, com seus poderes e deveres no Novo Modelo do Setor Energético, juntamente com a ONS, que também foi mantida com suas atribuições e poderes. Foi implantado também, o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE), encarregado de acompanhar e avaliar de forma contínua e com segurança o suprimento eletro-energético em todo o território brasileiro.

Um dos fatores mais importantes e determinantes para o desenvolvimento econômico e social de um país é a energia, que ao fornecer apoio em diversos aspectos às ações humanas, se destaca de outros serviços de infraestrutura.

O Brasil possui atualmente uma população de quase 207 milhões de habitantes, segundo levantamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) do dia 1º de julho de 2016, destacando-se como a quinta nação mais populosa do mundo. Sendo que aproximadamente 95% do povo brasileiro possui acesso à rede elétrica, tendo um número superior há 61,5 milhões de unidades consumidoras instaladas em 99% dos municípios do território brasileiro, sendo a maior parte, cerca de 85% de consumidores residenciais segundo dados da Aneel.

De todos os componentes da infraestrutura, é o de energia, o serviço com maior propagação e acesso a população. O número de habitantes, paralelamente ao tipo e as condições da região se atrelam às dificuldades físicas e econômicas para extensão da rede elétrica do país como um todo. O Brasil se divide em 5 regiões, Norte, Sul, Sudeste, Nordeste e Centro-Oeste, sendo que cada uma possui características distintas e bastante peculiares se comparadas uma em relação a outra.

Estas particularidades contribuirão e muito para forma com que o modelo nacional de geração, transmissão e distribuição se desenvolvessem e tivessem de encontrar formas de contornar as dificuldades climáticas e de acesso que algumas regiões apresentam, e esses fatores juntamente a outros diversos empecilhos, que ainda influenciam e determinam se o acesso à eletricidade será, fácil ou difícil por parte da população. Existem muitos sistemas de pequeno porte não-conectados ao Sistema Interligado Nacional (SIN) e por isso, são chamados de Sistemas Isolados.

São muitos os casos no território nacional, porém, os piores se encontram na região Amazônica, devido aos problemas atrelados a densa floresta, e os grandes rios encontrados na região, problemas estes que culminam, na não produção de novas linhas transmissivas de porte elevado, que possibilitem a devida conexão ao SIN.

Estas dificuldades envolvendo a construção de novas linhas afeta também o Norte e Nordeste, porém, com outros agravantes, como a falta de recursos e o grande índice demográfico das Regiões.

Devido a estes problemas que precisam ser enfrentados para se obter o avanço na área, muitos empreendimentos do setor energético brasileiro acabaram ou acabam por não sair do campo imaginário ou dos projetos do ministério de minas e

energia junto aos investidores (bancos, empresas, etc), que, apesar dos retornos esperados e calculados sejam otimistas em relação ao investimento inicial, feito por eles para a expansão dos sistemas de geração e transmissão, acabam sendo deixados de lado, por causa dos imensos processos burocráticos necessários para as devidas explorações dos recursos naturais, deslocamento de pessoas para o represamento (no caso de um hidroelétrica), dentre outras medidas que precisam ser tomadas e acarretam mais tempo para a avaliação governamental e ambiental.

Apesar dos empecilhos encontrados em algumas regiões, o Brasil tem recursos naturais e climáticos, que o colocam como um dos países com o mais amplo campo de possibilidades em geração de energia.

Todo esse potencial energético se dá pelo grande número de fontes de energia encontrados em todo o território, renováveis e não renováveis.

2.1.1 CARACTERÍSTICAS DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

Hoje podemos salientar que o Sistema de produção de energia nacional é um dos maiores do mundo, segundo dados da própria ANEEL, possuindo um total de 4.667 empreendimentos em operação, totalizando 160.470.782 kW de potência instalada.

Em termos de disponibilidade por origem, o sistema Brasileiro é bem diversificado, conforme Tabela 1:

Tabela 1 - Matriz energética Brasileira

ORIGEM	NO. USINAS	KW	%
BIOMASSA	531,00	14.052.162,00	8,76%
EÓLICA	429,00	10.478.743,00	6,53%
FÓSSIL	2.395,00	27.020.522,00	16,84%
HÍDRICA	1.265,00	98.735.591,00	61,53%
NUCLEAR	2,00	1.990.000,00	1,24%
SOLAR	45,00	23.764,00	0,01%
IMPORTAÇÃO	-	8.170.000,00	5,09%
TOTAL	4.667,00	160.470.782,00	

(Fonte: Adaptado BIG – Acesso 01/05/2017)

Abaixo descrevemos especificamente como se dá o uso por cada tipo origem:

Biomassa

É todo recurso renovável que possui origem orgânica (vegetal ou animal) que pode ser aproveitada para geração de energia. Essa massa destaca-se na matriz energética nacional devido ao seu enorme potencial de produção.

No país, o maior responsável pela geração elétrica através do uso da biomassa é o bagaço da cana de açúcar, matéria prima mais difundida para este tipo de produção.

Eólica

É a energia que o vento (massas de ar em movimento) tem armazenada em si mesmo. Através da conversão da energia cinética de translação para rotação, usando para tal fim, o emprego de turbinas eólicas, que desempenham o papel de captadores para geração de eletricidade, tendo também, a possibilidade do uso de cata-ventos (moinhos) para executar outros trabalhos, como o bombeamento de água, que se baseia no mesmo princípio de aproveitamento da energia dos ventos.

Fóssil

Na geração termelétrica, a eletricidade é gerada através da queima de combustíveis, onde, duas são principais matérias primas usadas no país, são eles: o gás natural e o carvão. A fumaça (vapor) gerada na queima tanto do gás como no carvão é usada no intuito de mover as turbinas conectadas aos geradores.

Outro combustível fóssil muito utilizado é o petróleo, o processo é similar aos demais processos térmicos de geração citados acima, onde é feita a queima do material para que a liberação de vapores movimente turbinas, motores entre outros. Em sistemas afastados de rede elétrica, é muito normal ter a presença dos grupos geradores a diesel.

Hídrica

O movimento turbulento e constante de águas é usado como matéria prima na geração de energia através destas usinas. A água que cai de um rio é aproveitada em pequenas centrais hídricas para girar rodas d'água, porém, em maior escala é necessário o deslocamento da direção do rio e a construção de um tanque para armazenamento. As turbinas entram em movimento com a força exercida pela água e são conectadas através de cabos a geradores, possibilitando assim a transformação da energia de mecânica para elétrica. Para isso, todo um estudo deve ser feito afim de se encontrar o melhor ambiente para se construir a hidrelétrica, todos os aspectos atrelados a execução do projeto devem ser levados em conta, sejam as agressões ao meio ambiente, sociais e econômicos na região, além da viabilidade econômica do empreendimento.

Nuclear

A energia nuclear é obtida através da fissão do urânio em um reator nuclear. O seu funcionamento é parecido se equiparado com o de uma termelétrica padrão, apesar da complexidade que envolve o projeto e as manutenções necessárias para o seu perfeito funcionamento. Através da energia liberada em forma calorífica, que por sua vez é produzida pela queima de um material combustível que gera vapor e aciona-se uma turbina, que é conectada a um gerador.

Solar

Energia retirada da luz solar, que é captada por painéis solares, que transforma a energia luminosa em elétrica.

Importação

A importação de energia de países da América Latina é praticada no Brasil com o intuito de suprir possíveis faltas que possam ocorrer em tempos de estiagem, isso é feito com o intuito de diminuir o gasto com as termoelétricas, que tem um alto

custo de produção, e serve também como forma de aliança política para o governo federal com os países latinos.

Podemos verificar que hoje a energia gerada em empreendimentos Eólicos e Solar ainda são baixas em comparação com os Hídricos e Termoelétricos, por exemplo, isso se dá devido aos altos custos dos equipamentos que utilizam essas tecnologias que em sua grande maioria são importados.

Porém, estamos vivenciando ao longo dos últimos anos, fatores ambientais que atingem diretamente o custo da geração e do comércio de Energia. Com o intuito de gerir os recursos originados da aplicação das bandeiras tarifárias, a CCEE foi colocada a cargo de administrar a Conta Centralizadora dos Recursos de Bandeiras Tarifárias criada através do decreto nº 8.401, datado de 5 fevereiro de 2015. Tornando assim, a tarifa de energia variável conforme o uso das termoelétricas. Essa variação do custo da energia impacta diretamente os grandes consumidores.

Analisando os dados informados no site BIG (Banco de Informações de Geração) da ANEEL, é possível constatar um aumento progressivo dos empreendimentos Eólico e Solar na matriz elétrica Brasileira nos próximos anos.

Analisando a Tabela 2, verifica-se que nos próximos anos os empreendimentos Solar e Eólico representaram 43,08 % dos investimentos no setor elétrico, sendo sua maioria da iniciativa privada, em sua maioria instalada nas Regiões Norte e Nordeste:

Tabela 2 - Construção de Empreendimentos Futuros

TIPOS DE USINAS	QUANTIDADE	POTÊNCIA INSTALADA	
		(KW)	%
Central Geradora Hidrelétrica	43	35.929,00	0,15%
Central Geradora Undi-elétrica	1	50,00	0,00%
Central Geradora Eólica	329	7.575.950,00	30,91%
Pequena Central Hidrelétrica	156	2.037.241,00	8,31%
Central Geradora Solar Fotovoltaica	111	2.980.397,00	12,16%
Usina Hidrelétrica	14	2.653.640,00	10,83%
Usina Termelétrica	161	7.873.595,00	32,13%
Usina Termonuclear	1	1.350.000,00	5,51%
TOTAL	816	24.506.802,00	100,00%

(Fonte: Adaptado BIG – Acesso 11/06/2017)

2.2 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

A Micro e Mini Geração Distribuída são constituídas pela instalação de pequenos grupos geradores, que em sua grande parte, costumam ser de energias renováveis, localizadas próximo aos núcleos de dispêndio de eletricidade, ligadas à rede de distribuição das unidades consumidoras. A micro Geração distribuída é composta por uma central produtora de energia, com potência instalada inferior ou equivalente a 75 KW (quilowatts). Já a Minigeração é identificada por matrizes produtoras, com potência instalada acima de 75KW (quilowatts) e inferior ou igual a 3 MW para as matrizes hídricas e abaixo ou igual a 5MW para outras fontes.

A partir da elaboração da Lei no. 10.438 de 26 de abril de 2002 foi fundado o PROINFA, com a intenção de promover a participação de fontes renováveis na produção de energia elétrica, contudo, a grande alteração no mercado energético nacional se deu através da instauração da REN no. 482/2012 (datada de 17 de abril de 2012) da ANEEL, autorizando assim, a produção de energia pelo consumidor brasileiro, através das fontes ditas verdes (renováveis), permitindo até o fornecimento do excesso à rede de distribuição mais próxima, denominado de “Sistema de Compensação de Créditos”.

No Brasil devido ao seu território que tem características distintas temos além da capacidade hídrica, um potencial muito alto de energia eólica em todo nosso litoral e solar por sermos um país tropical, os principais benefícios obtidos com a geração distribuída, segundo informações fornecidas pela ANEEL são:

1. Ampliação da matriz energética;
2. São evitadas as quedas de potência pela transmissão de energia;
3. Possibilidade de desenvolver cadeia produtiva nacional;
4. Balanço de cargas no sistema da rede de fornecimento e na fronteira com a rede básica;
5. Matriz energética superiormente sustentável;
6. Aumento do aproveitamento dos ativos;
7. Elevada eficiência energética nos projetos;

2.3 SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE CRÉDITOS

A REN nº 482/2012 proporcionou um significativo aperfeiçoamento aos consumidores nacionais, o Sistema de Compensação energética. Através desse sistema é permitido ao consumidor que gera sua própria energia o recurso de não só armazenar em baterias, e sim a possibilidade de usar e inserir a eletricidade excedente produzida na rede da concessionária, através do micro geração ou da mini geração.

A partir do dia 01 de março de 2016 entrou em vigor a Resolução Normativa Nº 687, que impactou diretamente o mercado de energia elétrica para os micro e mini geradores.

Um dos pontos a destacar, é a diminuição da burocracia para a inserção das centrais geradoras junto às concessionárias de energia elétrica, podemos apontar como outra grande mudança, a aprovação dos sistemas de geração fotovoltaicos junto à concessionária de 82 para 34 dias, a potência limite para micro geração para potência instalada inferior ou igual a 75 kW e mini geração distribuída para potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW e o aumento no prazo para uso dos créditos energéticos, que passou de 36 para 60 meses, essa alternativa se estende também para outras unidades consumidoras que possuam cadastro prévio e que façam parte da mesma área de concessão, vemos abaixo a classificação dos diferentes tipos de concessões:

- Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras - condomínios verticais e/ou horizontais, situados em mesma área ou área contígua, com o sistema gerador instalado em área comum.
- Geração Compartilhada - Consumidores de CPF ou CNPJ distintos, abastecidos pela mesma concessionária distribuidora, associados por meio de cooperativa ou consórcio.
- Autoconsumo Remoto - Consumidores pessoa física que possuem unidades consumidoras de mesma titularidade.

Conforme ressaltado pela ANEEL[1], para unidades consumidoras em baixa tensão (grupo B), ainda que a energia injetada na rede seja superior ao consumo, será devido o pagamento referente ao custo de disponibilidade – valor equivalente em Reais a 30 KWh para entrada monofásica, 50 KWh para entrada bifásica e 100KWh para entrada trifásica.

Para unidades consumidoras conectada a alta tensão (grupo A), a parcela de energia da fatura poderá ser zerada, contudo a parcela da fatura correspondente à demanda contratada será faturada normalmente.

Para os consumidores do “grupo B”, que ficavam limitados pela carga instalada da unidade, agora podem estimar a potência máxima instalada do sistema gerador multiplicando-se o valor da capacidade de corrente do disjuntor geral pela tensão nominal e caso necessitem de potência instalada superior, basta que solicitem o aumento da potência disponibilizada pela concessionária de energia elétrica.

2.4 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

2.4.1 INFORMAÇÕES GERAIS

O Sol é uma fonte contínua de energia para a Terra. Nele pode-se encontrar todos ou quase todos os elementos presentes na Terra. O hidrogênio (H) e o hélio (He) são os seus elementos que estão presentes em sua atmosfera, representando 80% e 18% respectivamente. Toda a energia gerada pelo Sol dá-se por um processo de fusão, no qual o hidrogênio é transformado em hélio, processo esse libera quantidades imensuráveis de energia.

Para o ser humano, é possível observar a olho nu apenas a luz visível proveniente da fotosfera que é uma camada bastante estreita, com 500 km de espessura, e que apresenta uma temperatura de 5.800 K e por possuir uma densidade menor que outras partes da estrela, essa densidade menor favorece a diminuição da opacidade, permitindo que a radiação se propague.

O sol pode ser comparado grosseiramente a uma bomba de hidrogênio que sofre explosões constantemente, e nessas explosões são liberadas toneladas de energia em forma de calor e radiação.

A radiação solar é do tipo eletromagnética e devido a isso pode se propagar na velocidade da luz. A superfície terrestre é atingida por uma quantidade de radiação bastante variável, sofrendo influência da geometria Sol/Terra que nos reparamos através do horário, e devido as condições climáticas gerais, como a presença de nuvens, entre outros fatores.

A radiação eletromagnética é formada por volumes de energia denominados de fótons, a energia dos fótons pode-se então caracterizada como espectro solar.

As células fotovoltaicas de silício (Si) que são utilizadas para a captação da radiação solar dos fótons, não conseguem absorver fótons com qualquer nível de energia, os fótons devem possuir energia igual ou superior a 1,127eV (eletro volts). Devido a isso e a outros fatores muitos fótons não são capazes de gerar eletricidade e somente aquecem as células fotovoltaicas.

2.4.2 POTENCIAL FOTOVOLTAICO BRASILEIRO

Devido aos fatores mencionados anteriormente, para se ter um substancial aproveitamento da radiação solar dos fótons, é necessário a avaliações específicas do local, um desses fatores é a irradiação solar média mensal da área.

Abaixo podemos ver tabela 3, que mostra a irradiação solar em diferentes latitudes do Brasil.

Tabela 3 - Irradiação Solar em Diferentes Latitudes do Brasil

Localidade	Latitude [°]	Longitude [°]	Altitude [m]	Energia [kWh/m ²]
Boa Vista	2,83	-60,70	140	1.922
Macapá	-0,02	-50,03	15	1.838
Belém	-1,28	-48,27	24	1.849
São Luis	-2,32	-44,17	51	1.798
Manaus	-3,08	-60,01	72	1.804
Fortaleza	-3,46	-38,36	27	2.039
Florianópolis	-6,46	-43,92	123	2.005
Carolina	-7,20	-47,28	183	1.870
Petrolina	-9,23	-40,3	370	1.976
Salvador	-13,01	-38,31	51	1.946
Cuiabá	-15,33	-56,07	179	1.928
Brasília	-15,47	-47,56	1.158	1.897
Caravelas	-17,44	-39,15	4	1.823
Corumbá	-19,05	-57,3	130	1.962
Belo Horizonte	-19,56	-43,56	915	1.678
Rio de Janeiro	-22,55	-43,10	5	1.795
Londrina	-23,23	-51,11	566	1.540
São Paulo	-23,30	-46,37	792	1.529
Curitiba	-25,32	-49,35	900	1.560
Porto Alegre	-30,01	-51,13	47	1.609

(Fonte: Sistemas Híbridos - Soluções Energéticas pra Amazônia 1ªEd, MME, 2008)

Podemos notar que o Brasil, por ser um país localizado em sua maior extensão territorial em região intertropical, acaba por possuir grande potencial de

geração de energia solar durante quase todo o ano e em quase todo as localidades do país.

O Brasil, por ser um país localizado em sua maior extensão territorial em região intertropical, acaba por possuir grande potencial de geração de energia solar durante quase todo o ano e em quase todo as localidades do país. No estado do Rio de Janeiro, podemos identificar esse potencial com mais detalhes conforme (figura 3), abaixo:

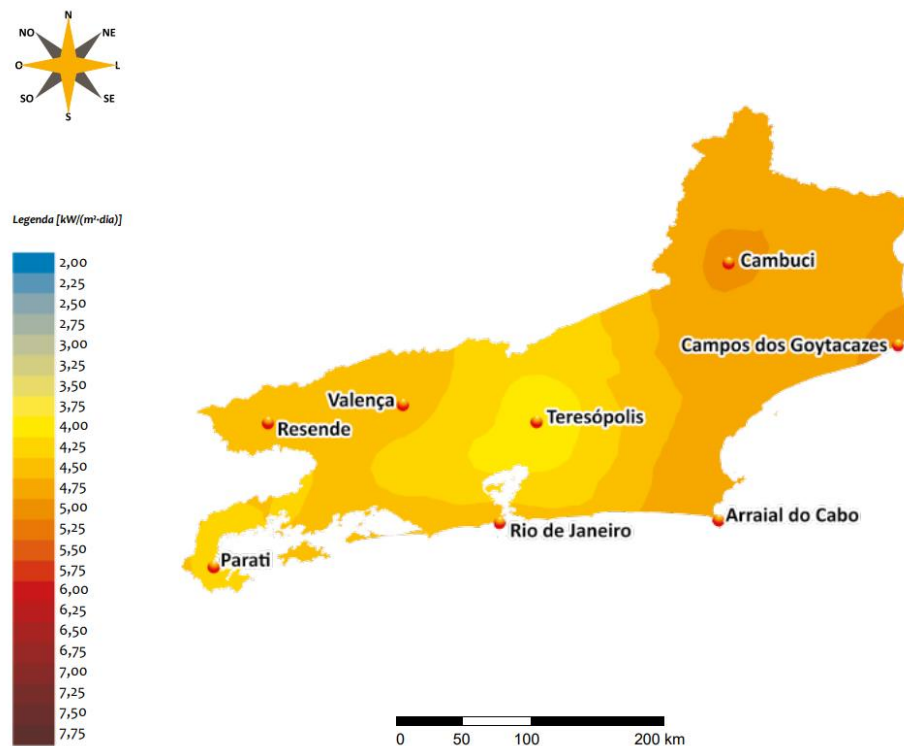


Figura 3 - Irradiação Solar Média Anual
(Fonte: Atlas Solarimétrico do Estado do Rio de Janeiro - 2016 – pág. 37)

Para efetuar o dimensionamento da energia disponível em um determinado período, dada em kWh/m², é comum ser feita uma conversão de unidades, a unidade utilizada é denominada de Horas de Sol Pleno (Hsp). O Hsp é dado pelo número de horas de sol, em média diária, com intensidade de 1.000 W/m², que em kWh/m² é equivalente à energia total diária incidente sobre a superfície geradora.

Oscilando entre 4 e 6 Hsp em média diária anual, o Brasil se destaca como um grande potencial gerador de acordo com a região geográfica.

2.4.3 TIPOS DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Existem muitos tipos de painéis solares no mercado, porém, alguns apresentam melhor eficiência do que outros.

Atualmente, o silício é o material cristalino mais utilizado na produção de células fotovoltaicas, os materiais cristalinos são os mais utilizados devido a sua estrutura atômica (distribuição dos átomos) ser bem repetida, os materiais cristalinos de silício podem ser encontrados nas formas monocristalina, multicristalina ou policristalina e amorfa.

Atualmente as células fotovoltaicas mais difundidas e utilizadas são as **Células de Silício Monocristalino** (Figura 4), que comercialmente são as mais usadas. Devido a abundância do silício no planeta e a elevada vida útil apresentada pelos materiais feitos à base e com a combinação do silício com outro material, além disso, possuem um baixo impacto ambiental, o que facilita a sua liberação para larga produção. Possuem uma eficiência em torno de 16%, porém, possuem um alto custo de produção.



Figura 4 - Painel de Células de Silício Monocristalino
(Fonte: Portal Solar)

Células de Silício Multicristalino (Figura 5): são constituídas de diversos cristais em contato entre si, possuem um baixo custo de no mercado devido a esta técnica de produção, porém possui uma menor eficiência atrelado a ela cerca de 14% em média.



Figura 5 - Painel de Células de Silício Multicristalino
(Fonte: Portal Solar)

Células de Silício Amorfo (Figura 6): possuem o mais baixo desempenho, cerca de 10%, porém, devido ao baixo custo de fabricação, o seu valor de mercado é bem menor que o das outras células.

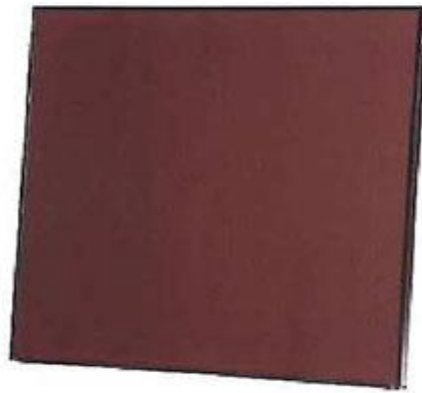


Figura 6 - Painel de Células de Silício Amorfo
(Fonte: Portal Solar)

Células de Arseneto de Gálio (GaAs): possui um alto custo de produção devido à sua material base ser pouco encontrado na superfície terrestre, já o seu desempenho é bem superior se comparado as células de silício amorfo, cerca de 15%.

Células de Disseleneto de Cobre-Índio (CIS): essas células apresentam eficiência máxima comercial de 14%, seu custo-benefício vale a pena se comparado

as outras, porém, também apresentam um alto risco ambiental em sua fabricação devido à combinação dos materiais (Figura 7).



Figura 7 - Painel de Células de Gálio e Cobre-Índio
(Fonte: Portal Solar)

Células de Telureto de Cádmio (CdTe) (Figura 8): também são compostas por arranjos policristalinos, apresentam uma eficiência de 11% comercialmente, tendo como ponto negativo apenas o processo de fabricação.



Figura 8 - Painel de Células de Cádmio
(Fonte: Portal Solar)

Células fotovoltaicas orgânicas (opv) (Figura 9) – ainda são poucas as empresas que conseguiram levar a produção de células fotovoltaicas (OPV) a uma escala industrial. Essas células são fabricadas com polímeros orgânicos e por esse motivo são flexíveis como o silicone. No Brasil existe a CSEM Brasil e a Sunew, em Belo Horizonte MG, que estão desenvolvendo esta produção.

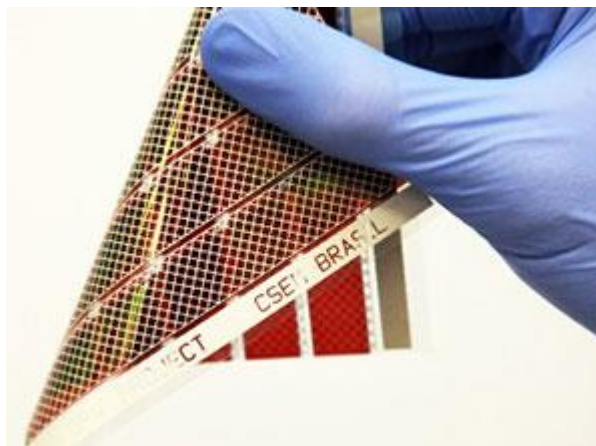


Figura 9 - Painel de Células OPV
(Fonte: Portal Solar)

O mercado divide-se principalmente em dois setores: o de silício cristalino (Monocristalino e policristalinos) e o de silício amorfo, existem outros que outros tipos de células, porém, devido a sua ainda não comercialização no Brasil ou por ser cunho experimental, não serão citadas aqui.

Devido à baixa tensão gerada por uma célula, o mais comum é encontrarmos no mercado “módulos fotovoltaicos” como as imagens anteriormente mostradas, que podem ser constituídos conectando-se as células em serie ou paralelo. O mais utilizado são os módulos com a associação em serie das células, devido à baixa tensão apresentada pelos módulos com associação paralela.

O armazenamento desta tensão é feito por baterias de 12V ou jogando o produzido na rede como citado anteriormente usando o sistema de geração distribuída, porém, para tal necessita-se de um sistema de potência para conversão de energia de DC (corrente contínua), para AC (corrente alternada), assunto esse que será abordado e explicado nos próximos tópicos.

2.5 ENERGIA EÓLICA

2.5.1 INFORMAÇÕES GERAIS

Com o avanço da agricultura, a humanidade começou a necessitar de ferramentas que o auxiliassem nas tarefas, como moagem de grãos e o bombeamento de água. No início, utilizando a força braçal e posteriormente a animal. O uso da força dos ventos através do moinho, foi de suma importância para o crescimento da economia durante um longo período histórico, contudo, o mesmo entrou em declínio na revolução industrial, com a invenção das máquinas a vapor.

No século XX iniciou-se o desenvolvimento de pequenos aero geradores, principalmente em sistemas isolados, porém, com a crise do petróleo em 1970 [2], as grandes economias mundiais começaram a investir em pesquisa de energia eólica. A participação da Energia Eólica no Mundo começou a ganhar importância a partir de 2010, conforme figura 10.

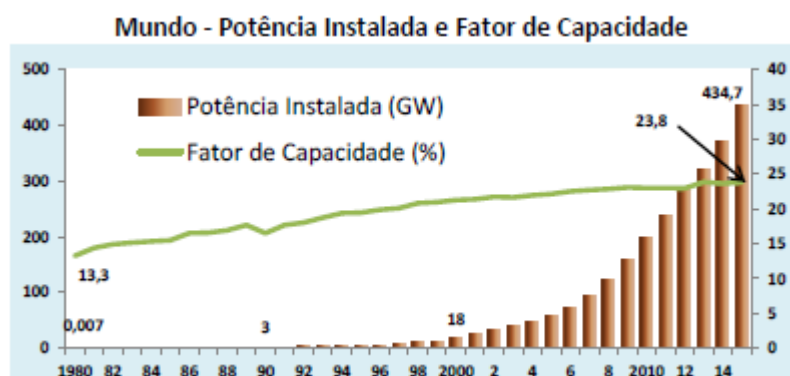


Figura 10 - Potência instalada e fator de capacidade no mundo em 2015
(Fonte: Energia Eólica no Brasil e Mundo, MME, 2015)

Hoje, grandes potências como E.U.A, Alemanha e Espanha, são líderes no uso dessa tecnologia pelo mundo, conforme conseguimos visualizar na figura 11:

País	Geração (TWh)	% do Total Gerado no País	Potência Instalada (MW)	Fator de Capacidade (%)	Expansão no Ano (MW)
EUA	192,9	4,5	74.740	31	8.594
China	185,1	3,1	145.109	16	30.500
Alemanha	88,0	14,6	45.018	24	5.825
Espanha	49,3	18,2	23.025	24	-
Índia	41,4	3,1	25.088	20	2.623
Reino Unido	40,4	12,8	14.191	34	1.204
Canadá	24,6	3,9	11.190	27	1.506
Brasil	21,6	3,5	7.633	38	2.745
França	20,2	3,7	10.269	23	932
Suécia	16,6	10,7	6.126	33	602
Itália	14,7	5,4	9.126	19	423
Dinamarca	14,3	44,6	4.932	34	154
Portugal	11,6	21,7	4.815	28	132
Turquia	11,6	4,6	4.503	34	873
Polônia	10,8	6,8	5.150	27	1.265
Austrália	10,7	4,3	4.436	29	380
México	7,9	2,6	3.224	32	714
Holanda	7,5	5,2	3.422	27	546
Romênia	7,0	11,9	2.985	27	23
Irlanda	6,6	24,8	2.546	31	224
Outros	58,5	0,8	27.195	26	3.565
Total	841,2	3,5	434.722	23,8	62.829
%/total*	3,5		7,0		27,0

* % da eólica sobre os totais mundiais

Figura 11 - Potência instalada e geração eólica mundial em 2014
(Fonte: Energia Eólica no Brasil e Mundo, MME, 2015)

2.5.2 POTENCIAL EÓLICO BRASILEIRO

Conforme descrito no Atlas do Potencial Eólico Brasileiro [3], o estudo dessa forma de geração ocorre desde 1970, revelando o progressivo conhecimento dessa potência, natural e de relevante magnitude existente no País.

No Brasil no ano de 2001 foi lançado o primeiro atlas [4], onde se estimou em 143 GW o potencial nacional, considerando torres de 50 metros.

Com esse estudo ficou evidenciado o grande potencial da região nordeste, conforme figura 12.

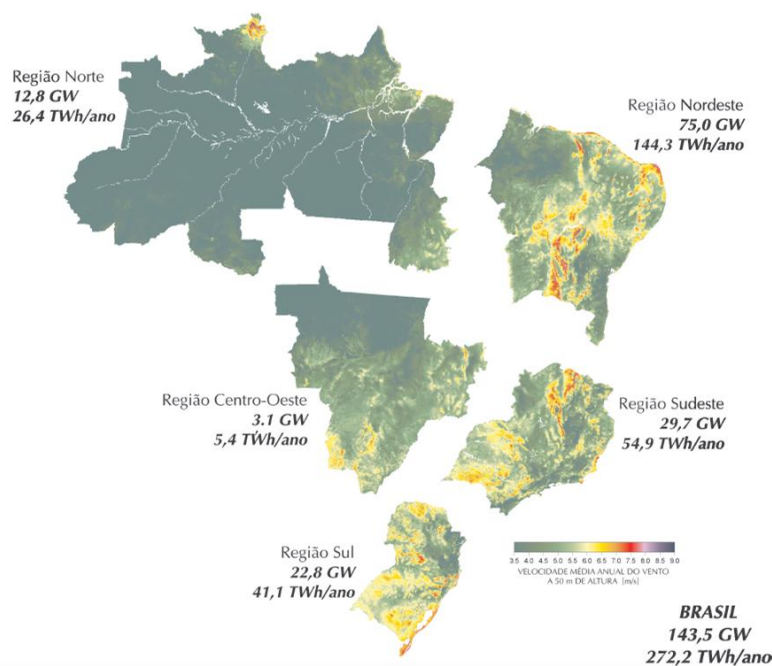


Figura 12 - Potencial Eólico Brasileiro por região
(Fonte: Atlas do potencial eólico brasileiro, 2001.p.43, MME/CRESESB/CEPEL)

No Estado do Rio de Janeiro, conforme divulgado na publicação feita no Atlas Eólico do Estado do Rio de Janeiro [5], a maior parte desse potencial encontrado nas massas de ar em movimento, se encontram concentradas em três áreas, conforme demonstrado na figura 13:

Área 1 – Região do Litoral Norte Sul Fluminense,

Área 2 – Região Cabo Frio, Búzios e Região dos Lagos,

Área 3 – Região Serrana, polígono Pirai, Vassouras e Petrópolis;

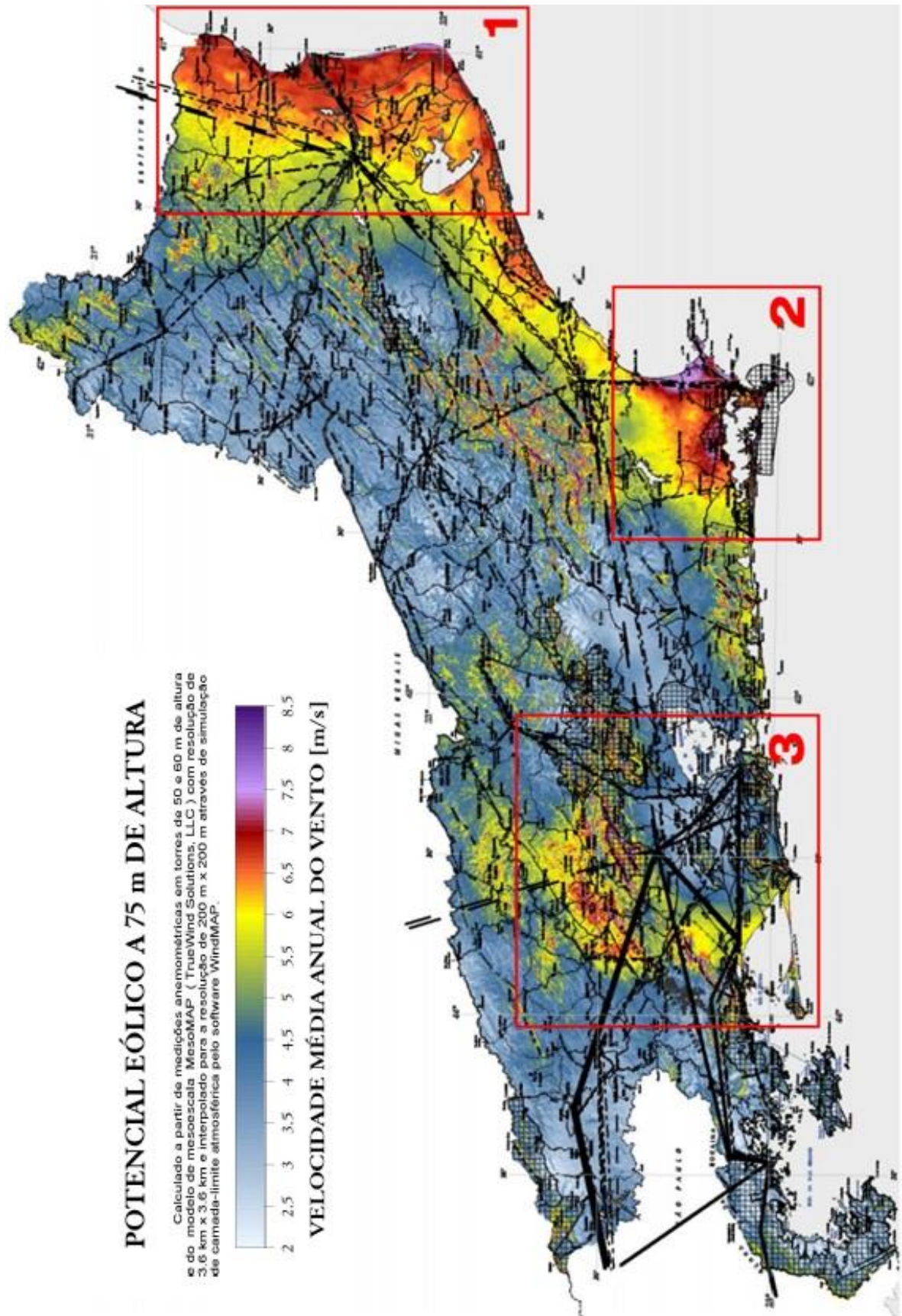


Figura 13 - Potencial Eólico Estado do Rio de Janeiro
(Fonte: Atlas do potencial Eólico do Estado do Rio de Janeiro, 2002.p.32, MME/CRESESB/CEPEL)

Por estarmos perto da área 3, apesar de mais modestos, na região do vale do Paraíba, existe uma capacidade de captação eólica moderada, ideal para produção de energia elétrica em pequena escala, com o uso de pequenos aerogeradores.

2.5.3 TIPOS DE AEROGERADORES

Independentemente da posição do eixo do rotor do aerogerador, todos irão transformar a energia proveniente dos ventos em energia mecânica, que movimentará o rotor de um gerador DC ou AC para produção de eletricidade.

No que diz respeito ao posicionamento do eixo do rotor, existem dois tipos, o de eixo vertical e o de eixo horizontal, cada um com suas características, conforme descrito a seguir.

Rotores de Eixo Vertical

Tem a vantagem de não necessitar de mecanismos de acompanhamento da direção do vento, reduzindo a complexidade do projeto. Podem ser movidos por forças de sustentação ou por forças de arrasto.

Existem três tipos de aerogeradores com eixo vertical, são eles:

Rotor Savonius



Figura 14 - Rotor Savonius
(Fonte:netzeroguide/2017)

Rotor Darrieus



Figura 15 - Rotor Darrieus
(Fonte: evolucaoenergiaeolica/2017)

Rotor H-Darrieus

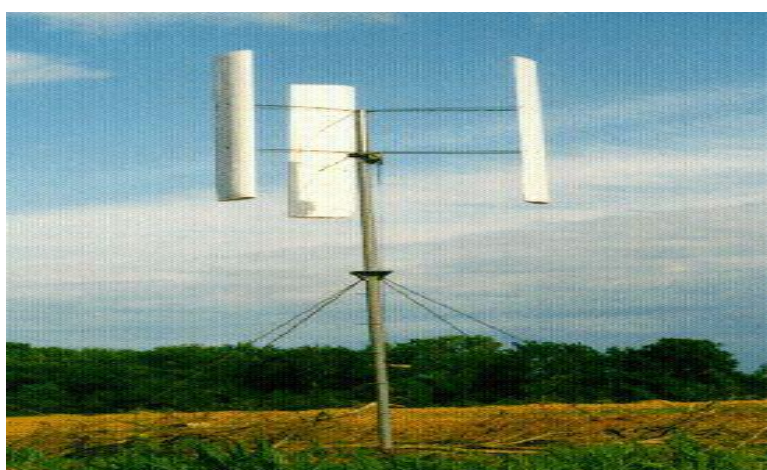


Figura 16 - Rotor H-Darrieus
(Fonte: wind-energy-the-facts.org/2017)

Todos possuem como principais características o baixo ruído, a necessidade de baixas velocidades para iniciar a produção de energia, dimensões reduzidas e baixa potência.






Rotores de Eixo Horizontal

Dentre os tipos de aerogeradores, esse é o mais eficiente, contudo, existe a necessidade de mecanismos complexos para posicioná-lo conforme a direção do vento. Pode se diferenciar pela quantidade das pás:

- Multipás;
- De Três Pás;
- De duas Pás;
- De uma Pá.

De um modo geral, podemos classificar os diversos tipos de aerogeradores conforme as seguintes características: tipos de rotor, eixo, força predominante, velocidade de rotação e torque. Como descrito na tabela 4:

Tabela 4 - Resumo dos Tipos de Aerogeradores

Tipo de rotor	Eixo	Força predominante	Velocidade de rotação	Torque	Carga típica
	horizontal	sustentação	alta	Baixo	gerador elétrico
	horizontal	arrasto	baixa	Alto	bomba hidráulica
	horizontal	sustentação	moderada	moderado	gerador elétrico / bomba hidráulica
	vertical	sustentação	alta	Baixo	gerador elétrico
	vertical	arrasto	baixa	Alto	bomba hidráulica

(Fonte: Energia Eólica – Princípios e Tecnologia - CRESESB - CEPEL)

2.6 SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE POTÊNCIA

2.6.1 INFORMAÇÕES GERAIS

São equipamentos, cujo a principal função, é a de otimizar o controle da geração e do consumo da energia produzida pelo sistema de produtor (Painéis foto voltaicos e Aerogeradores), buscando o maior aproveitamento dos recursos disponibilizados.

Os principais equipamentos eletrônicos que compõem esse sistema são: controladores de carga, inversores de tensão e conversores cc – cc.

2.6.2 CONTROLADORES DE CARGA

O controlador de carga (figura 17) é um dispositivo eletrônico que opera em corrente contínua e que possui como principal função, o gerenciamento de processos de carga e descarga do sistema de armazenamento de energia, composto por baterias.

Em sistemas isolados (off-grid), o controlador de carga é considerado indispensável, haja vista, que sua utilização, permite a otimização do dimensionamento do banco de baterias e do seu carregamento, protegendo assim, a integridade do sistema.

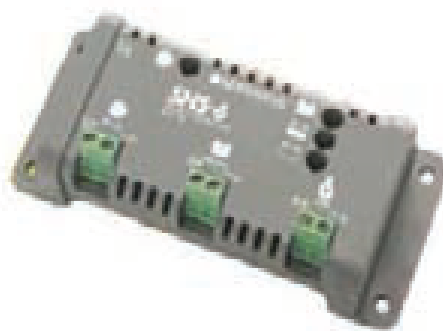


Figura 17 - Controlador de Carga
(Fonte: Soluções Energéticas para a Amazônia
Híbrido BRASIL1a.Ed,2008)

2.6.3 CONVERSOR CC – CC

Dispositivo responsável por controlar de forma precisa, a correntes e a tensões que são aplicadas nas baterias. Outra aplicação desse equipamento é realizada quando necessitamos alterar o valor da tensão CC de entrada, para uma tensão CC de saída específica.

Conforme descrito pelo Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos [7] esses tipos de dispositivo proporcionam isolamento galvânico entre a entrada e saída, característica de grande importância em sistemas com saída de tensão elevada. Assim como SPPM, pode vir integrado nos Inversores de tensão. Na figura 18, demonstramos esse equipamento.



Figura 18 - Conversor CC-CC
(Fonte: Soluções Energéticas para a Amazônia Híbrido
BRASIL1a.Ed,2008)

2.6.4 INVERSOR DE TENSÃO

É um equipamento eletrônico que converte energia elétrica CC em alternada CA, contudo, a tensão convertida CA deverá ter amplitude, frequência e conter harmônicos adequados às cargas que serão alimentadas. Atualmente nesses tipos de equipamentos, existe internamente o dispositivo denominado seguidor de ponto de potência máxima, que tem como função manter a tensão correspondente próximo à tensão de máxima potência. Caso o inversor esteja em um sistema conectado à rede elétrica, a tensão de saída deverá ter a frequência sincronizada a da tensão da rede.

Os inversores podem ser classificados dependendo do seu princípio de operação, sendo dois tipos: comutados pela rede e os autocomutados.

- **INVERSORES COMUTADOS PELA REDE**

Dispositivos de inversão controlados pela fase e pela frequência da tensão da rede, por ser interligado a rede, possuem baixo nível de harmônicos e a forma da amplitude da tensão compatível com a da rede.

No caso de falha na rede por motivos técnicos, todo sistema deixará de funcionar. De um modo geral, esse equipamento injeta uma “carga” na rede, disponibilizando-a tanto para o centro consumidor, quanto para a rede da concessionária.

- **INVERSORES AUTOCOMUTADOS**

Dispositivo, cujo o processo de inversão é realizado pelo próprio inversor, através do controle da fase e frequência da tensão de saída através de um oscilador. Normalmente é utilizado em soluções isoladas da rede (off-grid).

2.7 SISTEMA HÍBRIDO

2.7.1 CONCEITOS BÁSICOS

Em áreas remotas, o fornecimento de energia pela rede elétrica convencional, não existe, devido as dificuldades de acesso e os elevados custos para a construção de subestações, circuitos de transmissão e distribuição, que atenderá apenas uma pequena demanda pontual, ou algumas poucas unidades consumidoras (UCs). Por isso, uma das alternativas para o atendimento dessas cargas isoladas, é o uso de grupos geradores a diesel. Tais unidades de geração são comumente denominadas de sistemas diesel-elétricos.

Contudo, a forma de operar esses sistemas não é algo comum, principalmente nessas áreas afastadas. As principais dificuldades incluem, o custo do óleo combustível, transporte, armazenamento e a necessidade de manutenção constante, principalmente do motor do grupo gerador, além do meio ambiente que é prejudicado com a queima do óleo combustível que produz gases que contribuem para o efeito estufa.

Existem fontes de energia renováveis, que são utilizadas em áreas distantes, tais como a solar (fotovoltaica), a eólica, a hídrica (de pequeno e médio porte), ou a biomassa. Porém, os custos de investimento para instalação de sistemas que utilizam essas fontes são bastante elevados, sendo essencial, uma boa avaliação dos recursos energéticos e de demanda elétrica, para dimensionar o sistema de geração que melhor atenda à necessidade de energia com o menor custo.

Há lugares, aonde se tem a possibilidade de captação de mais de uma fonte renovável, podendo as mesmas, dependendo da aplicação, serem combinadas em um único sistema, que em muitos casos é bem visto economicamente. Essa combinação denomina-se sistema híbrido de energia. Esse sistema é definido como sendo aquele que utiliza mais de uma fonte de energia, que, dependendo da disponibilidade dos recursos, deve gerar e distribuir energia elétrica de forma otimizada e com custos mínimos a uma determinada carga ou a uma rede elétrica, isolada ou conectada a outras redes [8]. Dada a possibilidade de uma fonte suprir a falta temporária de outra, esse tipo de sistema tem capacidade de operar com menor risco de interrupção.

No Brasil o primeiro sistema híbrido corresponde ao sistema eólico-diesel de Fernando de Noronha, no estado de Pernambuco. Esse sistema foi implantado no ano de 1986, sendo composto por uma potência eólica de 75 KW [9].

O projeto tem como finalidade a produção de energia elétrica para que seja disponibilizada na rede da concessionária, de modo que seja gerado crédito para reduzir o gasto com energia elétrica do local da instalação e de outras filiais da empresa.

2.7.2 PRINCIPAIS TIPOS DE SISTEMAS

Existem vários tipos de sistemas híbridos, dentre eles, podemos destacar alguns como os principais:

- **SISTEMA EÓLICO-DIESEL**

A expressão sistema híbrido eólico-diesel refere-se a um sistema de geração de eletricidade baseado nos aproveitamentos eólico e diesel-elétrico operando de maneira combinada, porém não necessariamente em paralelo, com a finalidade de atender a uma determinada carga. Tal sistema híbrido é constituído por um único aerogerador, ou vários (parque eólico), associado a um subsistema de geração diesel-elétrica [10].

- **SISTEMA FOTOVOLTAICO-DIESEL**

Neste sistema, conforme denominação, a disponibilidade do recurso solar é combinada com a diesel-elétrica para geração de eletricidade. A constituição de um sistema híbrido fotovoltaico-diesel é bem semelhante à do sistema eólico-diesel, porém com a diferença de utilizar a combinação (série/paralelo) de módulos fotovoltaicos em vez de aero geradores [11].

- **SISTEMA FOTOVOLTAICO-EÓLICO-DIESEL**

A combinação dos aproveitamentos renováveis solar fotovoltaico e eólico com unidades geradoras a diesel em um único sistema de geração de eletricidade introduz o conceito de sistema híbrido fotovoltaico-eólico-diesel. O sistema em questão opera de maneira similar aos anteriores, porém com a vantagem de incorporar duas fontes renováveis, que atuam permitindo principalmente maior redução do consumo de óleo diesel e, portanto, dos custos referentes ao uso desse combustível, além do aumento da confiabilidade do sistema de geração. [12].

- **SISTEMA FOTOVOLTAICO-EÓLICO**

Um sistema híbrido de geração do tipo fotovoltaico-eólico é baseado nos aproveitamentos solar fotovoltaico e eólico. A combinação dessas fontes procura explorar satisfatoriamente a complementaridade entre ambas no tempo. Uma importante vantagem do sistema híbrido fotovoltaico-eólico é não empregar recursos não renováveis, como, por exemplo o óleo diesel. Entretanto, devido à característica intermitente e aleatória das fontes, faz-se necessário o uso de um sistema de armazenamento de energia de grande porte [13], para driblar esse problema, pode-se utilizar o sistema de geração distribuída (figura 19), que será explicado mais à frente.

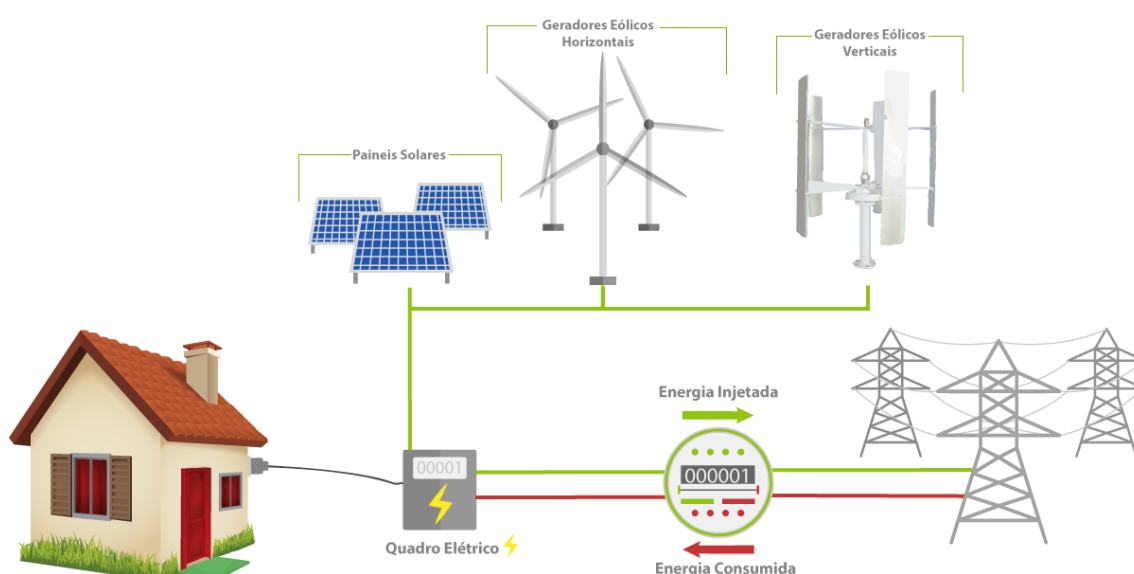


Figura 19 - Sistema Híbrido Fotovoltaico-Eólico Ligado à Rede
(Fonte: <http://www.mrmecon.com.br/energia/>)

2.7.3 COMPLEMENTARIDADE DAS FONTES SOLAR E EÓLICA

Uma das principais desvantagens de sistemas de geração de eletricidade solar e eólica usada individualmente é a intermitência do recurso, que pode ser parcial ou totalmente superada quando são utilizadas em conjunto formando um sistema híbrido. A complementaridade entre as fontes é muitas vezes verificada em alguns locais durante diferentes períodos de tempo, garantindo uma maior confiabilidade ao sistema, além de reduzir consideravelmente a participação do banco de baterias e/ou do grupo gerador a diesel.

O comportamento da radiação solar ao longo do dia é razoavelmente previsível, tendo valores baixos no início da manhã, atingindo um valor máximo próximo ao meio-dia, e decrescendo até o pôr-do-sol. Em contrapartida, o comportamento do recurso eólico é menos previsível, e a possibilidade de obter velocidades maiores em períodos onde o nível de radiação solar é baixo ou inexistente confere ao sistema maior continuidade no que se refere à geração de energia elétrica.

2.7.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS

Tabela 5 - Vantagens e Desvantagens dos Sistemas Híbridos

	Vantagens	Desvantagens
Local de implantação	Recursos energéticos - utilização dos recursos que estão disponíveis no local.	Recursos energéticos - a disponibilidade energética dos recursos precisa ser favorável para geração de eletricidade.
Equipamento e investimento	Flexibilidade - sistemas facilmente ampliáveis, devido à modularidade dos subsistemas de geração.	Investimento inicial - bastante elevado em face da necessidade da importação dos principais equipamentos de geração.
Operação e manutenção	Sistemas independentes - não precisam estar ligados à rede de energia elétrica convencional. Confiabilidade - pouca necessidade de manutenção para as tecnologias de geração renovável e sua redução para os sistemas diesel-elétricos de pequeno porte. Geração - proximidade da carga a ser atendida (forma de geração descentralizada). Qualidade de energia - qualidade maior da energia fornecida, em comparação com a diesel-elétrica.	Sistema de armazenamento - necessidade de armazenamento de energia, em função da intermitência das fontes primárias. Baterias - ciclo de vida relativamente curto comparado aos demais equipamentos do sistema. Sistema de controle - pode ser bastante complexo, dependendo do porte do sistema.
Questões ambientais	Sistema comissionado - ambientalmente benigno, dado o baixo nível de emissão de CO ₂ e outros gases, comparado à geração exclusivamente a partir de combustíveis fósseis.	Baterias - descarte e reciclagem das baterias são pontos fracos. Porte do sistema - para sistemas de grande porte tem-se a ocupação de grandes áreas (arranjo fotovoltaico), além do aspecto visual (aerogeradores).
Organização	Usuários - completamente adaptável às necessidades energéticas dos usuários.	Usuários - necessidade de maior envolvimento do usuário com os sistemas durante e após a implantação, através do uso racional da energia.

(Fonte: Soluções Energéticas para a Amazônia Híbrido BRASIL 1a.Ed,2008)

3 ESTUDO DE CASO

3.1 DESCRIÇÃO DO CASO-EXEMPLO

Nesse estudo, será utilizado como caso-exemplo a filial da AAPVR, Sede Campestre Carombert Rocha Faria, analisando o perfil de consumo de energia elétrica da unidade consumidora, baseando-se nos dados das fontes, fotovoltaica e eólica do local, endereço: RJ-141, 4600, Pinheiral - RJ, 27197-000 coordenadas geográficas 22.530148° S, 43.965284° N. (Figura 20).



Figura 20 - Sede Campestre - AAPVR

Fonte:

https://maps.nrel.gov/swera/#/?aL=gdkS7E%255Bv%255D%3Dt&bL=swOII_&cE=0&IR=0&mC=-22.52830503618714%2C-43.966147899627686&zL=17
(Acesso 09/09/17)

O objetivo é a produção de energia elétrica utilizando o sistema On Grid (Grid Tie), de modo a atender o consumo da unidade, fornecendo a produção excedente de energia através do sistema de compensação de crédito com outras unidades da empresa, instaladas na área de concessão da concessionária local (Light).

Serão dimensionados dois sistemas, um sistema fotovoltaico e um sistema híbrido, comparando os respectivos tempos de retorno de investimento, determinando assim o mais adequado para características da região.

3.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para iniciarmos o dimensionamento de nosso projeto foram feitas uma avaliação preliminar dos recursos solar e eólico disponível utilizando dados do INMET e CRESESB de acordo com as coordenadas geográfica do local.

Isso fez com que no primeiro momento iniciemos o projeto pela sua porção fotovoltaica.

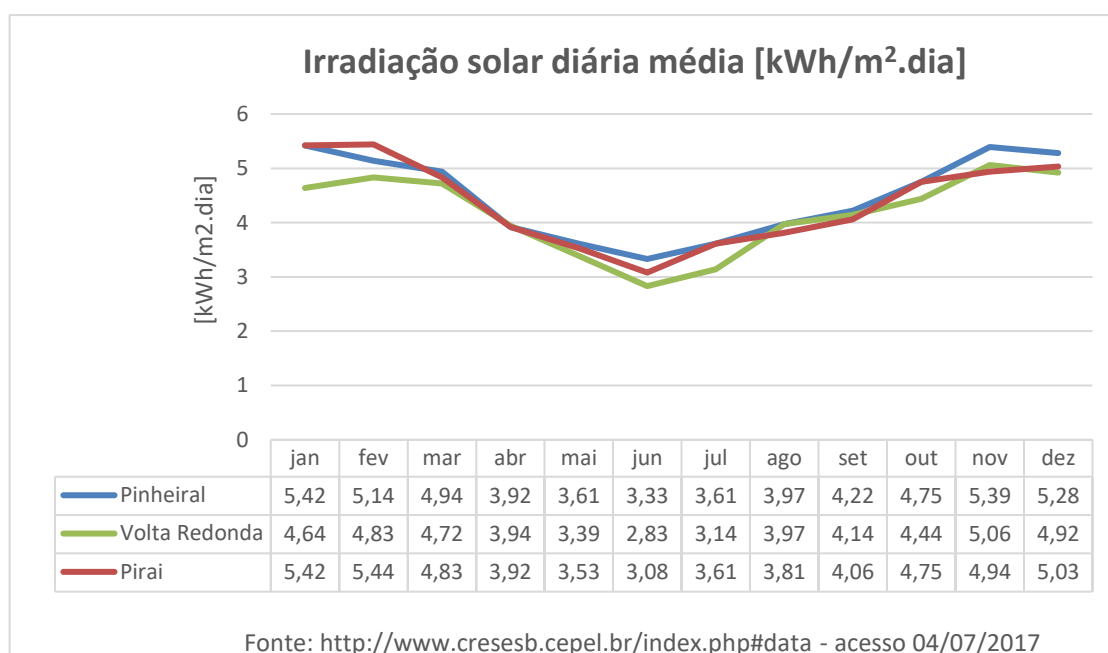
Conforme indicado pelo manual de engenharia fotovoltaica [14], devem ser seguidos algumas etapas para confecção de um projeto fotovoltaico.

- Estudo do recurso solar disponível no local de sua instalação;
- Definição da localização e configuração do sistema;
- Levantamento da demanda e consumo de energia elétrica
- Dimensionamento do Gerador fotovoltaico;
- Dimensionamento dos equipamentos de condicionamento de potência;
- E um estudo de viabilidade técnica do projeto.

3.3 AVALIAÇÃO DO RECURSO SOLAR

Nas estimativas de produção de energia elétrica por um projeto fotovoltaico deve-se levar em conta os dados de radiação solar e temperatura na posição geográfica do local de instalação. De modo geral a relação entre produção de eletricidade e a irradiação horária determina quanto de energia será produzida pelo sistema.

Através do site do CRESESB [15], utilizando as coordenadas geográficas, 22.530148° S, 43.965284° N do local para instalação da usina fotovoltaica, os seguintes dados de irradiação solar média da cidade de Pinheiral foram gerados, como podemos ver no gráfico abaixo (figura 21), constatamos também que a cidade é a que tem melhor irradiação em comparação com Volta Redonda e Pirai.



**Figura 21 - Irradiação Solar Média
(Fonte: CRESESB)**

Isso nos dá um valor médio de irradiação de 4,47 kWh/m².dia para cidade de Pinheiral que está aproximadamente à 5 Km de distância do local de instalação, contudo, esses valores são uma média dos valores da irradiação no plano horizontal, ou seja, com 0° de inclinação.

Analisando o próximo gráfico (figura 22), iremos verificar que conforme foi alterado o ângulo de inclinação, através de estudos do CRESESB, é obtido melhores valores de irradiação:

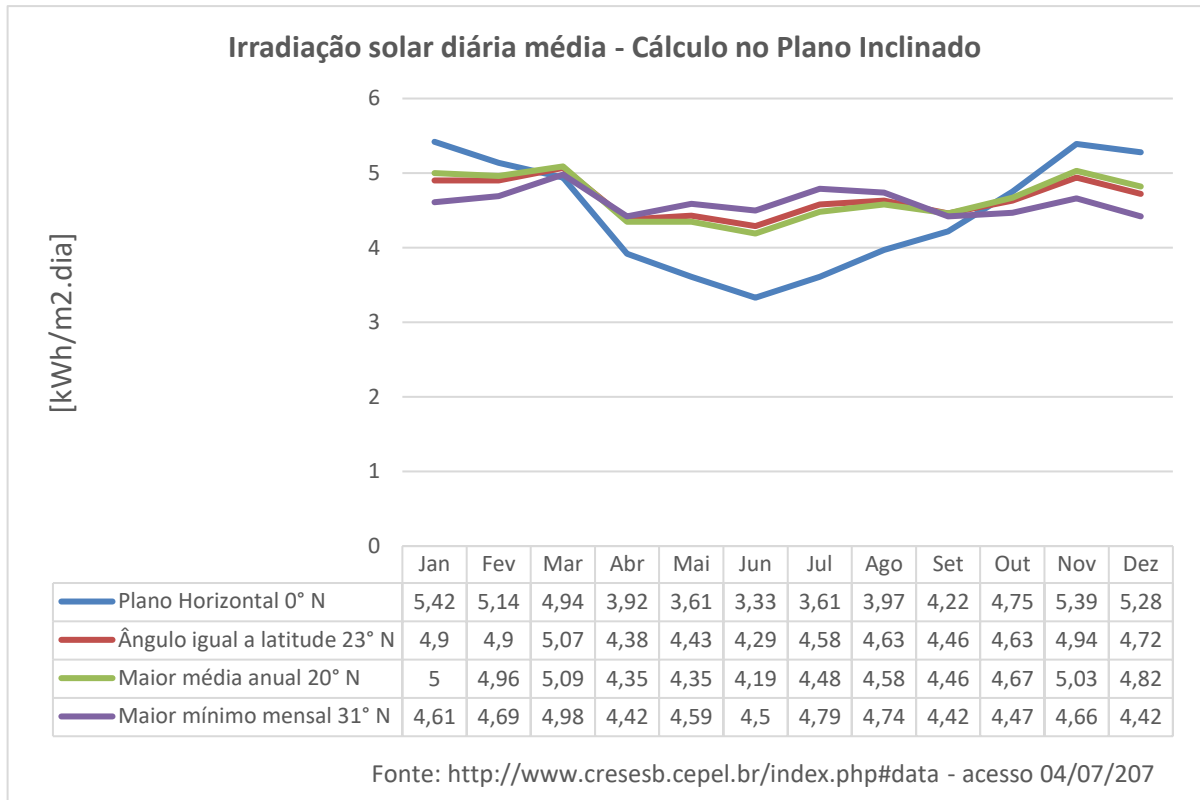


Figura 22 - Irradiação Solar Diária Média – Cálculo Plano Inclinado
Fonte:(CRESESB)

Como verificado, o ângulo onde obtemos os maiores valores de irradiação ao longo ano é o de Maior Média Anual (20°) em relação ao Norte.

Isso nos dá um valor médio de irradiação de 4,66 KWh/m².dia para cidade de Pinheiral, porém para calcularmos o projeto fotovoltaico, utilizaremos os valores do mês de junho (4,19KWh/m².dia), que seria o pior cenário de geração como valor base.

3.4 DEFINIÇÃO DA LOCALIZAÇÃO E CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA

Na figura 23, temos uma imagem aérea com destaque para o ponto de instalação disponível para o sistema:



Figura 23 - Área para instalação do sistema

Fonte: Acesso 14/10/17 - <https://www.google.com/maps/@-22.5294346,-43.9667228,378m/data=!3m1!1e3?hl=pt-BR>

3.5 PROJETO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

A energia a ser produzida, será definida pela média mensal do consumo da unidade da AAPVR durante um ano, deduzido o valor em KW/h do custo de disponibilidade do sistema (30KW), dividido por trinta. Dessa forma construiremos a tabela 6, abaixo:

Tabela 6 - Consumo Médio Unidades Aapvr

Período	Sede Campestre
Julho/16	3942 KW
Agosto/16	4247 KW
Setembro/16	4948 KW
Outubro/16	5326 KW
Novembro/16	7160 KW
Dezembro/16	6084 KW
Janeiro/17	5184 KW
Fevereiro/17	4599 KW
Março/17	6771 KW
Abril/17	4958 KW
Maior/17	3806 KW
Junho/17	3413 KW
Passível de geração (KWh/mês)	5007
Consumo diário (KW/h)	167

(Fonte: Autores)

Para se fazer uma estimativa da potência nominal do sistema, deveremos agora dividir o consumo médio (CMD) pelo menor HSP multiplicado PR (Performance Ratio), que demonstra o rendimento global de um sistema fotovoltaico [16] conforme Equação 1:

Equação 1 – Cálculo da Potência Nominal do Sistema Fotovoltaico

$$P_{SFV} = \frac{C_{MD}}{HSP_{min} * PR}$$

Onde:

P_{SFV} – Potência Nominal do Sistema Fotovoltaico em (Wp)C_{MD} – Consumo médio Diário (Kwh/dia)HSP_{min} – Horas de Sol Pleno Mínimo (horas)

PR – Performance Ratio

Para achar o HSP basta dividir a irradiação média do local de menor valor (4,19 KWh/m².dia) (figura 22) por 1KW/m² multiplicado por PR de 0,75 que é valor aceitável, conforme indicado na publicação [17].

Fazendo os cálculos ficou determinado o valor de 53,1KWp de potência nominal (P_{SFV}).

Para estimar a produção de energia é utilizada a equação 2 abaixo:

Equação 2 – Cálculo da Energia Gerada

$$E_G = P_{SFV} * \frac{HSP * PR}{G}$$

Onde:

E_G – Energia Gerada

P_{SFV} – Potência Nominal do Sistema Fotovoltaico em (Wp)

HSP – Horas de Sol Pleno (retirado da figura 24, variação anual)

PR – Performace ratio - 0,75

G - Irradiância nas condições padrão de teste (1kWh/m²)

N_D – Número de dias

O ângulo de inclinação escolhido foi de 20°, com isso a estimativa de produção de energia mensal é descrita na tabela 7:

Tabela 7 - Unidade Consumidora Sede Campestre

Período	Estimativa de produção mensal (KWh)
Janeiro/17	5974
Fevereiro/17	5927
Março/17	6082
Abril/17	5198
Maio/17	5198
Junho/17	5007
Julho/16	5353
Agosto/16	5472
Setembro/16	5329
Outubro/16	5580
Novembro/16	6010
Dezembro/16	5759

Fonte: Autores

Com os dados contidos na tabela 6 e tabela 7, foi possível construir o gráfico abaixo, figura 24, comparando o consumo da unidade consumidora no último ano com a energia elétrica que poderá ser gerado pelo sistema.

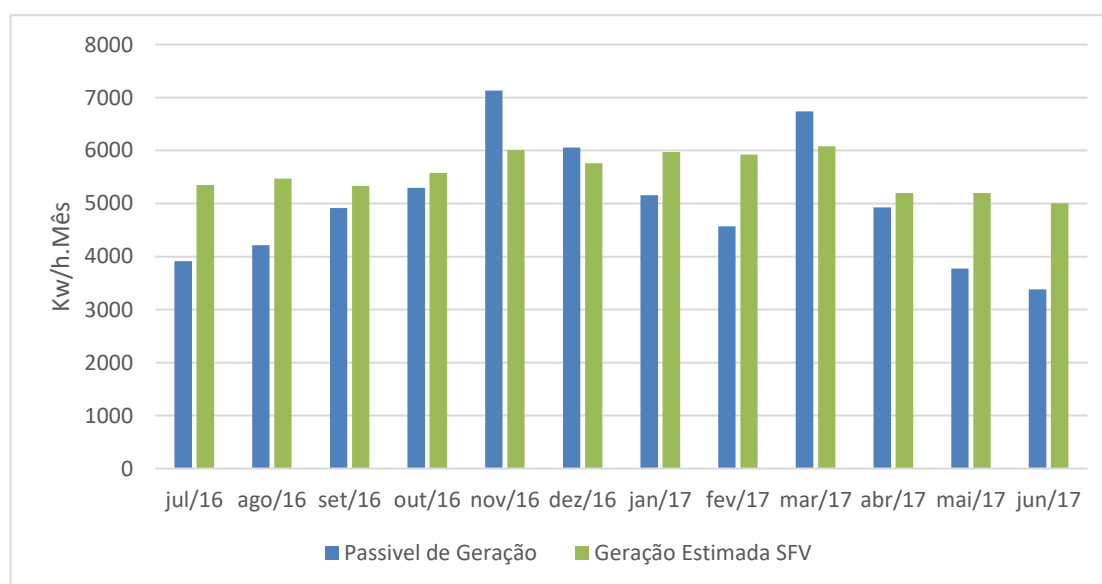


Figura 24 - Comparativo entre a energia gerada e energia consumida em um ano
Fonte: Autores

3.6 ESCOLHA DOS EQUIPAMENTOS DO SISTEMA

Para escolha do painel fotovoltaico, foi levado em conta a potência nominal do módulo fotovoltaico, sua eficiência e preço.

Em posse das informações coletadas do site [18], foi escolhido o Painel Solar Fotovoltaico da GLC (anexo 1) de 325 Wp (PPainel), eficiência de 16,7% e custo estimado (sem frete) de R\$ 719,00, (figura 25).

The image shows a screenshot of the NeoSolar website. The header includes the NeoSolar logo and navigation links: A NEOSOLAR, CALCULADORA SOLAR, CURSOS, and LOJA. Below the header is a search bar and a shopping cart icon indicating 'O seu carrinho está vazio'. The main content area features a sidebar menu with categories like Promoção, Liquidacao, Carro Elétrico, Painéis Fotovoltaicos, Kits Energia Solar, Inversores, Controladores, Estruturas / Montagem, Baterias, and Iluminação. The main product display shows a solar panel with the following details: 'Painel Solar Fotovoltaico GCL-P6/72 325Wp', model number '10000313', and a price of 'por: R\$719,00'. It also mentions 'em até de 3X de R\$ 239,67 sem juros' and 'à vista: R\$ 690,24 no Boleto (4% desconto)'. A 'COMPRAR' button is prominently displayed at the bottom right of the product section.

Figura 25 - Custo Inversor Solar
Fonte: <http://www.comerciosolar.com.br>

A escolha de um painel de potência maior se deu devido a possibilidade da redução da área necessária para instalação dos painéis, por conta da quantidade menor de painéis necessários.

Para calcularmos a quantidade de módulos necessários, basta dividir a PSFV nominal (determinado com equação 1), pela potência do painel escolhido (PPainel= 325Wp), conforme a Equação 3 abaixo:

Equação 3 - Cálculo do Número de Painéis Fotovoltaicos

$$N_P = \frac{P_{SFV}}{P_{Painel}} =$$

Onde:

N_p = número de painéis fotovoltaicos;

P_{SFV} = potência nominal do sistema fotovoltaico;

P_{Painel} = potência nominal do painel fotovoltaico;

Utilizando essa fórmula nos dá o resultado de 163 painéis, que irá ocupar aproximadamente uma área de 266m².

Uma vez escolhido o tipo de painel e a quantidade de painéis a serem utilizados, o inversor é escolhido através da seguinte equação 4:

Equação 4 – Cálculo da Potência Nominal do Inversor

$$0,7 \times P_{SFV} < P_{INV} < 1,2 \times P_{SFV}$$

Onde:

P_{SFV} – Potência Nominal do Sistema Fotovoltaico em (Wp)

P_{INV} = Potência Nominal do Inversor (W)

Com isso a potência nominal do inversor deverá estar entre 70% e 120% da potência nominal do Sistema Fotovoltaico.

Com a potência de 53,1KWp teremos os seguintes dados:

$37KW < P < 64KW$

O inversor escolhido deverá estar com sua potência dentro dessa faixa, foi escolhido no site [19], Inversor Solar ON-GRID 40000W / 480V com 2 MPPT - Ingeteam 40 TL M (anexo 2) no valor de R\$32.224,36 (figura 26) que pode suporta uma potência máxima de saída de 53KW.

SEJA BEM-VINDO(A)! | MINHA CONTA | MEUS FAVORITOS | ENTRAR

Faça aqui a sua busca...

Comércio Solar (47) 3025-2700 | FALE CONOSCO

INÍCIO | KIT GERADOR SOLAR | PAINÉIS | **INVERSORES** | CONTROLADORES DE CARGA | BATERIAS | ESTRUTURAS | ACESSÓRIOS

Início > Inversores > Inversor Solar ON-GRID 40000W / 480V com 2 MPPT - Ingeteam 40 TL M

Inversor Solar ON-GRID 40000W / 480V com 2 MPPT - Ingeteam 40 TL M

★★★★★

Inversor Solar ON-GRID Ingeteam 3Play (40000W / 480V com 2 MPPT - Versão "ST")

R\$32.224,36 Cód: P0074 Disponibilidade: Em estoque

em 12x de R\$3.045,25 com juros

Veja aqui outras Formas de Parcelamento

à vista no boleto ou depósito com % de desconto.

Avisar um Amigo

Frete Gratis
Para região Sul, Sudeste e Centro-oeste.

Figura 26 – Custo do Inversor Solar
Fonte: <http://www.comerciosolar.com.br>

Devido ao quantitativo de painéis necessários, no projeto optou-se pela instalação dos mesmos em suporte de chão de alumínio para 4 painéis (figura 27) , encontrados no site [20] , com custo estimado de R\$ 950, sem frete.

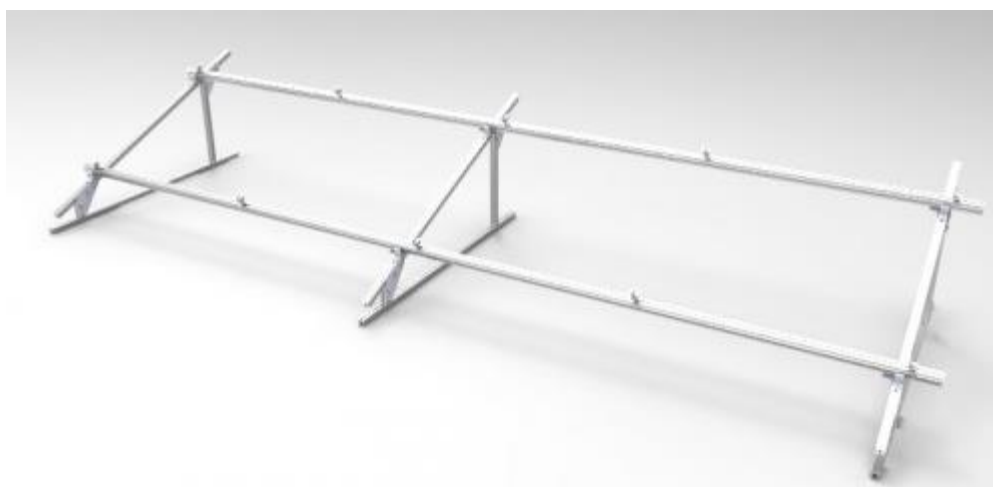


Figura 27 - Suporte de Chão para Painéis Fotovoltaicos
(Fonte: <https://loja.forsetisolucoes.com.br>)

Conforme indicado no Edifícios Solares Fotovoltaicos [21], podemos estimar o custo do sistema fotovoltaico da seguinte forma (figura 28):

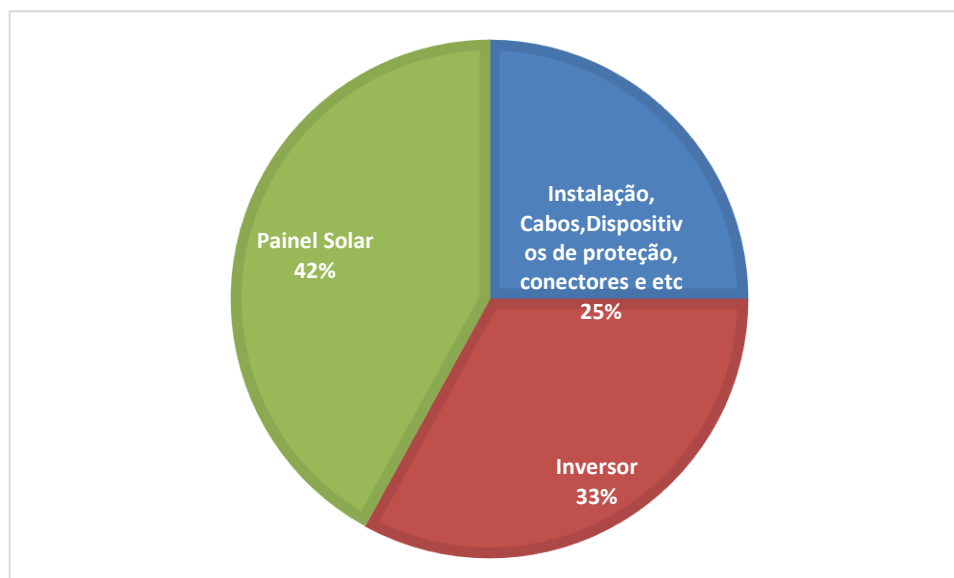


Figura 28 - Estimativa do Custo do Sistema Fotovoltaico
(Fonte: Adaptado do Edifícios Solares Fotovoltaicos, 1º Ed. 2004, pág. 43)

Contudo com o avanço da tecnologia, verificamos um queda gradativa do custo dos equipamentos fotovoltaicos, porém, não observado nos equipamentos passivos (suporte, cabos, etc). Para cálculo do dimensionamento do sistema, será utilizado 25 % do total a ser gasto com os equipamentos descritos acima (painel, inversor e suporte de chão) será para mão-de-obra de instalação e demais custos para implementação do sistema que não foram orçados.

Analisando a figura 29, verificamos a relação do que foi consumido pela unidade e o que foi produzido pelo sistema híbrido:

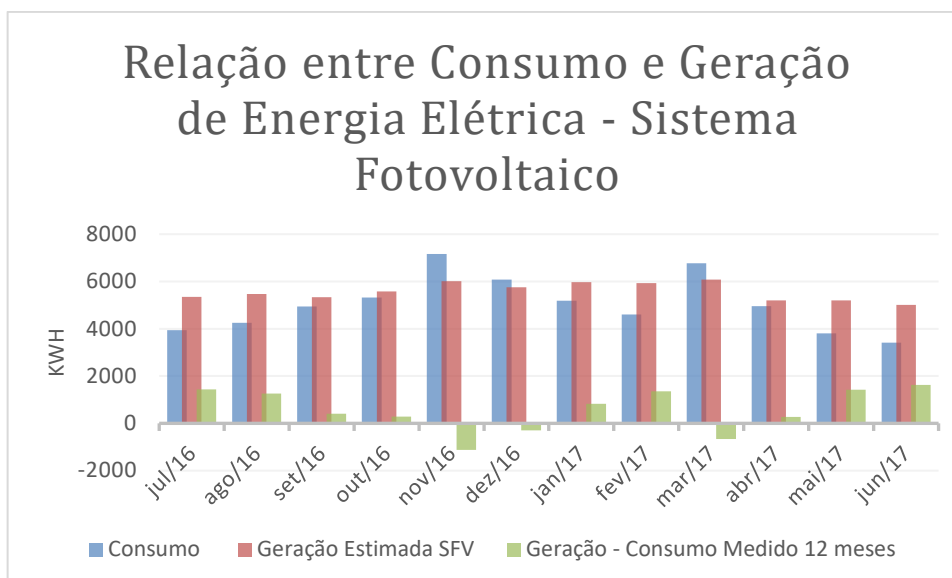


Figura 29 - Relação entre Consumo e Geração de Energia Elétrica
Fonte: Autores

Notamos, que somente em três meses a planta não geraria energia suficiente para alimentar a unidade consumidora, contudo, ainda assim, a estimativa de produção excedente é da ordem de 6.810,75 KWh no ano, que poderão ser deduzidos do consumo de outras unidades consumidoras da empresa.

Tabela 8 - Lista de Materias e seus Valores

Estimativa do investimento	Investimento	Unidade
Painel SFV	R\$ 117.485,21	163
Inversor	R\$ 32.224,36	1
Suporte fixo piso horizontal	R\$ 38.807,70	41
Instalação, cabos, conectores e etc	R\$ 47.129,32	1
Total	R\$ 235.646,59	

(Fonte: Autores)

3.7 AVALIAÇÃO DO RECURSO EÓLICO

Como descrito por José Arnaldo Villamarim Júnior [22], a avaliação técnica do potencial eólico exige um conhecimento do comportamento dos ventos. Tal análise além de complexa, para nível de confiabilidade satisfatório de alguns anos de análise

do comportamento dos ventos no locais cujo há interesse em se aproveitar esse recurso.

De modo geral essas informações vem de órgãos governamentais nacionais como CEPEL, CRESESB, INMET, internacionais como NASA e privadas como CLIMATEMPO, onde essas informações são disponibilizadas de graça ou compradas. Além de publicações da ANEEL e do meio acadêmico.

Esses dados, no geral são obtidos de estações meteorológicas espalhadas em com uma resolução de 1Kmx1Km a uma altura de 50m. Os parametros disponibilizados são: velocidade média sazonal do vento em m/s, fatores C e K da distribuição de Weibull sazonal do vento.

A energia eólica é considerada tecnicamente aproveitavel se sua densidade for maior ou igual 500 W/m², uma altura de 50 metros com velocidades médias de 7 á 8 metros por segundo [23].

A potência contida no vento é em função da densidade do ar que, determinada pela temperatura e pressão de uma dada região em uma determinada altura em relação ao solo [24].

Na Região no qual desejamos implementar o sistema híbrido eólico fotovoltaico com as seguintes coordenadas: 22.530148° S, 43.965284° N, através do site do CRESESB [25] conseguimos os seguintes dados eólicos contidos na Tabela 10 e na figura 30:

Como descrito por Eudes Klockner Matter [26], a partir de uma determinada distância do solo, nestas alturas o vento é afetado diretamente por forças de atrito que provoca diminuição de sua velocidade, com isso, a intensidade dos ventos é reduzida.

A tabela 9 apresenta as diferentes características do terreno através do coeficiente de atrito:

Tabela 9 - Coeficiente de atrito para distintos terrenos

Característica do terreno	Coeficiente de Atrito (α)
Terreno firme, águas calmas	0,10
Gramma alta em terreno plano	0,15
Plantações e arbustos altos	0,20
Florestas e muitas árvores	0,25
Vilas com árvores e arbustos	0,30
Grandes cidades com edifícios altos	0,40

(Fonte: Adaptado do Dimensionamento e Simulação de um perfil aerodinâmico para um aerogerador de eixo vertical, Eudes Klockner Matter, 2014, pág.15)

Com essa tabela é possível estimar a velocidade média do vento em uma determinada altura através da Equação 5 [27]:

Equação 5 - Cálculo de Velocidade Média do Vento em determinada altura

$$V = V_0 \left(\frac{H}{H_0} \right)^\alpha$$

Onde:

V – Velocidade média em uma determinada altura que deseja estimar;

V₀ – Velocidade Média do vento;

H₀ – Altura;

H – Altura estimada;

α – Coeficiente de Atrito;

Tabela 10 - Velocidades Médias do Vento

Atlas do Potencial Eólico Brasileiro		Dados de vento a 50 m de Altura				
Grandeza	Unidade	Dez Fev	Mar Mai	Jun Ago	Set Nov	Anual
Velocidade média do vento	m/s	4	3,62	4,62	4,05	4,07
Fator c		4,5	4,07	5,21	4,56	4,58
Fator k		1,82	1,82	1,97	1,82	1,85
Densidade de potência	W/m ²	83	61	117	86	87

(Fonte: CRESESB 2017)

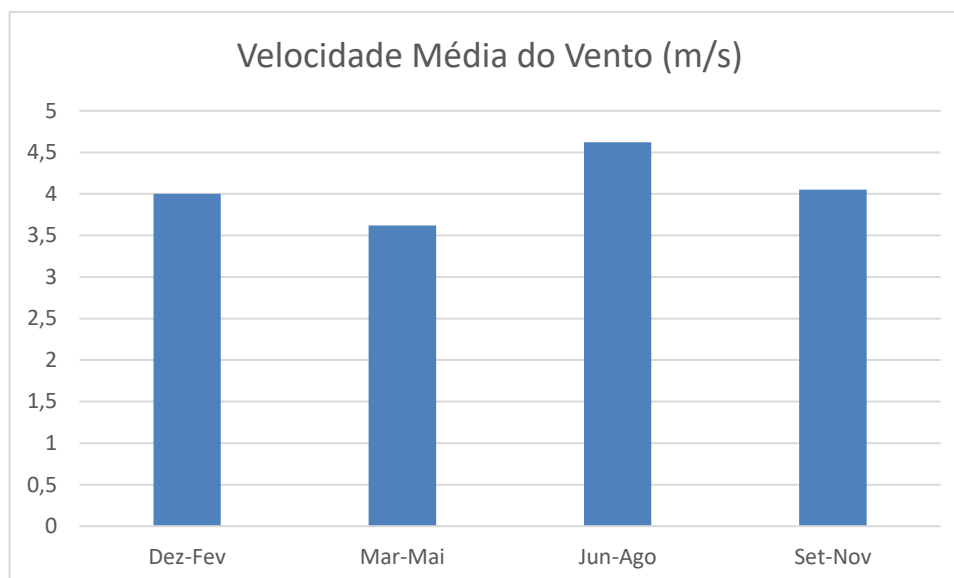


Figura 30 - Velocidade Média Sazonal do Vento a 50 metros de altura
(Fonte: CRESESB 2017)

Para a caracterização do padrão do ventos na região foram obtidos dados meteorológicos no site do INMET, de uma estação próxima do local da instalação (estação Valença), conforme informado pelo próprio órgão governamental os dados são colhidos a uma altura de 10 metros, a taxa de amostragem é de 1 segundo, com relatórios meteorológicos usam valores médios de 10 minutos.

Esses dados foram analisados para obter as classes de velocidade, que possibilitaram a caracterização do vento na região (figura 31).

Os dados compactados, estão divididos por período de 0 horas até 23 horas totalizando 24 horas. O periodo observado foi de janeiro á setembro de 2017.

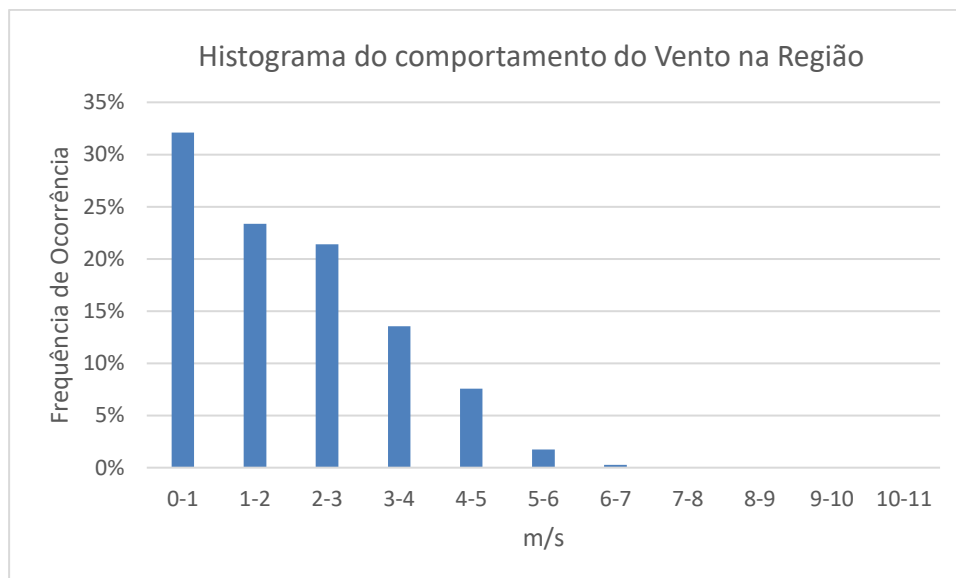


Figura 31 - Histograma do comportamento do Vento na Região
(Fonte: INMET 2017)

3.8 PROJETO DO SISTEMA EÓLICO

A avaliação do potencial eólico exige um conhecimento profundo do comportamento do vento na região na qual deseja-se instalar as turbinas eólicas.

Para o dimensionamento de um sistema eólico de pequeno porte, devemos definir o tipo de tecnologia a ser utilizada. No caso do nosso projeto, a idéia é interligar as turbinas diretamente na rede (sistema on-grid).

Para tal deveremos primeiro definir a turbina a ser utilizada e fazer uma simulação, com os dados colhidos de seu comportamento, visando assim estimar a energia elétrica gerada pelo sistema. Devido as características do vento na região iremos simular o uso de dois tipo de turbinas eólica: uma com eixo vertical e outra de eixo horizontal.

A turbina escolhida de eixo horizontal é o modelo 442SR do fabricante (Xzeres), com custo estimado de \$ 36.000,00, mostrada na figura 32, com potência nominal de 10KW:



Figura 32 - Aerogerador Xzeres 442SR
(Fonte: <http://www.energiapura.com/aerogerador-xzeres-442sr-10-kw>)

O aerogerador acima possui as seguintes características e especificações técnicas (tabela 11) e curva de carga (figura 33):

Tabela 11 - Características e Especificações Técnicas

Modelo	442SR
Tipo	Eixo Horizontal
Diâmetro do rotor	7,2 metros
Peso da Torre	1045 Kilogramas
Número de lâminas	3 pás, Upwind
Material do corpo	Aço Fundido de Alta Qualidade
Velocidade do vento para geração	2,5 m/s
Potência nominal	10,4 kW a (11 m/s)
Potência MÁXIMA	12,2 Kw
Vida Útil	Superior a 10 anos
Área Varrida	41m ²
Classe da Turbina	Classe 2
Tipo de Gerador de Energia (alternador)	3 fases, neodímio ímã permanente

(Fonte: <http://www.energiapura.com/aerogerador-xzeres-442sr-10-kw>)

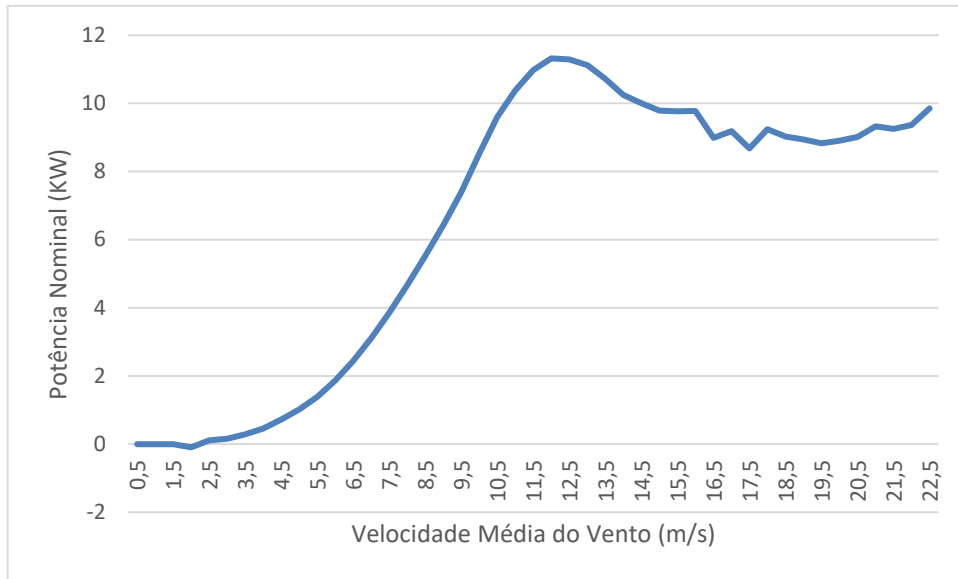


Figura 33 - Curva de Carga do Aerogerador
(Fonte: Manual do Fabricante)

Para podermos determinar a potência gerada pelo aerogerador, conforme José Arnaldo Villamarim Júnior [28], utilizando a equação 6 e os resultados obtidos são demonstrados na Tabela 12:

Equação 6 - Cálculo da Potência gerada pelo Aerogerador

$$Eg = \sum_{j=1}^I Pe(mj) f_j \Delta t$$

Onde:

Eg – Energia Gerada pelo Aerogerador;

Mj – ponto médio das velocidades ocorridas no intervalo j;

Pe – potência elétrica gerada na ocorrência de velocidade mj;

Fj – frequência de ocorrência de um determinado intervalo de velocidades do vento;

Δt – intervalo de tempo de amostragem das velocidades do vento;

J – intervalo, que varia de 1 a I, que é o número total de intervalos de ocorrências de velocidade de ventos;

O intervalo de tempo escolhido foi mensal ou seja 720 horas.

Tabela 12 - Energia Gerada Mensal Média

Velocidade do vento por Intervalo	Frequência de ocorrência	Potência do Aerogerador	Intervalo de tempo (At)	Potência Gerada
j (m/s)	fj (%)	(KW)	(horas)	
0-1	32,00	-	720,00	-
1-2	23,00	-	720,00	-
2-3	21,00	0,112	720,00	16,93
3-4	14,00	0,285	720,00	28,73
4-5	8,00	0,721	720,00	41,53
5-6	2,00	1,389	720,00	20,00
6-7	0,28	2,443	720,00	4,97
7-8	0,02	3,862	720,00	0,44
8-9	-	-	720,00	-
9-10	-	-	720,00	-
10-11	-	-	720,00	-
Mês tem 720 horas, altura da torre 30 metros			Total Mensal (KW)	112,60
			Total Diário (KW)	3,75

(Fonte: Autores)

Devido as características eólicas do local escolhido para instalação, verificamos que a produção de energia da turbina escolhida foi aquém do esperado. Isso já era esperado devido a análise da figura 30 e do Histograma de velocidade dos ventos na figura 31.

Devido a baixa produção de energia elétrica que aerogerador poderia gerar, a proporção de produção de energia eólica seria muito pequena, precisando de vários aerogeradores.

3.9 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA HÍBRIDO

3.9.1 BALANÇO ENERGÉTICO ENTRE FONTES

Conforme descrito na publicação, Soluções Energéticas para a Amazônia [29], para determinar a participação de cada fonte renovável no sistema híbrido, há necessidade da avaliação, simulando diversos cenários com configurações diferentes, alterando as quantidades de aerogeradores e módulos fotovoltaicos, considerando as perdas dos dispositivos estimando a potência elétrica entregue pelo sistema.

Um critério importante é verificar qual fonte renovável tem o custo do (\$/KWh) mais barato, incluindo o custo do equipamento, custos de sua implementação, operação e manutenção.

O percentual de participação da geração renovável no sistema híbrido em um determinado período é dado pela equação 7:

Equação 7 - Percentual de participação da geração renovável

$$Pp = \frac{E_{ren}}{E_{demanda}} \times 100\%$$

E_{ren} – energia proveniente da geração renovável;

$E_{demanda}$ – energia solicitada pela carga;

Efetuada algumas simulações chegamos ao seguinte resultado, demonstrado na Tabela 13:

Tabela 13 - Participação de fontes renováveis

Eólico (2 turbinas)	4%
Fotovoltaico (156 módulos)	96%

(Fonte: Autores)

Devido à baixa produção de energia eólica e o alto custo do equipamento, que é importado, a energia produzida pelo sistema foi utilizada para reduzir a demanda diária da unidade consumidora, com isso o dimensionamento do sistema fotovoltaico, obteve redução nos números de módulos fotovoltaicos.

A proporção eólica ficou com 7,5 KWp da demanda diária, com isso o sistema fotovoltaico teve sua potência nominal reduzida para 50,72 KWp que iram gerar 159 KWp diários. Utilizando o site Tributando [30], foi possível fazer uma estimativa do custo da turbina eólica.

Analisando a figura 34, verificamos a relação do que foi consumido pela unidade e o que foi produzido pelo sistema híbrido:

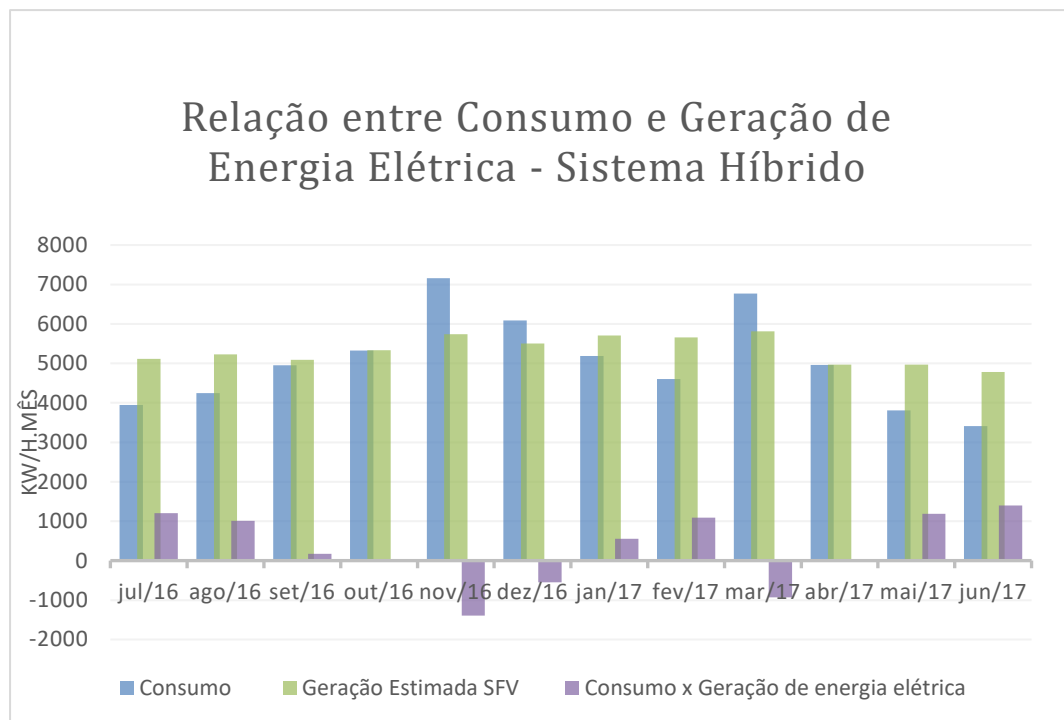


Figura 34 - Relação entre Consumo e Geração de Energia Elétrica
(Fonte: Autores)

Notamos que somente em três meses a planta não gerou energia suficiente para alimentar a unidade consumidora, contudo ainda sim a estimativa de produção excedente de 3.804 KWh no ano que poderão ser deduzidos do consumo de outras unidades consumidoras da empresa.

O Custo total do sistema ficou conforme descrito na Tabela 14

Tabela 14 - Lista de materiais e seus Valores

Estimativa de custo	Investimento	Unidade
Painel SFV	R\$ 112.205,24	156
Inversor grid tie fotovoltaico	R\$ 32.224,36	1
Suporte fixo piso horizontal	R\$ 37.063,62	39
Turbina eólica	R\$ 468.342,48	2
Instalação/mastros/cabeamento /conectores e etc	R\$ 162.458,93	1
Total	R\$ 812.294,63	

(Fonte: Autores)

3.10 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA (PAYBACK)

Para nosso projeto iremos levar em consideração a análise do tempo de retorno de investimento denominado Payback simples (PS) [31], conforme equação 8:

Equação 8 - Payback Simples (PS)

$$PS = \frac{I_0}{R}$$

Onde:

I_0 – Investimento inicial;

R – Montante de retorno sobre o investimento;

A unidade consumidora está classificada no grupo A4, contudo em nossos cálculos foi usado a tarifa de R\$0,85 KW/h, tarifa essa cobrada no subgrupo média tensão que é utilizada na maioria das unidades da empresa. Iremos realizar um acréscimo anual na tarifa de energia elétrica de 8% referente a média do IGPM (Índice Geral de Preços do Mercado) dos últimos 17 anos. Foi considerado um período de vida útil de 20 anos dos sistemas, um decréscimo de 1% na eficiência dos painéis fotovoltaico e considerado o custo de manutenção do sistema, que contém manutenção preventiva e corretiva, que segundo Guilherme Henrique Alves [32], tem custo de 1% do montante do investimento anual.

Pela tabela 15 é possível visualizar o valor da energia elétrica ao longo do período de projeção do projeto.

Tabela 15 - Reajuste Anual de Tarifa

Período	Ano	Tarifa
		(Reais)
0	2017	R\$ 0,85
1	2018	R\$ 0,92
2	2019	R\$ 0,99
3	2020	R\$ 1,07
4	2021	R\$ 1,16
5	2022	R\$ 1,25
6	2023	R\$ 1,35
7	2024	R\$ 1,46
8	2025	R\$ 1,57
9	2026	R\$ 1,70
10	2027	R\$ 1,84
11	2028	R\$ 1,98
12	2029	R\$ 2,14
13	2030	R\$ 2,31
14	2031	R\$ 2,50
15	2032	R\$ 2,70
16	2033	R\$ 2,91
17	2034	R\$ 3,15
18	2035	R\$ 3,40
19	2036	R\$ 3,67

(Fonte: Autores/Fundação Getulio Vargas)

De posse desses valores é possível calcular o quanto cada planta irá gerar monetariamente, deduzindo a taxa de manutenção, conforme tabelas 16 e 17:

Tabela 16 - Geração de Energia na Planta Fotovoltaica

Período	Ano	Energia Gerada	Tarifa	Taxa de Manutenção	Geração Monetária
		(KWh)	(Reais)	(Reais)	(Reais)
0	2017	66.889,00	R\$ 0,85	R\$ -	R\$ 56.855,65
1	2018	66.220,11	R\$ 0,92	R\$ 2.356,47	R\$ 58.433,60
2	2019	65.557,91	R\$ 0,99	R\$ 2.544,98	R\$ 62.451,75
3	2020	64.902,33	R\$ 1,07	R\$ 2.748,58	R\$ 66.745,93
4	2021	64.253,31	R\$ 1,16	R\$ 2.968,47	R\$ 71.335,06
5	2022	63.610,77	R\$ 1,25	R\$ 3.205,95	R\$ 76.239,39
6	2023	62.974,67	R\$ 1,35	R\$ 3.462,42	R\$ 81.480,53
7	2024	62.344,92	R\$ 1,46	R\$ 3.739,42	R\$ 87.081,58
8	2025	61.721,47	R\$ 1,57	R\$ 4.038,57	R\$ 93.067,24
9	2026	61.104,26	R\$ 1,70	R\$ 4.361,65	R\$ 99.463,88
10	2027	60.493,21	R\$ 1,84	R\$ 4.710,59	R\$ 106.299,68
11	2028	59.888,28	R\$ 1,98	R\$ 5.087,43	R\$ 113.604,74
12	2029	59.289,40	R\$ 2,14	R\$ 5.494,43	R\$ 121.411,24
13	2030	58.696,50	R\$ 2,31	R\$ 5.933,98	R\$ 129.753,56
14	2031	58.109,54	R\$ 2,50	R\$ 6.408,70	R\$ 138.668,42
15	2032	57.528,44	R\$ 2,70	R\$ 6.921,40	R\$ 148.195,06
16	2033	56.953,16	R\$ 2,91	R\$ 7.475,11	R\$ 158.375,41
17	2034	56.383,63	R\$ 3,15	R\$ 8.073,12	R\$ 169.254,26
18	2035	55.819,79	R\$ 3,40	R\$ 8.718,97	R\$ 180.879,46
19	2036	55.261,59	R\$ 3,67	R\$ 9.416,48	R\$ 193.302,15

(Fonte: Autores)

Tabela 17 - Geração de Energia da Planta Híbrida

Período	Ano	Energia Gerada	Tarifa	Taxa de Manutenção	Geração Monetária
		(KWh)	(Reais)	(Reais)	(Reais)
0	2017	64.885,00	R\$ 0,85	R\$ -	R\$ 55.152,25
1	2018	64.236,15	R\$ 0,92	R\$ 8.152,21	R\$ 50.816,57
2	2019	63.593,79	R\$ 0,99	R\$ 8.804,39	R\$ 54.245,04
3	2020	62.957,85	R\$ 1,07	R\$ 9.508,74	R\$ 57.903,70
4	2021	62.328,27	R\$ 1,16	R\$ 10.269,44	R\$ 61.807,95
5	2022	61.704,99	R\$ 1,25	R\$ 11.091,00	R\$ 65.974,15
6	2023	61.087,94	R\$ 1,35	R\$ 11.978,28	R\$ 70.419,77
7	2024	60.477,06	R\$ 1,46	R\$ 12.936,54	R\$ 75.163,46
8	2025	59.872,29	R\$ 1,57	R\$ 13.971,46	R\$ 80.225,05
9	2026	59.273,57	R\$ 1,70	R\$ 15.089,18	R\$ 85.625,74
10	2027	58.680,83	R\$ 1,84	R\$ 16.296,31	R\$ 91.388,07
11	2028	58.094,02	R\$ 1,98	R\$ 17.600,02	R\$ 97.536,13
12	2029	57.513,08	R\$ 2,14	R\$ 19.008,02	R\$ 104.095,55
13	2030	56.937,95	R\$ 2,31	R\$ 20.528,66	R\$ 111.093,67
14	2031	56.368,57	R\$ 2,50	R\$ 22.170,95	R\$ 118.559,65
15	2032	55.804,89	R\$ 2,70	R\$ 23.944,63	R\$ 126.524,53
16	2033	55.246,84	R\$ 2,91	R\$ 25.860,20	R\$ 135.021,42
17	2034	54.694,37	R\$ 3,15	R\$ 27.929,01	R\$ 144.085,62
18	2035	54.147,43	R\$ 3,40	R\$ 30.163,34	R\$ 153.754,71
19	2036	53.605,95	R\$ 3,67	R\$ 32.576,40	R\$ 164.068,77

(Fonte: Autores)

Na tabela 18 estão dispostos os dados da análise econômica dos projetos fotovoltaico e híbrido:

Tabela 18 - Análise Econômica dos Projetos Fotovoltaico e Híbrido

Período	Ano	Fluxo de Caixa - Fotovoltaico	Fluxo de Caixa - Híbrido
		(Reais)	(Reais)
0	2017	-R\$ 235.646,59	-R\$ 815.221,32
1	2018	-R\$ 184.830,02	-R\$ 756.787,72
2	2019	-R\$ 130.584,99	-R\$ 694.335,97
3	2020	-R\$ 72.681,28	-R\$ 627.590,05
4	2021	-R\$ 10.873,34	-R\$ 556.254,99
5	2022	R\$ 55.100,81	-R\$ 480.015,61
6	2023	R\$ 125.520,59	-R\$ 398.535,08
7	2024	R\$ 200.684,04	-R\$ 311.453,49
8	2025	R\$ 280.909,10	-R\$ 218.386,25
9	2026	R\$ 366.534,83	-R\$ 118.922,37
10	2027	R\$ 457.922,91	-R\$ 12.622,69
11	2028	R\$ 555.459,04	R\$ 100.982,05
12	2029	R\$ 659.554,58	R\$ 222.393,29
13	2030	R\$ 770.648,26	R\$ 352.146,85
14	2031	R\$ 889.207,90	R\$ 490.815,27
15	2032	R\$ 1.015.732,43	R\$ 639.010,33
16	2033	R\$ 1.150.753,85	R\$ 797.385,74
17	2034	R\$ 1.294.839,47	R\$ 966.640,00
18	2035	R\$ 1.448.594,18	R\$ 1.147.519,46
19	2036	R\$ 1.612.662,95	R\$ 1.340.821,61

(Fonte: Autores)

Demonstramos na figura 35, a comparação entre os valores estimados do sistema fotovoltaico e o sistema Híbrido. É possível ver que o retorno do sistema fotovoltaico ocorre 4 anos enquanto o retorno do híbrido só ocorre 11 anos.

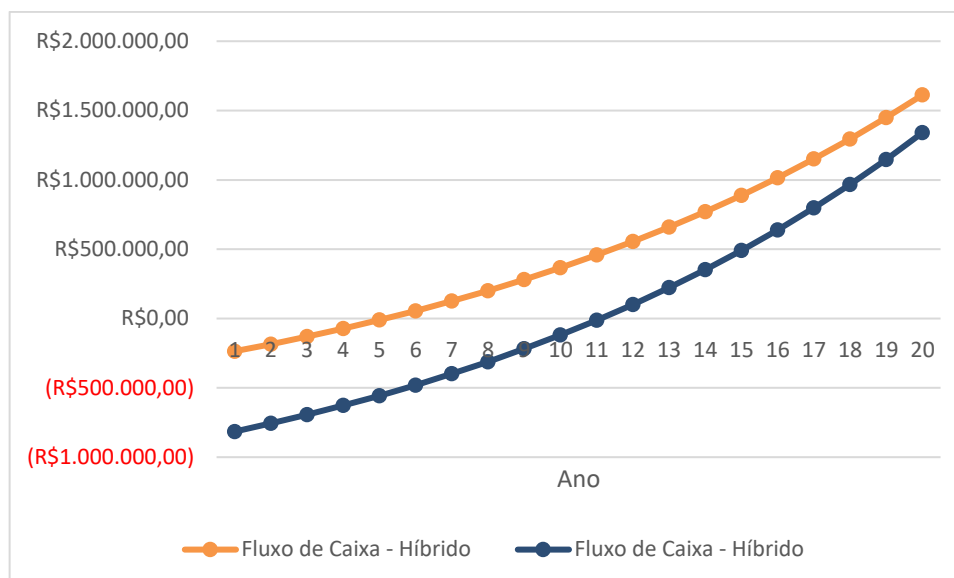


Figura 35 - Comparação entre Valores Estimados do Sistema Fotovoltaico e Híbrido (Fonte: Autores)

3.11 RESULTADOS E CORRELAÇÕES

Diante dos resultados do cálculo do Payback, verificamos que a implementação do sistema híbrido em nossa região não é viável, devido à baixa incidência de ventos. Isso fez com que a implementação do sistema fotovoltaico fosse a mais rentável ao longo dos anos.

A nível de exemplificar a viabilidade de empreendimentos híbridos em sistema Grid Tie, foi escolhido uma localização na Região dos Lagos, norte do estado do Rio de Janeiro, onde existe boa incidência de ventos e recursos solar as coordenadas escolhidas para esse exemplo foram Latitude 22,0416° e Longitude 41,0519°.

Foram coletados dados de irradiação (figura 37), calculado o sistema fotovoltaico, estimando sua geração elétrica anual (figura 38).

Foram também coletados os dados eólicos da região (figura 39) juntamente com o histograma da frequência de ventos da região (figura 40) e depois foi feita a estimativa de geração de uma turbina mensalmente (tabela 19).

Tendo em posse esses dados, calculamos a participação de cada fonte no sistema Híbrido (tabela 20) e o levantamento do investimento na compra de equipamentos (tabela 21).

Na tabela 22 e 23, calculamos a estimativa de energia gerada pelo sistema e seu fluxo de caixa, utilizando as mesmas regras definidas anteriormente.

Com isso foi possível efetuar a análise econômica do projeto, estimando em aproximadamente 6 anos o retorno do investimento, porém, com a planta com capacidade para gerar 285,57KWp diariamente.

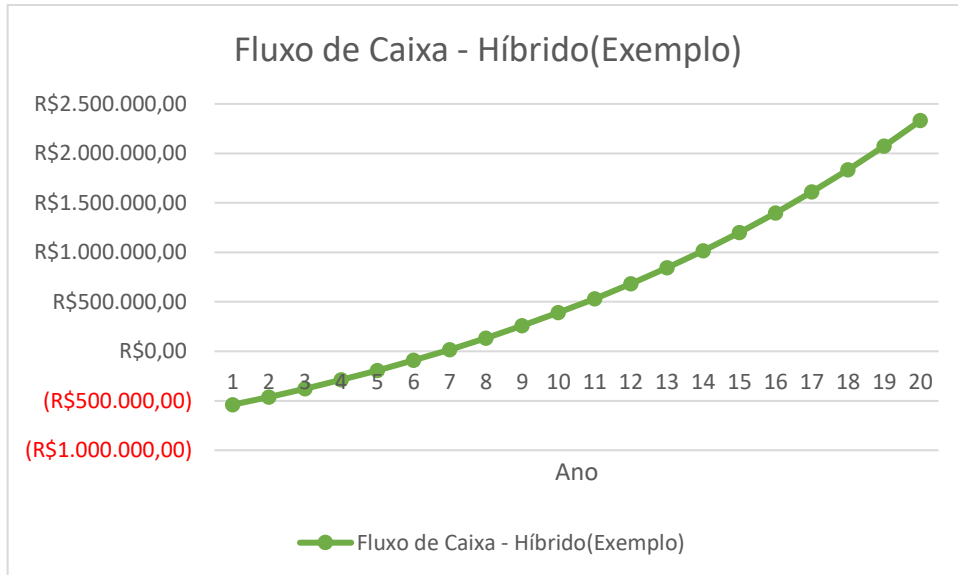


Figura 36 - Payback Sistema Híbrido (Exemplo)
(Fonte: Autores)

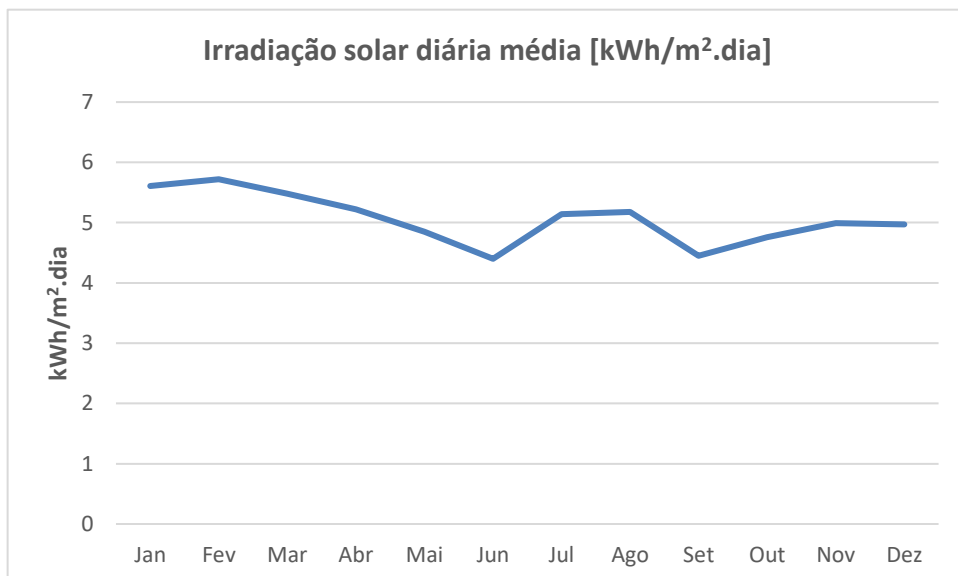


Figura 37 - Irradiação Solar Média Sistema Híbrido(Exemplo)
(Fonte: Autores)

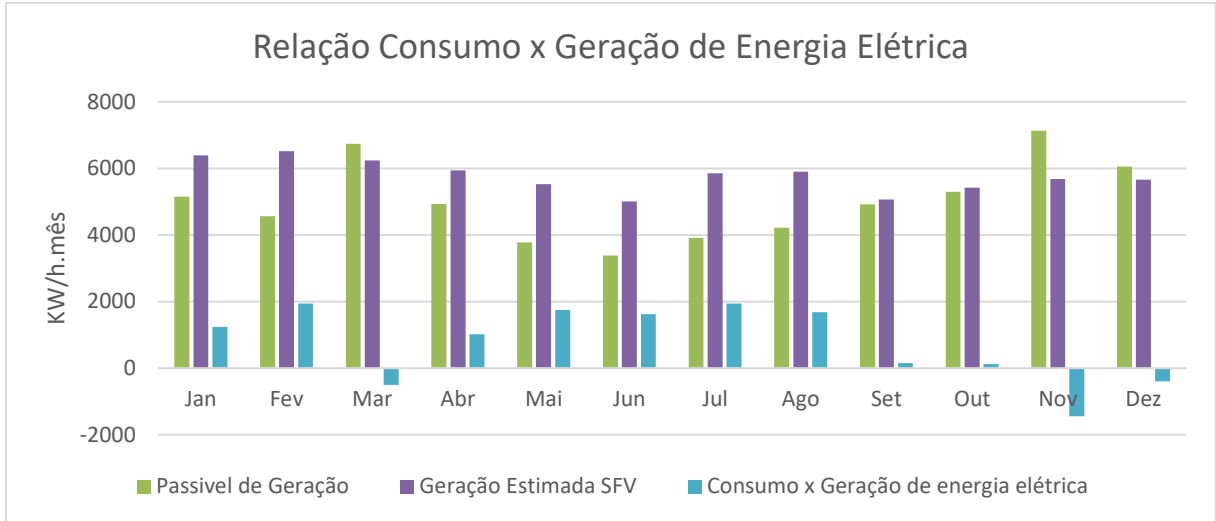


Figura 38 - Estimativa de Geração Elétrica Fotovoltaica Anual
(Fonte: Autores)

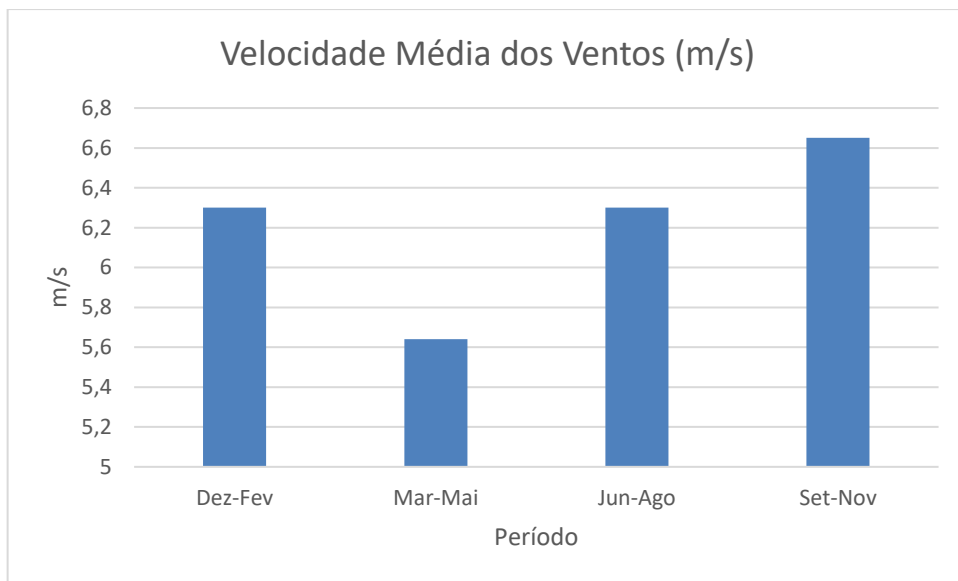


Figura 39 - Dados Eólicos da Região
(Fonte: Autores)

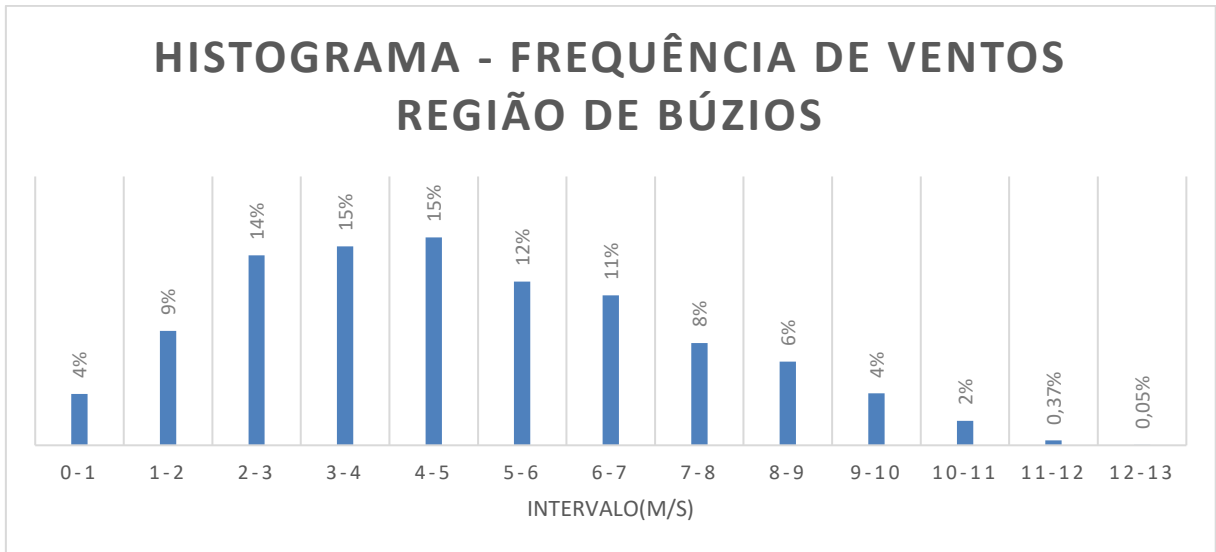


Figura 40 - Histograma da Frequência de Ventos da Região de Búzios
(Fonte: Autores)

Tabela 19 - Estimativa de consumo da Aerogerador

Velocidade do vento por Intervalo	Frequência de ocorrência	Potência do Aerogerador	Intervalo de tempo (At)	Potência Gerada
j (m/s)	fj (%)	(KW)	(Horas)	
0-1	4	0	720	0
1-2	9	0,112	720	7,2576
2-3	14	0,285	720	28,728
3-4	15	0,721	720	77,868
4-5	15	1,389	720	150,012
5-6	12	2,443	720	211,0752
6-7	11	3,862	720	305,8704
7-8	8	5,517	720	317,7792
8-9	6	7,404	720	319,8528
9-10	4	9,601	720	276,5088
10-11	2	10,978	720	158,0832
11-12	0,37	11,293	720	30,08455 2
12-13	0,05	10,721	720	3,85956
13-14	0	10	720	0
14-15	0	9,765	720	0
15-16	0	8,988	720	0
16-17	0	8,68	720	0
18-19	0	9,029	720	0
19-20	0	8,828	720	0
20-21	0	9,012	720	0
21-22	0	9,25	720	0
22-23	0	9,853	720	0
Mês tem 720 horas, altura da torre 30 metros			Total Mensal (KW)	1886,979 312
			Total Diário (KW)	62,89931 04

(Fonte: Autores)

Tabela 20 - Produção diária por fonte

Sistema Híbrido	Caso-exemplo (KWh)
Produção diária eólica	62,90
Produção diária fotovoltaica	222,67
Total produzido por dia	285,57

(Fonte: Autores)

Tabela 21 - Custo de compra dos Equipamentos

Estimativa de custo	Investimento	Unidade
Painel SFV	R\$ 111.956,18	156
Inversor grid tie/fotovoltaico	R\$ 32.224,36	1
Suporte fixo piso horizontal	R\$ 52.883,33	39
Turbina eólica	R\$ 234.171,24	1
Instalação/mastros/cabeamento/conectores e etc	R\$ 107.808,78	1
Investimento	R\$ 539.043,89	

(Fonte: Autores)

Tabela 22 - Geração Estimada Planta Híbrida – Exemplo

Período	Ano	Energia Gerada	Tarifa	Taxa de Manutenção	Geração Monetária
		(KWh)	(Reais)	(Reais)	(Reais)
0	2017	91.838,68	R\$ 0,85	R\$ -	R\$ 78.062,88
1	2018	90.920,30	R\$ 0,92	R\$ 5.390,44	R\$ 78.074,39
2	2019	90.011,09	R\$ 0,99	R\$ 5.821,67	R\$ 83.418,92
3	2020	89.110,98	R\$ 1,07	R\$ 6.287,41	R\$ 89.128,64
4	2021	88.219,87	R\$ 1,16	R\$ 6.790,40	R\$ 95.228,44
5	2022	87.337,67	R\$ 1,25	R\$ 7.333,63	R\$ 101.744,91
6	2023	86.464,30	R\$ 1,35	R\$ 7.920,32	R\$ 108.706,45
7	2024	85.599,65	R\$ 1,46	R\$ 8.553,95	R\$ 116.143,40
8	2025	84.743,66	R\$ 1,57	R\$ 9.238,26	R\$ 124.088,14
9	2026	83.896,22	R\$ 1,70	R\$ 9.977,33	R\$ 132.575,27
10	2027	83.057,26	R\$ 1,84	R\$ 10.775,51	R\$ 141.641,72
11	2028	82.226,69	R\$ 1,98	R\$ 11.637,55	R\$ 151.326,95
12	2029	81.404,42	R\$ 2,14	R\$ 12.568,56	R\$ 161.673,09
13	2030	80.590,38	R\$ 2,31	R\$ 13.574,04	R\$ 172.725,13
14	2031	79.784,47	R\$ 2,50	R\$ 14.659,97	R\$ 184.531,11
15	2032	78.986,63	R\$ 2,70	R\$ 15.832,76	R\$ 197.142,34
16	2033	78.196,76	R\$ 2,91	R\$ 17.099,38	R\$ 210.613,59
17	2034	77.414,79	R\$ 3,15	R\$ 18.467,33	R\$ 225.003,38
18	2035	76.640,65	R\$ 3,40	R\$ 19.944,72	R\$ 240.374,16
19	2036	75.874,24	R\$ 3,67	R\$ 21.540,30	R\$ 256.792,65

(Fonte: Autores)

Tabela 23 - Fluxo de Caixa Planta Híbrida (Exemplo)

Período	Ano	Fluxo de Caixa - Híbrido(Exemplo)
0	2017	R\$ 539.043,89
1	2018	R\$ 460.969,49
2	2019	R\$ 377.550,57
3	2020	R\$ 288.421,93
4	2021	R\$ 193.193,49
5	2022	R\$ 91.448,58
6	2023	R\$ 17.257,87
7	2024	R\$ 133.401,27
8	2025	R\$ 257.489,42
9	2026	R\$ 390.064,69
10	2027	R\$ 531.706,41
11	2028	R\$ 683.033,36
12	2029	R\$ 844.706,45
13	2030	R\$ 1.017.431,58
14	2031	R\$ 1.201.962,69
15	2032	R\$ 1.399.105,03
16	2033	R\$ 1.609.718,62
17	2034	R\$ 1.834.722,00
18	2035	R\$ 2.075.096,16
19	2036	R\$ 2.331.888,82

(Fonte: Autores)

4 CONCLUSÃO

Através de todo o processo de estudo envolvido neste trabalho, pode-se notar o imenso potencial contido nas duas fontes renováveis pesquisadas no Brasil. Com a geração conjunta, por mais que um dos sistemas venha a diminuir sua produção, devido as variações climáticas, o outro sistema poderá complementar essa falta, suprimindo assim, a necessidade de energia elétrica da unidade consumidora.

Verificou-se que na região da cidade de Pinheiral, um baixo potencial eólico, conforme o histograma (figura 31), que refletiu diretamente na estimativa de produção de energia do aerogerador (tabela 12) , com um valor equivalente à 3,75 KWh por dia.

Devido ao alto investimento na aquisição dos aerogeradores, impactou diretamente o retorno do investimento, em torno de 11 anos, em contra partida, o sistema fotovoltaico ficou com tempo de retorno de investimento de aproximadamente 5 anos.

Com tempo de vida útil dos equipamentos girando em torno de 20 anos na região da cidade de Pinheiral, seria mais rentável o investimento em sistemas fotovoltaicos.

Buscando exemplificar o funcionamento do sistema híbrido em condições ideais, foi feito um exemplo fictício na cidade de Búzios, ficou evidenciado que tendo condições climáticas favoráveis, o projeto torna-se rentável economicamente, tendo o seu tempo de retorno em médio prazo, gerando energia suficiente para atender mais de uma unidade consumidora da empresa através do sistema de compensação de créditos

Com o aumento contínuo das tarifas de energia elétrica, seja ela por conta do mercado ou por questões ambientais, cada vez mais os grandes consumidores tendem a realizar investimentos na produção de energia, visando reduzir os seus gastos.

Para os consumidores residências, apesar da queda dos preços, principalmente dos sistemas fotovoltaicos, necessita-se ainda de políticas de incentivo fiscais, para diminuir o investimento inicial, reduzindo assim, o tempo de retorno.

O próximo passo seria a criação de meios para desenvolver tecnologicamente o seguimento eólico, incentivando a indústria nacional, buscando a

redução do preço final destes equipamentos, tendo em mente, o grande potencial eólico no litoral Brasileiro.

Para estudos futuros ao invés de usar valores aproximados dos dados das fontes eólica e fotovoltaica, deve-se fazer aquisição no local, através do uso de mini estações meteorológicas, instaladas por um empresa especializada, afim de ser obter informação exata do local da instalação do empreendimento.

Poderá ser estudado outros tipos de sistemas híbridos, que se comportem melhor em nossa região como fotovoltaico-grupo gerador (Diesel ou Biogás) por exemplo.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] - ANEEL, Cadernos Temáticos. Micro e Minigeração Distribuída. Sistema de Compensação de Energia Elétrica. Brasília, DF, Brasil: Centro de Documentação–Cedoc, 2016, pág.16.

<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>

[2] - PINHO, João Tavares et al. Sistemas Híbridos–Soluções Energéticas para a Amazônia. MME, Brasília, 2008, pág. 172.

https://www.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/Solucoes_Energeticas_para_a_Amazonia_Hibrido.pdf

[3] - AMARANTE, Odilon A. et al. Atlas do potencial eólico brasileiro. In: Atlas do potencial eólico brasileiro. Ministério de Minas e Energia Eletrobrás, 2001, pág. 10.

http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf

[4] - AMARANTE, Odilon A. et al. Atlas do potencial eólico brasileiro. In: Atlas do potencial eólico brasileiro. Ministério de Minas e Energia Eletrobrás, 2001, pág. 42.

http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf

[5] AMARANTE, Odilon Antônio Camargo; SILVA, FJL da; RIOS FILHO, L. G. Atlas eólico do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2002, pág. 51.

[6] - PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro: CEPEL, 2014, pág.43.

http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf

[7] - PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro: CEPEL, 2014, pág.240.

http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf

[8] - PINHO, João Tavares et al. Sistemas Híbridos–Soluções Energéticas para a Amazônia. MME, Brasília, 2008, pág.171.

https://www.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/Solucoes_Energeticas_para_a_Amazonia_Hibrido.pdf

[9] - PINHO, João Tavares et al. Sistemas Híbridos–Soluções Energéticas para a Amazônia. MME, Brasília, 2008, pág.175.

https://www.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/Solucoes_Energeticas_para_a_Amazonia_Hibrido.pdf

[10] - PINHO, João Tavares et al. Sistemas Híbridos–Soluções Energéticas para a Amazônia. MME, Brasília, 2008, pág.176.

https://www.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/Solucoes_Energeticas_para_a_Amazonia_Hibrido.pdf

[11] - PINHO, João Tavares et al. Sistemas Híbridos–Soluções Energéticas para a Amazônia. MME, Brasília, 2008, pág.177.

https://www.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/Solucoes_Energeticas_para_a_Amazonia_Hibrido.pdf

[12] - PINHO, João Tavares et al. Sistemas Híbridos–Soluções Energéticas para a Amazônia. MME, Brasília, 2008, pág.178.

https://www.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/Solucoes_Energeticas_para_a_Amazonia_Hibrido.pdf

[13] - PINHO, João Tavares et al. Sistemas Híbridos–Soluções Energéticas para a Amazônia. MME, Brasília, 2008, págs.178 e 179.

https://www.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/Solucoes_Energeticas_para_a_Amazonia_Hibrido.pdf

[14] - PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro: CEPEL, 2014, pág.298.

http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf

[15] - Potencial Solar / SunData, CRESESB / CEPEL, acesso 04/07/2017.

<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>

[16] ESTEVES, Eloisa Nonato. Estudo da viabilidade técnica e econômica para geração de energia elétrica utilizando painel fotovoltaico em uma residência no interior de São Paulo. 2014, pág.43.

http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3421/1/CT_CECONS_III%20_2014_04.pdf

[17] - Noções de Energia Solar Fotovoltaica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Prof. Me. Marco Antônio Ferreira Finocchio, Campos Cornélio Procópio, 2013, pág. 8.

http://paginapessoal.utfpr.edu.br/mafinocchio/energia-solar/radiacao/solar/SISTEMA%20FOTOVOLTAICOS1.pdf/at_download/file

[18] - Empresa Neo Solar, acesso 02/09/2017.

<https://www.neosolar.com.br/loja/combo-8-painel-solar-fotovoltaico-gcl-p6-72-325wp.html>

[19] - Empresa Comércio Solar, acesso 02/09/2017.

<http://www.comerciosolar.com.br/inversores/inversor-solar-on-grid-10000w-400v-com-1-mppt-ingeteam.html>

[20] – Loja Forseti Soluções, acesso 10/09/2017.

https://loja.forsetisolucoes.com.br/index.php?route=product/product&path=71_112&product_id=222

<https://fotovoltaica.ufsc.br/sistemas/livros/livro-edificios-solares-fotovoltaicos.pdf>

[21] - RÜTHER, Ricardo. Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil. Editora UFSC, 2004, pág. 43.

<https://fotovoltaica.ufsc.br/sistemas/livros/livro-edificios-solares-fotovoltaicos.pdf>

[22] - VILLAMARIM JÚNIOR, José Arnaldo. Análise da viabilidade técnica-econômica de um sistema eólico-fotovoltaico com conexão à rede elétrica suprimindo uma estação rádio base de telefonia celular no estado de São Paulo. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2016, pág.44.

www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/.../JoseArnaldoVillamarimJuniorCorr16.pdf

[23] – ANEEL, Energia Eólica, 2008, pág.94.

www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica%283%29.pdf

[24] - VILLAMARIM JÚNIOR, José Arnaldo. Análise da viabilidade técnica-econômica de um sistema eólico-fotovoltaico com conexão à rede elétrica suprimindo uma estação rádio base de telefonia celular no estado de São Paulo. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2016, pág.45.

www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/.../JoseArnaldoVillamarimJuniorCorr16.pdf

[25] - Potencial Eólico / Wind Potencial, CRESESB / CEPEL, acesso 10/10/2017.

http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=atlas_eolico&lang=pt

[26] - Eudes Klockner Matter, dimensionamento e simulação de um perfil aerodinâmico para um aerogerador de eixo vertical, 2014, pág.15.

www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngMec/2014/Eudes_Klockner_Matte.pdf

[27] - Eudes Klockner Matter, dimensionamento e simulação de um perfil aerodinâmico para um aerogerador de eixo vertical, 2014, pág.16.

www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngMec/2014/Eudes_Klockner_Matte.pdf

[28] - VILLAMARIM JÚNIOR, José Arnaldo. Análise da viabilidade técnica-econômica de um sistema eólico-fotovoltaico com conexão à rede elétrica suprimindo uma estação rádio base de telefonia celular no estado de São Paulo. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2016, pág.48 e 49.

www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/.../JoseArnaldoVillamarimJuniorCorr16.pdf

[29] - PINHO, João Tavares et al. Sistemas híbridos. Soluções energéticas para a Amazônia, 2008, pág.210.

https://www.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/Solucoes_Energeticas_para_a_Amazonia_Hibrido.pdf

[30] – Site Tributado, acesso 19/10/2017

<http://www.tributado.net/>

[31] - VILLAMARIM JÚNIOR, José Arnaldo. Análise da viabilidade técnica-econômica de um sistema eólico-fotovoltaico com conexão à rede elétrica suprimindo uma estação rádio base de telefonia celular no estado de São Paulo. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2016, pág.60.

[32] - Guilherme Henrique Alves, Projeto e Análise da Viabilidade Econômica da Instalação de Painéis Fotovoltaicos no Setor Industrial/ Guilherme Henrique Alves; Orientador Ricardo Quadros Machado. São Carlos, 2016 pág 66

Anexos

Anexo 1 - Painel Fotovoltaico GLC.....	80
Anexo 2 - Inversor Igeteam	82

Anexo 1 - Painei Fotovoltaico GLC



GCL-P6/72

HIGH EFFICIENCY
MULTICRYSTALLINE MODULE

GCL-P6/72 310-325 Watt

325^W

MAXIMUM POWER OUTPUT

16.7%

MAXIMUM MODULE EFFICIENCY

0~+5^W

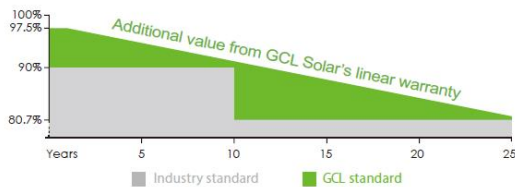
POWER OUTPUT GUARANTEE

Trust GCL to Deliver Reliable Performance Over Time

- World-class manufacturer of crystalline silicon photovoltaic modules
- Fully automatic facility and world-class technology
- Rigorous quality control to meet the highest standard: ISO9001:2008, ISO 14001: 2004 and OHSAS: 18001 2007
- Tested for harsh environments (salt mist, ammonia corrosion and sand blowing test: IEC 61701, IEC 62716, DIN EN 60068-2-68)
- Long term reliability tests
- 2*100% EL inspection ensuring defect-free modules

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

10 YEARS PRODUCT WARRANTY 25 LINEAR POWER WARRANTY



Ideal choice for large scale ground installation



High conversion efficiency due to top quality wafer and advanced cell technology



PID and snail trails free



Optimized system performance by module level current sorting



Excellent performance under low irradiance



Additional yield and easy maintenance with high transparent self-cleaning glass

Additional insurance backed by Swiss RE



Bringing Green Power to Life

GCL-P6/72 HIGH EFFICIENCY MULTICRYSTALLINE MODULE

ELECTRICAL SPECIFICATION (STC)

Peak Power Watts	Pm(W)	310	315	320	325
Power Output Tolerance	Pm(W)	0~+5			
Maximum Power Voltage	Vm(V)	37	37.2	37.4	37.6
Maximum Power Current	Im(A)	8.38	8.47	8.56	8.64
Open Circuit Voltage	Voc(V)	45.4	45.6	45.8	46.0
Short Circuit Current	Isc(A)	8.99	9.08	9.17	9.24
Module Efficiency (%)		16.0	16.2	16.5	16.7

Values at Standard Test Conditions STC (Air Mass AM1.5, Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25° C).

ELECTRICAL DATA (NOCT)

Maximum Power	Pm(W)	223.8	227.1	231.2	234.6
Power Output Tolerance	Pm(W)	0~+5			
Maximum Power Voltage	Vm(V)	33.5	33.8	34.1	34.3
Maximum Power Current	Im(A)	6.68	6.72	6.78	6.84
Open Circuit Voltage	Voc(V)	42	42.2	42.4	42.6
Short Circuit Current	Isc(A)	7.19	7.30	7.38	7.46

NOCT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20° C, Wind Speed 1m/s.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Poly 156x156mm (6 inches)
Cell Orientation	72 Cells (6x12)
Module Dimensions	1956x992x40mm (77 x 39.05 x 1.57 inches)
Weight	22.5kg/26kg
Glass	High transparency solar glass 3.2mm (0.13 inches) or 4mm (0.15 inches)
Backsheet	White
Frame	Silver, anodized aluminium alloy
J-Box	IP67 Rated
Cables	4.0mm ² (0.006 inches ²), 1200mm (47.2 inches)
Connector	Original MC4 or Compatible

TEMPERATURE RATINGS

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C
Temperature Coefficient of P _{max}	-0.43% /°C
Temperature Coefficient of V _{oc}	-0.35% /°C
Temperature Coefficient of I _{sc}	0.04% /°C

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1000V DC(IEC)
Max Series Fuse Rating	15A

WARRANTY

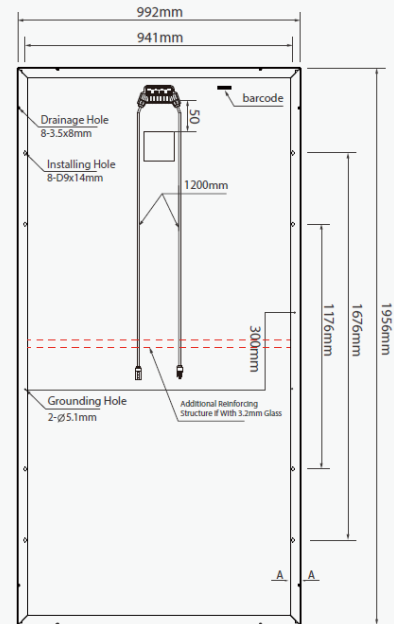
- 10 years Product Workmanship Warranty
- 25 years linear Power Warranty

(Please refer to GCL standard warranty for details)

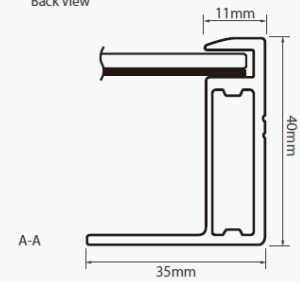
PACKAGING CONFIGURATION

- Modules per box: 26 pieces
- Modules per 40' container: 624pieces

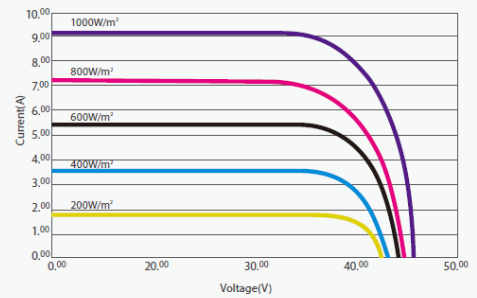
MODULE DIMENSION



Back View



I-V CURVES OF MODULE (315W)



Excellent performance under weak light conditions: at an irradiation intensity of 200W/m² W/m(AM 1.5, 25 °C), 96.5% or higher of the STC efficiency (1000 W/m²) is achieved



Bringing Green Power to Life
<http://en.gclsi.com>

GCL-EN-P6/72-2016-V1.0

CAUTION: READ INSTALLATION MANUAL BEFORE USING THE PRODUCT
©2015 GCL System Integration Technology Co., Ltd. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

Anexo 2 - Inversor Igeteam

INGECON

SUN

3Play
TL M SeriesMAXIMUM
EFFICIENCY WITH
MULTI-MPPT
THREE-PHASE
TECHNOLOGY

10TL M / 15TL M / 20TL M / 33TL M / 40TL M480

A three-phase inverter family for domestic, industrial and large-scale PV plants.

Maximum efficiency with two independent MPPT inputs

A single DC-to-AC power conversion stage with an advanced maximum power point tracking system (MPPT), making it possible to harness the maximum energy from the PV array at all times, including difficult situations such as scattered clouds and partial shading. Great flexibility for configuring the solar array, thanks to the two independent MPPT trackers with a wide input voltage range. Moreover, it enables to connect different DC input powers to each MPP tracker (asymmetric configuration).

Plug & Play technology

Extremely easy to install. The inverter connection is fast and simple. The country-specific configuration and language can be easily selected from the inverter screen.

Rugged design

Steel casing, especially designed for indoor and outdoor applications (IP65). Able to withstand extreme temperatures. The 3Play TL M inverters have been designed to guarantee a service life of more than 20 years, as demonstrated by the stress tests they are subjected to.

Ease of maintenance

Internal datalogger for up to 3 months data storage. Control either from a remote PC or on-site from the inverter front keypad. Status and alarm LED indicators. LCD screen.

Easy to operate

The INGECON® SUN 3Play TL M inverters feature a LCD screen for the simple and convenient monitoring of the inverter status and a range of internal variables.

The display also includes three LEDs to show the inverter operating status. All this helps to simplify and facilitate maintenance tasks.

Software included

Included at no extra cost are the INGECON® SUN Manager, INGECON® SUN Monitor and its smartphone version iSun Monitor for monitoring and recording the inverter data over the internet. In addition, users can download the latest version of the firmware from the Ingeteam website www.ingeteam.com, and update it using a simple SD memory card. RS-485 communications are supplied as standard.

Standard 5 year warranty, extendable for up to 25 years



www.ingeteam.com
solar.energy@ingeteam.com

Ingeteam

10TL M / 15TL M / 20TL M / 33TL M / 40TL M480

Different versions to choose from

In order to satisfy its clients' needs, Ingeteam has created different versions for the INGECON® SUN 3Play TL M family:

- "STD": Standard version
- "PRO": Premium version

All the versions are supplied with DC and AC surge arresters type 3. The "STD" version represents the most basic. It features a double MPPT input with terminal blocks and it also integrates a DC switch.

On the other hand, the PRO version includes two options for DC connection: conventional terminal blocks or PV connectors.

Moreover, it features DC fuses, the input current measuring kit and the DC switch. It is also supplied with supplied with DC surge arresters, type 2.

MAIN FEATURES

- Double-MPPT system.
- 98.5% maximum efficiency.
- Digital inputs.
- RS-485 communications supplied as standard.
- Inverter firmware updating by the user through a SD memory card.
- Software INGECON® SUN Manager for PV plant access and data registration.
- Software INGECON® SUN Monitor for PV plant monitoring.
- LCD display.
- Easy maintenance.
- Display-configurable potential-free contact, to indicate insulation fault or grid connection.
- Plug & Play technology.
- Suitable for indoor and outdoor installations (IP65).
- High temperature performance.
- Different versions to satisfy every project needs.
- Compact design.
- Language, rated voltage and Country Code, rated voltage configurable by display.

PROTECTIONS

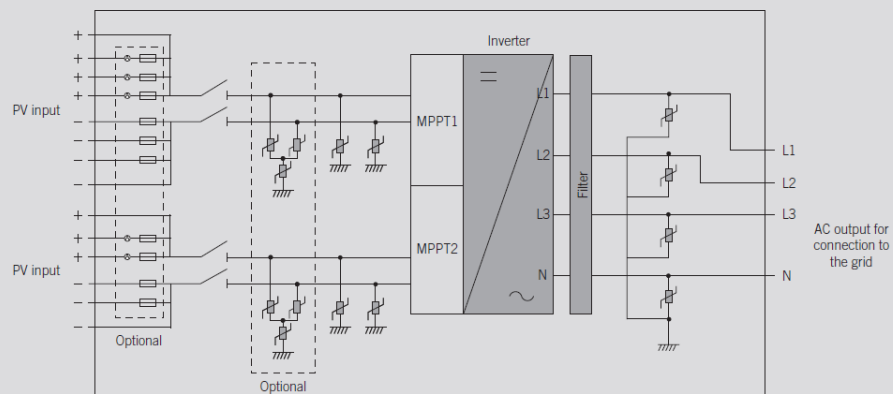
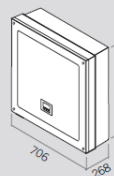
- Reverse polarity.
- Shortcircuits and overloads at the output.
- Anti-islanding with automatic disconnection.
- Insulation faults.
- Input and output overvoltages with type 3 surge arresters.

OPTIONAL ACCESORIES

- Inverter communication via Ethernet, Wi-Fi. A second RS-485 communication card is available.
- Self-consumption kit.
- INGECON® SUN EMS Board.

BENEFITS

- Greater performance thanks to the double MPPT system.
- Easy maintenance.
- Higher inverter life expectancy.

3Play TL M PRO version (20 kW)**Size and weight (mm)**

10TL M / 15TL M / 20TL M
57.8 kg.

33TL M / 40TL M480
62.5 kg.

INGECON

SUN

3Play TL M Series

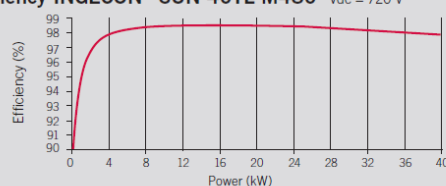
	10TL M	15TL M	20TL M	33TL M	40TL M480
Input (DC)					
Recommended PV array power range ⁽¹⁾	10.3 - 13.4 kW	15.5 - 20.1 kW	20.6 - 26.8 kW	34 - 45 kW	41.2 - 53.6 kW
Voltage range MPP1 ⁽²⁾	200 - 820 V				
Voltage range MPP2 ⁽²⁾	200 - 820 V				
Maximum voltage ⁽³⁾	1,000 V				
Maximum current (Input 1 / Input 2) ⁽⁴⁾	30 / 20 A	30 / 20 A	30 / 20 A	40 / 40 A	40 / 40 A
Inputs with terminal blocks (Input 1 / Input 2)	1 / 1				
Inputs with PV connectors (Input 1 / Input 2) ⁽⁵⁾	3 / 2	3 / 2	3 / 2	5 / 5	5 / 5
MPPT	2				
Output (AC)					
Rated power	10 kW	15 kW	20 kW	33 kW	40 kW
Max. temperature at rated power ⁽⁶⁾	55 °C	55 °C	55 °C	51 °C	51 °C
Maximum current	15 A	22 A	29 A	48 A	48 A
Rated voltage	400 V	400 V	400 V	400 V	480 V
Voltage range	187 - 528 V	187 - 528 V	187 - 528 V	304 - 528 V	304 - 528 V
Frequency	50 / 60 Hz				
Power Factor	1				
Power Factor adjustable ⁽⁷⁾	Yes. Smax=10 kVA; Qmax=10 kVAR	Yes. Smax=15 kVA; Qmax=15 kVAR	Yes. Smax=20 kVA; Qmax=20 kVAR	Yes. Smax=33 kVA; Qmax=20 kVAR	Yes. Smax=40 kVA; Qmax=24 kVAR
THD	<3%				
Efficiency					
Maximum efficiency	98.5%				
Euroefficiency	98.3%				
General Information					
Refrigeration system	Forced ventilation				
Air flow	200 m ³ /h	200 m ³ /h	200 m ³ /h	400 m ³ /h	400 m ³ /h
Stand-by consumption ⁽⁸⁾	10 W				
Consumption at night	1 W				
Ambient temperature	-25 °C to 65 °C				
Relative humidity (non-condensing)	0 - 100%				
Protection class	IP65				
Marking	CE				
EMC and security standards	EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, EN 61000-6-4, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 62109-1, EN 62109-2, IEC62103, EN 50178, FCC Part 15, AS3100				
Grid connection standards	RD1699/2011, DIN V VDE V 0126-1-1, EN 50438, CEI 0-16 Ed. III, CEI 0-21, VDE-AR-N 4105:2011-08, G59/2, G83/2 ⁽⁹⁾ , P.O.12.3, AS4777.2, AS4777.3, IEC 62116, IEC 61727, UNE 206007-1, ABNT NBR 16149, ABNT NBR 16150, South African Grid code, Chilean Grid Code, Romanian Grid Code, Ecuadorian Grid Code, Peruvian Grid code, IEEE 929, Thailand MEA & PEA requirements, DEWA (Dubai) Grid Code, Jordan Grid Code				

	STD version	PRO version
Terminal blocks	✓	✓ ^(*)
PV connectors		✓
DC switch	✓	✓
DC surge arresters, type 2		✓
DC and AC surge arresters, type 3	✓	✓
DC fuses		✓
Current measuring kit		✓

^(*) Terminal blocks not available for the PRO versions of the INGECON® SUN 33TL M and 40TL M480 inverters.

Notes: ⁽¹⁾ Depending on the type of installation and geographical location ⁽²⁾ The output power will be conditioned by the voltage and current configuration selected at each input ⁽³⁾ Must not be exceeded under any circumstances. Consider the voltage increase of the 'Voc' at low temperatures ⁽⁴⁾ The maximum current per PV connector is 11 A for Premium versions ⁽⁵⁾ Branch plugs and sockets available to connect two cables to each input ⁽⁶⁾ For each °C of increase, the output power will be reduced at the rate of 1.8% ⁽⁷⁾ Q=0 outside the voltage range MPP ⁽⁸⁾ Consumption from PV field ⁽⁹⁾ Related only to inverters up to 16 A.

Efficiency INGECON® SUN 40TL M480 V_{dc} = 720 V





Ingeteam Power Technology, S.A.
 Avda. Ciudad de la Innovación, 13
 31621 SARRIGUREN (Navarra) - Spain
 Tel.: +34 948 288 000 / Fax: +34 948 288 001
 e-mail: solar.energy@ingeteam.com

Ingeteam S.r.l.
 Via Emilia Ponente, 232
 48014 CASTEL BOLOGNESE (RA) - Italy
 Tel.: +39 0546 651 490 / Fax: +39 054 665 5391
 e-mail: italia.energy@ingeteam.com

Ingeteam SAS
 La Naurouze B - 140 rue Carmin
 31670 Labège - France
 Tel: +33 (0)5 61 25 00 00 / Fax: +33 (0)5 61 25 00 11
 e-mail: france@ingeteam.com

Ingeteam INC.
 3550 W. Canal St.
 MILWAUKEE, WI 53208 - USA
 Tel.: +1 (414) 934 4100 / +1 (855) 821 7190 / Fax: +1 (414) 342 0736
 e-mail: solar.us@ingeteam.com

Ingeteam, a.s.
 Technologická 371/1
 70800 OSTRAVA - PUSTKOVEC
 Czech Republic
 Tel.: +420 59 732 6800 / Fax: +420 59 732 6899
 e-mail: czech@ingeteam.com

Ingeteam Shanghai, Co. Ltd.
 Shanghai Trade Square, 1105
 188 Si Ping Road
 200086 SHANGHAI - P.R. China
 Tel.: +86 21 65 07 76 36 / Fax: +86 21 65 07 76 38
 e-mail: shanghai@ingeteam.com

Ingeteam, S.A. de C.V.
 Ave. Revolución, nº 643, Local 9
 Colonia Jardín Español - MONTERREY
 64820 - NUEVO LEON - México
 Tel.: +52 81 8311 4858 / Fax: +52 81 8311 4859
 e-mail: northamerica@ingeteam.com

Ingeteam Ltda.
 Rua Estácio de Sá, 560
 Jd. Santa Genebra
 13080-010 Campinas/SP - Brazil
 Tel.: +55 19 3037 3773
 e-mail: brazil@ingeteam.com

Ingeteam Pty Ltd.
 Unit 2 Alphen Square South
 16th Road, Randjiespark
 Midrand 1682 - South Africa
 Tel.: +2711 314 3190 / Fax: +2711 314 2420
 e-mail: southafrica@ingeteam.com

Ingeteam SpA
 Los militares 5890, Torre A, oficina 401
 7560742 - Las Condes
 Santiago de Chile - Chile
 Tel.: +56 2 29574531
 e-mail: chile@ingeteam.com

Ingeteam Power Technology India Pvt. Ltd.
 2nd Floor, 431
 Udyog Vihar, Phase III
 122016 Gurgaon (Haryana) - India
 Tel.: +91 124 420 6491-5 / Fax: +91 124 420 6493
 e-mail: india@ingeteam.com

Ingeteam Sp. z o.o.
 Ul. Koszykowa 60/62 m 39
 00-673 Warszawa - Poland
 Tel.: +48 22 821 9930 / Fax: +48 22 821 9931
 e-mail: polska@ingeteam.com

Ingeteam Australia Pty Ltd.
 iAccelerate Centre, Building 239
 Innovation Campus, Squires Way
 North Wollongong, NSW 2500 - Australia
 Tel.: +61 499 988 022
 e-mail: australia@ingeteam.com

Ingeteam Panama S.A.
 Calle Manuel Espinosa Batista, Ed. Torre Internacional
 Business Center, Apto./Local 407 Urb.C45 Bella Vista
 Bella Vista - Panama
 Tel.: +50 761 329 467

Ingeteam Service S.R.L.
 Bucuresti, Sector 2, Bulevardul Dimitrie Pompeiu Nr 5-7
 Cladirea Hermes Business Campus 1, Birou 236, Etaj 2
 Romania
 Tel.: +40 728 993 202

Ingeteam Philippines Inc.
 Office 2, Unit 330, Milelong Bldg.
 Amorsolo corner Rufin St.
 1230 Makati
 Gran Manila - Philippines
 Tel.: +63 0917 677 6039

Ingeteam