
Emanuel Vedovetto Santos
Katia Palma Matias
Paschoal Molinari Neto
Rubens Koloski Chagas

Aplicação de Energia Fotovoltaica e Biogás para Geração de Energia Elétrica



AYA EDITORA
2024

Aplicação de Energia Fotovoltaica e Biogás para Geração de Energia Elétrica

Emanuel Vedovetto Santos
Katia Palma Matias
Paschoal Molinari Neto
Rubens Koloski Chagas

Aplicação de Energia Fotovoltaica e Biogás para Geração de Energia Elétrica



AYA EDITORA
2024

Direção Editorial

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Autores

Emanuel Vedovetto Santos

Katia Palma Matias

Paschoal Molinari Neto

Rubens Koloski Chagas

Capa

AYA Editora©

Revisão

Os Autores

Conselho Editorial

Prof.º Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva
Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí

Prof.º Dr. Aknaton Toczec Souza
Centro Universitário Santa Amélia

Prof.ª Dr.ª Andreia Antunes da Luz
Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Argemiro Midonês Bastos
Instituto Federal do Amapá

Prof.º Dr. Carlos López Noriega
Universidade São Judas Tadeu e Lab. Biomecatrônica - Poli - USP

Prof.º Dr. Clécio Danilo Dias da Silva
Centro Universitário FACEX

Prof.ª Dr.ª Daiane Maria de Genaro Chirolí
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Danyelle Andrade Mota
Universidade Federal de Sergipe

Prof.ª Dr.ª Déborah Aparecida Souza dos Reis
Universidade do Estado de Minas Gerais

Prof.ª Ma. Denise Pereira
Faculdade Sudoeste – FASU

Prof.ª Dr.ª Eliana Leal Ferreira Hellvig
Universidade Federal do Paraná

Prof.º Dr. Emerson Monteiro dos Santos
Universidade Federal do Amapá

Prof.º Dr. Fabio José Antonio da Silva
Universidade Estadual de Londrina

Prof.º Dr. Gilberto Zammar
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Executiva de Negócios

Ana Lucia Ribeiro Soares

Produção Editorial

AYA Editora©

Imagens de Capa

br.freepik.com

Área do Conhecimento

Engenharias

Prof.ª Dr.ª Helenadja Santos Mota
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, IF Baiano - Campus Valença

Prof.ª Dr.ª Heloísa Thaís Rodrigues de Souza
Universidade Federal de Sergipe

Prof.ª Dr.ª Ingridi Vargas Bortolaso
Universidade de Santa Cruz do Sul

Prof.ª Ma. Jaqueline Fonseca Rodrigues
Faculdade Sagrada Família

Prof.ª Dr.ª Jéssyka Maria Nunes Galvão
Faculdade Santa Helena

Prof.º Dr. João Luiz Kovaleski
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Dr. João Paulo Roberti Junior
Universidade Federal de Roraima

Prof.º Me. Jorge Soistak
Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. José Enildo Elias Bezerra
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Ubajara

Prof.ª Dr.ª Karen Fernanda Bortoloti
Universidade Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Leozenir Mendes Betim
Faculdade Sagrada Família e Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.ª Ma. Lucimara Glap
Faculdade Santana

Prof.º Dr. Luiz Flávio Arreguy Maia-Filho
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof.º Me. Luiz Henrique Domingues
Universidade Norte do Paraná

Prof.º Dr. Milson dos Santos Barbosa

Instituto de Tecnologia e Pesquisa, ITP

Prof.º Dr. Myller Augusto Santos Gomes

Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof.ª Dr.ª Pauline Balabuch

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Pedro Fauth Manhães Miranda

Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof.º Dr. Rafael da Silva Fernandes

Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Parauapebas

Prof.ª Dr.ª Regina Negri Pagani

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Dr. Ricardo dos Santos Pereira

Instituto Federal do Acre

Prof.º Dr. Rômulo Damasclin Chaves dos Santos

Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA

Prof.ª Dr.ª Rosângela de França Bail

Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.º Dr. Rudy de Barros Ahrens

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

Universidade Federal do Piauí

Prof.ª Dr.ª Silvia Aparecida Medeiros

Rodrigues

Faculdade Sagrada Família

Prof.ª Dr.ª Silvia Gaia

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Sueli de Fátima de Oliveira Miranda Santos

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Thaisa Rodrigues

Instituto Federal de Santa Catarina

© **2024 - AYA Editora** - O conteúdo deste Livro foi enviado pelos autores para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição *Creative Commons* 4.0 Internacional (**CC BY 4.0**). Este livro, incluindo todas as ilustrações, informações e opiniões nele contidas, é resultado da criação intelectual exclusiva do autor. Os autores detêm total responsabilidade pelo conteúdo apresentado, o qual reflete única e inteiramente a sua perspectiva e interpretação pessoal. É importante salientar que o conteúdo deste livro não representa, necessariamente, a visão ou opinião da editora. A função da editora foi estritamente técnica, limitando-se ao serviço de diagramação e registro da obra, sem qualquer influência sobre o conteúdo apresentado ou opiniões expressas. Portanto, quaisquer questionamentos, interpretações ou inferências decorrentes do conteúdo deste livro, devem ser direcionados exclusivamente aos autores.

S2378 Santos, Emanuel Vedovetto

Aplicação de energia fotovoltaica e biogás para geração de energia elétrica. [recurso eletrônico]. / Emanuel Vedovetto Santos...[et al.]. -- Ponta Grossa: Aya, 2024. 44p.

Inclui biografia

Inclui índice

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-5379-596-9

DOI: 10.47573/aya.5379.1.310

1. Engenharia – Estudo e ensino. 2. Energia solar fotovoltaica -Brasil.
3..Sistemas de energia fotovoltaica. 4. Geração de energia fotovoltaica - Brasil.
I. Matias, Katia Palma. II. Molinari Neto, Paschoal. IV. Chagas, Rubens
Koloski. V. Título

CDD: 621.470981

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Bruna Cristina Bonini - CRB 9/1347

International Scientific Journals Publicações de Periódicos e Editora LTDA

AYA Editora©

CNPJ: 36.140.631/0001-53

Fone: +55 42 3086-3131

WhatsApp: +55 42 99906-0630

E-mail: contato@ayaeditora.com.br

Site: <https://ayaeditora.com.br>

Endereço: Rua João Rabello Coutinho, 557
Ponta Grossa - Paraná - Brasil
84.071-150

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	9
INTRODUÇÃO	10
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
Sistema de Geração Fotovoltaico	12
Sistema de Geração a Biogás.....	14
Geração Distribuída.....	19
METODOLOGIA	24
Dimensionamento Sistema de Geração Solar	24
Dimensionamento Sistema de Geração a Biogás.....	29
RESULTADOS E ANÁLISE	30
Sistema de Geração Fotovoltaica.....	30
Sistema de Geração a Biogás.....	31
Comparativo.....	31
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	33
REFERÊNCIAS	34
SOBRE OS AUTORES	37
ÍNDICE REMISSIVO	39

LISTA DE SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BT	Baixa Tensão
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica
CPF	Cadastro de Pessoa Física
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
DM	Quantidade de dias do mês
EG	Energia gerada
ETEs	Estações de Tratamento de Esgoto
GEE	Gases de Efeito Estufa
HF	Hora de funcionamento por dia
IWTC	International Water Technology Conference
MPPT	Ponto de Máxima Potência
NTC	Normas Técnica da Copel
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
PT	Potência de trabalho em regime contínuo
REN	Resolução Normativa

APRESENTAÇÃO

A busca por fontes de energias renováveis tem se intensificado nas últimas décadas, onde a preocupação com o meio ambiente e uma sociedade sustentável passa a ter prioridade. A utilização de fontes energéticas não renováveis, como petróleo e carvão, ainda fazem parte do cotidiano da humanidade fazendo parte das principais matrizes energéticas dos países desenvolvidos. Como fontes sustentáveis, tem se tornado crescente, as instalações de sistemas fotovoltaicos, onde a energia elétrica é produzida através de placas de silício cristalino que recebem incidência de radiação solar. Também é comum se encontrar a utilização do biogás, gerado através da decomposição de materiais orgânicos, para aquecimento de caldeiras térmicas. Uma outra aplicação para o biogás é a geração de energia elétrica, sendo que o biogás é canalizado para um gerador de energia e este alimentando a carga de energia. Assim este trabalho tem por objetivo a comparação do sistema fotovoltaico e do sistema a biogás para geração de energia elétrica conectados em geração distribuída. Será apresentada uma revisão bibliográfica destacando os princípios de cada sistema e apresentando o funcionamento da geração distribuída. Como metodologia serão descritos os procedimentos de dimensionamento do sistema. Nos resultados serão apresentadas as produções de energia elétrica e a economia proporcionada durante a vida útil do sistema.

INTRODUÇÃO

A busca por fontes renováveis de energia tem se tornado crescente ao longo dos anos, a consolidação das tecnologias e a queda nos preços proporcionaram uma aceleração no desenvolvimento dessas tecnologias, como a energia fotovoltaica (solar), eólica (ventos) e biogás (gás metano). Neste trabalho será demonstrado e comparado a aplicação do sistema fotovoltaico e sistema de biogás para geração de energia elétrica conectados em geração distribuída.

Desde 17 de abril de 2012, quando entrou em vigor a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada e inclusive fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade. Trata-se da micro e da minigeração distribuídas de energia elétrica, inovações que podem aliar economia financeira, consciência socioambiental e autossustentabilidade.

Os estímulos à geração distribuída se justificam pelos potenciais benefícios que tal modalidade pode proporcionar ao sistema elétrico. Entre eles, estão o adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, o baixo impacto ambiental, a redução no carregamento das redes, a minimização das perdas e a diversificação da matriz energética. Com o objetivo de reduzir os custos e tempo para a conexão da microgeração e minigeração; compatibilizar o Sistema de Compensação de Energia Elétrica com as Condições Gerais de Fornecimento (Resolução Normativa nº 414/2010); aumentar o público alvo; e melhorar as informações na fatura, a ANEEL publicou a Resolução Normativa nº 687/2015 revisando a Resolução Normativa nº 482/2012.

O presente estudo teve como objetivo geral comparar a produção de energia elétrica gerada através dos sistemas de geração fotovoltaico (solar) e a biogás, além de analisar a economia proporcionada mensalmente e durante a vida útil desses sistemas. Para isso, será fundamentado conceitualmente os sistemas a serem implantados, dimensionando

uma instalação para o aproveitamento do sol na geração de energia elétrica e outra para o aproveitamento do biogás. Serão calculadas a geração de energia elétrica do sistema fotovoltaico e do sistema a biogás, permitindo assim uma comparação detalhada entre os dois métodos de geração de energia elétrica.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Sistema de Geração Fotovoltaico

A energia fotovoltaica é a energia oriunda da transformação direta de luz em energia elétrica. Esse fenômeno foi descrito pela primeira vez em 1839 pelo físico francês Edmond Becquerel, ao relatar as propriedades do Selênio, que produzia uma corrente elétrica diretamente proporcional a radiação incidente (Serrão, 2010).

Segundo Severino e Oliveira (2010), o efeito fotovoltaico é gerado através da absorção da luz solar, que ocasiona uma diferença de potencial na estrutura do material semicondutor.

Complementando esta informação, Nascimento (2004, p.14) afirma que “Uma célula fotovoltaica não armazena energia elétrica. Apenas mantém um fluxo de elétrons num circuito elétrico enquanto houver incidência de luz sobre ela. Este fenômeno é denominado ‘Efeito Fotovoltaico’”.

Outro grande desafio era reduzir seus custos de fabricação, visando sua popularização. Nessa época, foram desenvolvidas as células de silício policristalino, que eram muito mais fáceis e baratos de se fabricar, porém possuíam uma eficiência inferior aos modelos feitos como silício monocristalino (Serrão, 2010).

Para Dienstmann (2009) o grande desafio da energia produzida pelo sistema fotovoltaico é o seu custo de produção, sendo de grande importância a pesquisa de novos materiais que proporcionem uma absorção mais eficiente da luz, novas técnicas de captação de todo espectro da irradiação da luz solar e a utilização de novas estruturas para revolucionar a produção de energia solar para eletricidade.

As tecnologias de células fotovoltaicas mais comuns encontradas no mercado são a do silício monocristalino e a do silício policristalino. A eficiência das placas solares está diretamente ligada à sua forma construtiva, embora outros materiais possam fornecer eficiências maiores, o processo de fabricação de células de silício é mais simples e barato do que o de outros materiais como aponta Villalva (2015, p. 71)

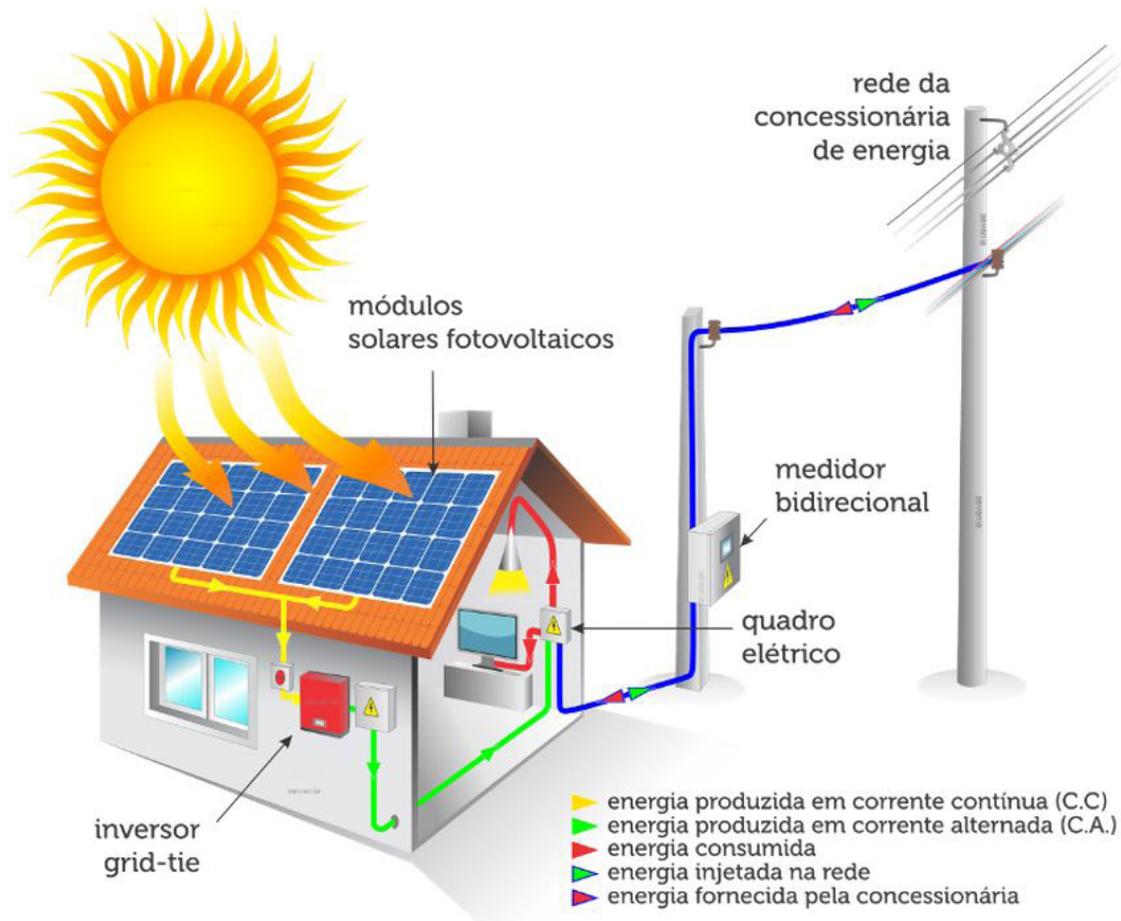
Figura 1 - Placa monocristalina e policristalina.



Fonte: o autor.

Os sistemas ligados a rede (on grid) são aqueles que trabalham concomitantemente à rede elétrica da distribuidora de energia. De forma sucinta, o painel fotovoltaico gera energia elétrica em corrente contínua e, após convertê-la para corrente alternada, é injetada na rede de energia elétrica. Tal conversão se dá pela utilização do inversor de frequência, que realiza a interface entre o painel e a rede elétrica (Pereira e Oliveira, 2011).

Figura 2 - Sistema conectado à rede elétrica.



Fonte: o autor.

Sistema de Geração a Biogás

Segundo a IWTC (2004) a aceleração da industrializada tem contribuído para o aumento da quantidade de efluente com altos índices de conteúdo orgânico. Este efluente, se possuir um tratamento adequado, é possível se tornar uma fonte de energia limpa, indo de encontro as pressões ambientais, sociais e econômicas que tem alavancado a pesquisa e produção de biocombustíveis no Brasil.

De acordo com Bley Jr (2009) os potenciais energéticos da biomassa em conjunto com as perspectivas socioeconômicas e ambientais a tornam uma grande fonte alternativa para substituição do petróleo, pois tem como grande benefício a utilização de efluentes líquidos, dejetos agrícola e quantidades de lixo orgânico que deixam de ser descartados na natureza, além da produção de energia.

Produzir combustíveis a partir de dejetos líquidos de animais é uma opção atrativa para reduzir gases do efeito estufa (GEE) e contribuir para a produção e fornecimento de energias renováveis para vários países (Hamelin *et al.*, 2011).

A biomassa é uma das fontes para a produção de energia com maior potencial de crescimento nos próximos anos e é considerada a principal alternativa para a diversificação da matriz energética quanto na redução da dependência de combustíveis fósseis (Aneel, 2009 *apud* Preto e Morteza, 2010).

Combustíveis gasosos podem ser obtidos da biomassa a partir de processos biológicos pela digestão anaeróbia de resíduos orgânicos vegetais e animais. Após passarem por um processo adequado de tratamento estes gases podem ser queimados diretamente para produzir calor ou podem ser aproveitados de maneira secundária para a produção de eletricidade mediante um motor ou para produção de combustíveis locomotivos (Larson, 1993).

Biogás é combustível e pode ser transformado em energia térmica ou elétrica. Se o objetivo é o aproveitamento térmico, o biogás é queimado e o calor dos gases de combustão é transferido para água ou outra matéria. Se o objetivo é a energia elétrica, o biogás é injetado em um motor gerador, ou ainda em um combustor/superaquecedor gerando vapor com pressão suficiente para mover as pás de uma turbina (Abatzoglou, 2009).

Um biodigestor é uma câmara fechada na qual a biomassa é fermentada anaerobicamente. O biodigestor não é o responsável pela formação do biogás, mas, sim por fornecer as condições ideais para que as bactérias metanogênicas, degradem o material orgânico que conseqüentemente libera o gás metano (Barrera, 1993, *apud* Gaspar, 2003).

Figura 3 - Biodigestor da Bioköhler.



Fonte: o autor.

Como exposto por Duerr (2006), o processo biológico que envolve a decomposição bacteriano e enzimática de compostos orgânicos em metano, dióxido de carbono e compostos orgânicos simples é chamado de digestão anaeróbia. Seu processo ocorre na ausência de oxigênio e depende de condições da temperatura, pH, conteúdos sólidos, taxa de carregamento orgânico e tempo de retenção.

Para Kakinami e Imbimbo (2001), a digestão anaeróbia poder ser simplificada em dois estágios, onde no primeiro estágio a matéria orgânica é convertida a ácidos voláteis, geralmente por bactérias acidogênicas ou anaeróbicas, no segundo estágio os ácidos voláteis servem de substrato para as bactérias metanogênicas, que convertem ácidos orgânicos em produtos finais gasosos como o gás carbônico e metano.

Nesse quadro, a digestão anaeróbia surge como alternativa por ser um processo natural, o qual é usado a mais de 100 anos para estabilizar esgoto doméstico e resíduos industriais (Burke, 2001). Além disso, a digestão anaeróbia é um processo que pode gerar

energia, como a térmica, decorrente da queima do biogás, em detrimento ao processo aeróbio que demanda energia para reduzir a carga orgânica (Ince, 2001).

Com o desenvolvimento da tecnologia de motores de combustão interna, o biogás está sendo usado no acionamento de motores e geração de energia elétrica reduzindo gastos com o consumo de energia. Além da aplicação rural, há relatos de utilização industrial, na qual, ele pode ser empregado em substituição de parte da energia consumida no processo de produção (Oliveira, 2004; Filho, 1981).

Figura 4 - Gerador Biogás na Amidos Pasquini.



Fonte: o autor.

Como apresentado por Corsini (2013) temos as seguintes etapas do processo de geração de energia utilizando o biogás.

1ª Etapa - Entrada dos resíduos sanitários: os resíduos que vão alimentar o biodigestor podem ser excrementos animais, matéria de aterro sanitário e de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs). Esses resíduos são fontes da biomassa que, digerida, vai gerar o biogás.

2ª Etapa - Biodigestor: o biodigestor é a unidade onde ocorre a fermentação da biomassa. Ele pode ser constituído por um tanque, uma caixa ou uma vala revestida e coberta por um material impermeável. O fundamental é que, com exceção dos tubos de

entrada e saída, o biodigestor deve ser vedado, criando um ambiente anaeróbio (sem a presença de oxigênio) para estimular os micro-organismos na degradação do material orgânico - o que gera o biogás. Quando construído em uma vala, o biodigestor é revestido com geomembrana de Polietileno de Alta Densidade (PEAD). Sua cúpula é fechada, da mesma forma, também por uma manta PEAD - que infla com a produção do gás, como um balão.

3ª - Fermentação da biomassa: a biodigestão dos resíduos é um ciclo complexo, que envolve bactérias fermentativas e passa por vários estágios de transformação das matérias. O resultado dessa digestão é o gás, em um processo que acontece continuamente dentro do biodigestor.

4ª Etapa - Produção e saída do biogás: o biogás produzido infla a cúpula do biodigestor e, por pressão, vaza pela tubulação de saída. Essa tubulação conduz o biogás até o motor que irá transformar sua energia em eletricidade.

5ª Etapa - Caixa coletora: o processo biodigestor gera matéria orgânica residual. A fermentação conduz essa matéria a uma caixa coletora, a qual pode ser construída de alvenaria e deve ser cuidadosamente tampada. Quando são usados excrementos animais para originar a biodigestão, o material resultante do processo pode ainda ser reaproveitado como fertilizante.

6ª Etapa - Geração de energia elétrica: um dos motores bastante usados para a conversão de biogás em energia elétrica é o motor a gás de ciclo Otto. Trata-se de um motor de combustão interna que aspira a mistura ar-combustível antes de ser comprimida no interior dos cilindros. A combustão dessa mistura é feita por centelha produzida na vela de ignição. Esses motores são chamados também de motores de quatro tempos, pois seu funcionamento ocorre em quatro etapas sequenciais: admissão da mistura ar-combustível, compressão da mistura e geração de faísca, combustão para explosão da mistura, e exaustão para escape dos gases. O motor Otto, em funcionamento com a queima do biogás, alimenta, por fim, o gerador de energia elétrica.

Figura 5 - Exemplo das etapas de geração a biogás.



Fonte: o autor.

Geração Distribuída

Histórico da Regulamentação de Geração Distribuída

Como descrito no Caderno Temático ANEEL Micro e Minigeração Distribuída (2016), no exercício das suas competências legais, a Agência promoveu a Consulta Pública nº 15/2010 (de 10/09 a 9/11/2010) e a Audiência Pública nº 42/2011 (de 11/08 a 14/10/2011), as quais foram instauradas com o objetivo de debater os dispositivos legais que tratam da conexão de geração distribuída de pequeno porte na rede de distribuição. Como resultado desse processo de consulta e participação pública na regulamentação do setor elétrico, a Resolução Normativa - REN nº 482, de 17/04/2012, estabeleceu as condições gerais para o acesso de micro e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, e criou o sistema de compensação de energia elétrica correspondente.

O acompanhamento da implantação da REN nº 482/2012, realizado pela ANEEL nos últimos anos, permitiu identificar diversos pontos da regulamentação que necessitavam de aprimoramento. Dessa forma, com o objetivo de reduzir os custos e o tempo para a conexão da micro e minigeração, compatibilizar o Sistema de Compensação de Energia

Elétrica com as Condições Gerais de Fornecimento (Resolução Normativa nº 414/2010), aumentar o público alvo e melhorar as informações na fatura, a ANEEL realizou a Audiência Pública nº 26/2015 (de 7/5/2015 a 22/6/2015) que culminou com a publicação da Resolução Normativa - REN nº 687/2015, a qual revisou a REN nº 482/2012 e a seção 3.7 do Módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST.

Principais Inovações

Segundo as novas regras, que começaram a valer em 1º de março de 2016, é permitido o uso de qualquer fonte renovável, além da cogeração qualificada, denominando-se microgeração distribuída a central geradora com potência instalada até 75 quilowatts (KW) e minigeração distribuída aquela com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW (sendo 3 MW para a fonte hídrica), conectadas na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

Quando a quantidade de energia gerada em determinado mês for superior à energia consumida naquele período, o consumidor fica com créditos que podem ser utilizados para diminuir a fatura dos meses seguintes. De acordo com as novas regras, o prazo de validade dos créditos passou de 36 para 60 meses, sendo que eles podem também ser usados para abater o consumo de unidades consumidoras do mesmo titular situadas em outro local, desde que na área de atendimento de uma mesma distribuidora. Esse tipo de utilização dos créditos foi denominado “autoconsumo remoto”.

Outra inovação da norma diz respeito à possibilidade de instalação de geração distribuída em condomínios (empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras). Nessa configuração, a energia gerada pode ser repartida entre os condôminos em porcentagens definidas pelos próprios consumidores.

A ANEEL criou ainda a figura da “geração compartilhada”, possibilitando que diversos interessados se unam em um consórcio ou em uma cooperativa, instalem uma micro ou minigeração distribuída e utilizem a energia gerada para redução das faturas dos consorciados ou cooperados.

Com relação aos procedimentos necessários para se conectar a micro ou minigeração distribuída à rede da distribuidora, a ANEEL estabeleceu regras que simplificam o processo: foram instituídos formulários padrão para realização da solicitação de acesso pelo consumidor e o prazo total para a distribuidora conectar usinas de até 75 kW, que era de 82 dias, foi reduzido para 34 dias. Adicionalmente, a partir de janeiro de 2017, os consumidores poderão fazer a solicitação e acompanhar o andamento de seu pedido junto à distribuidora pela internet.

Crédito de Energia

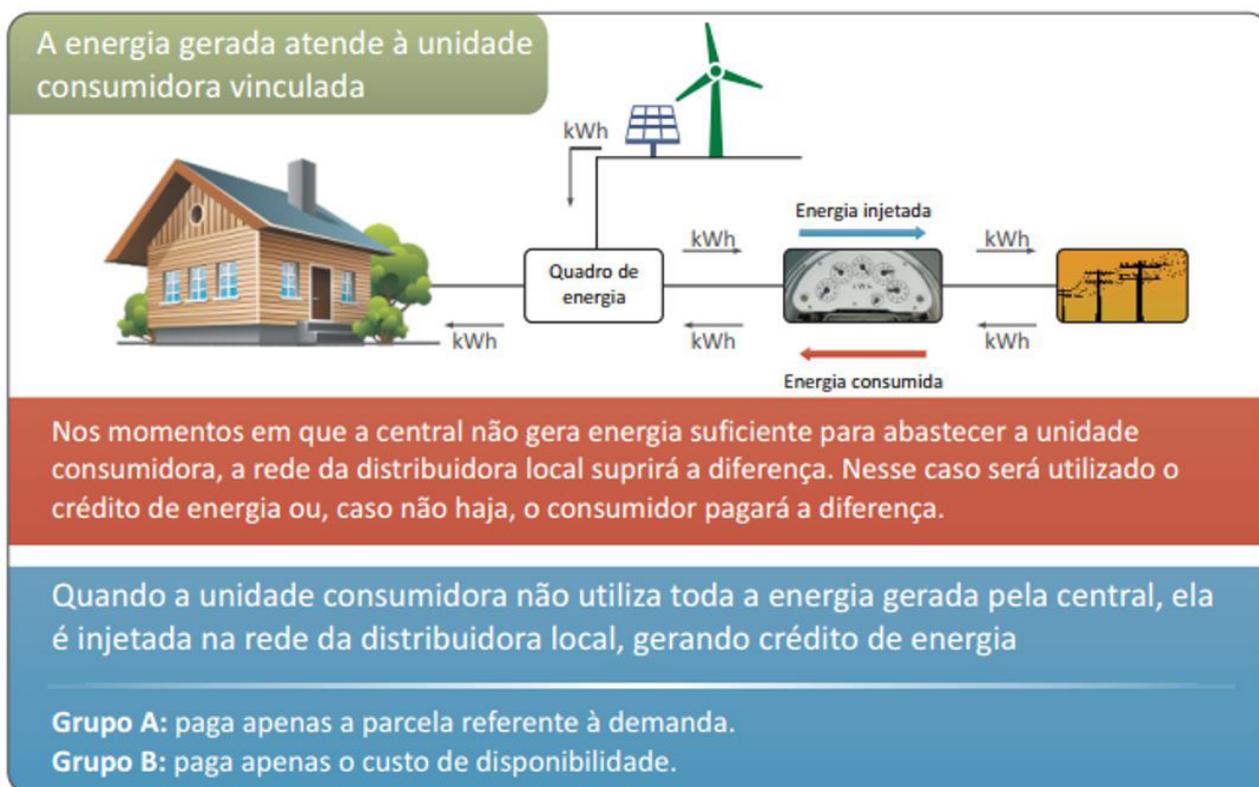
Caso a energia injetada na rede seja superior à consumida, cria-se um “crédito de energia” que não pode ser revertido em dinheiro, mas pode ser utilizado para abater o consumo da unidade consumidora nos meses subsequentes ou em outras unidades de mesma titularidade (desde que todas as unidades estejam na mesma área de concessão), com validade de 60 meses.

Um exemplo é o da microgeração por fonte solar fotovoltaica: de dia, a “sobra” da energia gerada pela central é passada para a rede; à noite, a rede devolve a energia para a unidade consumidora e supre necessidades adicionais. Portanto, a rede funciona como uma bateria, armazenando o excedente até o momento em que a unidade consumidora necessite de energia proveniente da distribuidora.

Conforme disposto do site da COPEL (2017) as regras estabelecidas pela Resolução ANEEL nº 482/2012, modificada pela Resolução Normativa ANEEL nº 687/2015, é permitido aos consumidores instalar geradores de pequeno porte em suas unidades consumidoras e utilizar o sistema elétrico da Copel para injetar o excedente de energia, que será convertido em crédito de energia válido por 60 meses. Estes créditos poderão ser utilizados para

abater do consumo da própria unidade consumidora nos meses seguintes ou de outras unidades consumidoras que precisam estar previamente cadastradas para esse fim e atendidas pela mesma distribuidora (Copel), cujo titular seja o mesmo da unidade com sistema de compensação de energia elétrica, possuidor do mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto ao Ministério da Fazenda. Outra forma para adicionar unidades consumidoras para o abatimento do consumo é através de empreendimento com múltiplas unidades consumidoras ou geração compartilhada.

Figura 6 - Sistema de compensação de energia elétrica.



Fonte: o autor.

Microgeração é a central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras (NTC Copel, 2016).

Minigeração é a central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW

para cogeração qualificada, nos termos da Resolução ANEEL No 235/2006, ou demais fontes renováveis, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras (NTC Copel, 2016).

Segundo a Norma NTC 905200 da COPEL (2016) aplica-se ao acesso de microgeração e minigeração distribuída ao sistema de distribuição da Copel abrangidos pela Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, ou seja, que acessem o sistema elétrico através de unidades consumidoras e que façam a adesão ao Sistema de Compensação de Energia Elétrica, com potência instalada de geração até 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, nos termos da Resolução ANEEL No 235/2006, ou demais fontes renováveis.

A NTC 905200 (2006) também define os tipos de conexão com rede elétrica da COPEL, sendo dividida em:

- Acessantes de Geração até 75 kW a conexão poderá ser diretamente em Baixa tensão (BT).
- Acessantes de Geração de 76 kW até 300 kW a conexão deverá ser trifásica por meio de relés de proteção e transformador exclusivo do acessante. Para esta faixa de potência é admitido o uso de disjuntor de baixa tensão (BT).
- Acessantes de Geração de 301 kW até 500 kW a conexão deverá ser trifásica por meio de disjuntor de média tensão (MT), relés de proteção e transformador exclusivo do acessante na própria unidade consumidora.
- Acessantes de Geração de 501 kW acima a conexão deverá ser trifásica por meio de disjuntor de média tensão, relés de proteção e transformador exclusivo do acessante na própria unidade consumidora.

METODOLOGIA

Dimensionamento Sistema de Geração Solar

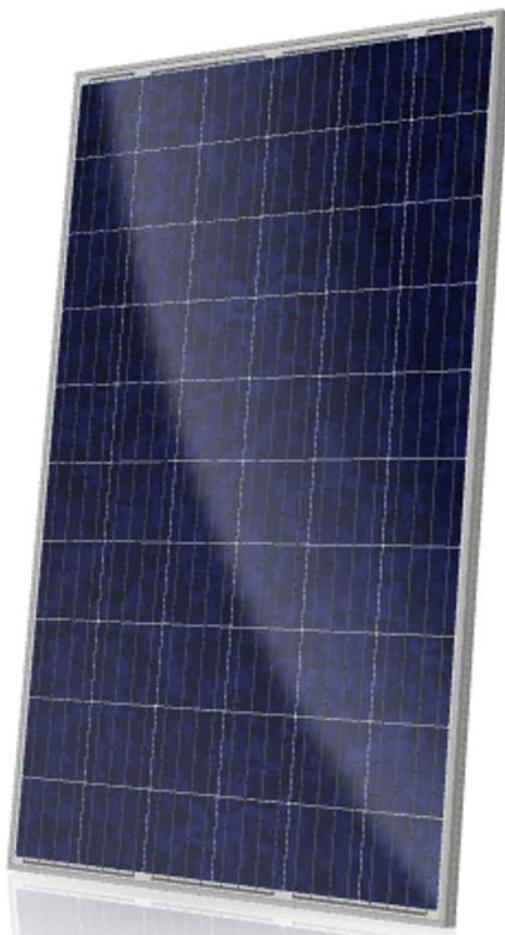
Para o dimensionamento do sistema de geração fotovoltaico é considerada uma potência instalada de 40 kW, divididos em dois inversores do fabricante Fronius, modelo Symo 20.0-3M. Os painéis fotovoltaicos possuem potência nominal de 275 W, sendo utilizados um total de 160 (cento e sessenta) painéis, totalizando uma potência nominal de 44 kWp. Os painéis são do fabricante Canadian, modelo CS6K – 275P.

Figura 7 - Inversor de Frequência Fronius Symo 20.0-3M.



Fonte: o autor.

Figura 8 - Painel Fotovoltaico Canadian CS6K – 275P.



Fonte: o autor.

A área total ocupada pelas placas será de aproximadamente 262 m². Cada painel fotovoltaico tem uma massa de 18,2 kg.

Para o dimensionamento do sistema fotovoltaico foram consideradas que a inclinação média do telhado é de 20°, não há sombreamento sobre as placas em qualquer hora do dia, independentemente da estação do ano, é considerado um deslocamento em relação ao norte de aproximadamente 0°. O sistema foi dividido em 4 strings por MPPT, sendo que cada strings possui 20 módulos em série.

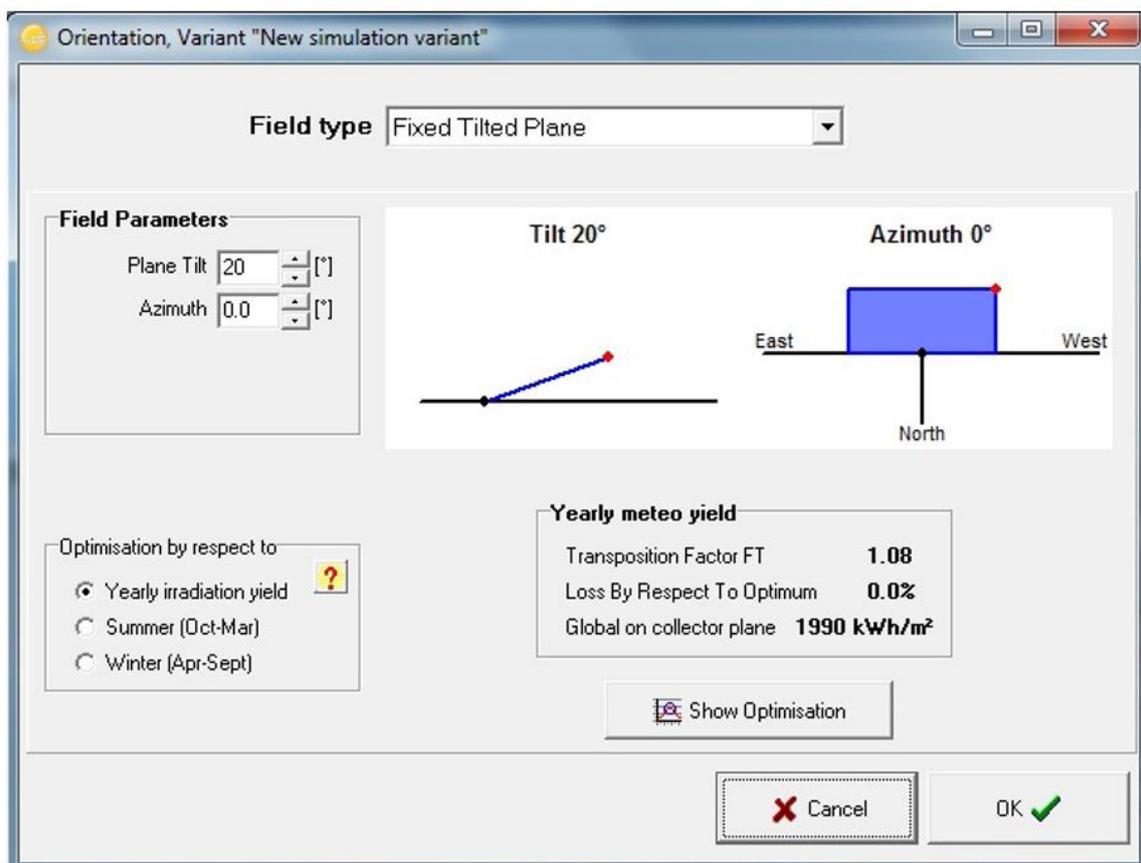
A análise de produção de energia elétrica será efetuada utilizando-se a análise computacional do *software* PVsyst.

Figura 9 - Painel Fotovoltaico Canadian CS6K – 275Px.



Fonte: o autor.

Figura 10 - Orientação do sistema fotovoltaico.



Fonte: o autor.

Figura 11 - Dimensionamento MPPT principal.

Grid system definition, Variant "New simulation variant"

Global System configuration

2 Number of kinds of sub-arrays

Simplified Schema

Global system summary

Nb. of modules	160	Nominal PV Power	44.0 kWp
Module area	262 m ²	Maximum PV Power	43.4 kWdc
Nb. of inverters	2	Nominal AC Power	40.0 kWac

MPPT Principal | MPPT Secundaria

Sub-array name and Orientation

Name: MPPT Principal Order: 1

Orient.: **Fixed Tilted Plane** Tilt: 20° Azimuth: 0°

Select the PV module

Available Now

Canadian Solar Inc. | 275 Wp 26V Si-poly CS6K - 275P MIX Since 2016 Manufacturer 2C

Sizing voltages: Vmpp (60°C) 26.4 V Voc (-10°C) 42.4 V

Use Optimizer

Select the inverter

Available Now

Fronius International | 20 kW 200 - 800 V TL 50/60 Hz Symo 20.0-3-M Since 2013

Nb of MPPT inputs: 2 Operating Voltage: 200-800 V Global Inverter's power: 20.0 kWac Power sharing

Main input Secondary Input maximum voltage: 1000 V **Inverter with 2 Unbalanced MPPT**

Presizing Help

No sizing Enter planned power: 22.0 kWp

... or available area(modules): 131 m²

Design the array

Number of modules and strings

Mod. in series: 20 between 8 and 23

Nbre strings: 4

Overload loss: 0.0 % Pnom ratio: 1.10

Nb. modules: 80 Area: 131 m²

Operating conditions

Vmpp (60°C) 528 V
Vmpp (20°C) 631 V
Voc (-10°C) 847 V

Plane irradiance: 1000 W/m²

Impp (STC) 35.7 A
Isc (STC) 38.3 A
Isc (at STC) 37.8 A

Max. in data STC

Max. operating power at 1000 W/m² and 50°C: 19.8 kW

Array nom. Power (STC) 22.0 kWp

System overview Cancel OK

Fonte: o autor.

Figura 12 – Dimensionamento MPPT secundária

Grid system definition, Variant "New simulation variant"

Global System configuration

Number of kinds of sub-arrays: 2

Global system summary

Nb. of modules	160	Nominal PV Power	44.0 kWp
Module area	262 m ²	Maximum PV Power	43.4 kWdc
Nb. of inverters	2	Nominal AC Power	40.0 kWac

MPPT Principal | MPPT Secundaria

Sub-array name and Orientation

Name: MPPT Secundaria Order: 2 Tilt: 20° Azimuth: 0°

Orient: **Fixed Tilted Plane**

Presizing Help

No sizing Enter planned power: 22.0 kWp

... or available area(modules): 131 m²

Select the PV module

Available Now

Canadian Solar Inc. | 275 Wp 26V Si-poly CS6K - 275P MIX Since 2016 Manufacturer 2C

Sizing voltages: Vmpp (60°C) 26.4 V Voc (-10°C) 42.4 V

Use Optimizer

Select the inverter

Available Now

Fronius International | 20 kW 200 - 800 V TL 50/60 Hz Symo 20.0-3-M Since 2013

Nb of MPPT inputs: 2 Operating Voltage: 200-800 V Global Inverter's power: 20.0 kWac

Main input **Secondary** Input maximum voltage: 1000 V **Inverter with 2 Unbalanced MPPT**

50 Hz 60 Hz

Design the array

Number of modules and strings

Mod. in series: 20 between 8 and 23

Nbre strings: 4

Overload loss: 0.0 % Pnom ratio: 1.10

Nb. modules: 80 Area: 131 m²

Operating conditions

Vmpp (60°C): 528 V
Vmpp (20°C): 631 V
Voc (-10°C): 847 V

Plane irradiance: **1000 W/m²**

Imp (STC): 35.7 A Max. operating power at 1000 W/m² and 50°C: **19.8 kW**

Isc (STC): 38.3 A **Array nom. Power (STC): 22.0 kWp**

Isc (at STC): 37.8 A

Max. in data **STC**

Fonte: o autor.

Dimensionamento Sistema de Geração a Biogás

O dimensionamento do sistema de geração a biogás é baseado na produção de gás fornecida pela Bioköhler Biodigestores, onde estima-se que a produção de biogás para 250 bovinos será de 400 m³/ dia. O grupo gerador utilizado é de 40 kVA, motor modelo MWM-D-229/4, do fabricante Biogás Motores.

O gerador consome em média 20 m³/hora de biogás, assim o gerador funcionará em média um total de 20 horas por dia. É considerado que o gerador trabalhará de forma contínua, sete dias por semana com carga variável ou em *base load* (carga constante). Conforme informações fornecidas pelo fabricante, o gerador em regime de funcionamento contínuo trabalhará com potência de 25 kW.

Para o cálculo de energia gerada é utilizada a equação abaixo.

$$EG = HF \times PT \times DM \quad \text{Eq.(01)}$$

Onde:

EG – Energia gerada [kWh/mês]

HF – Hora de funcionamento por dia [h/dia]

PT – Potência de trabalho em regime contínuo [kW]

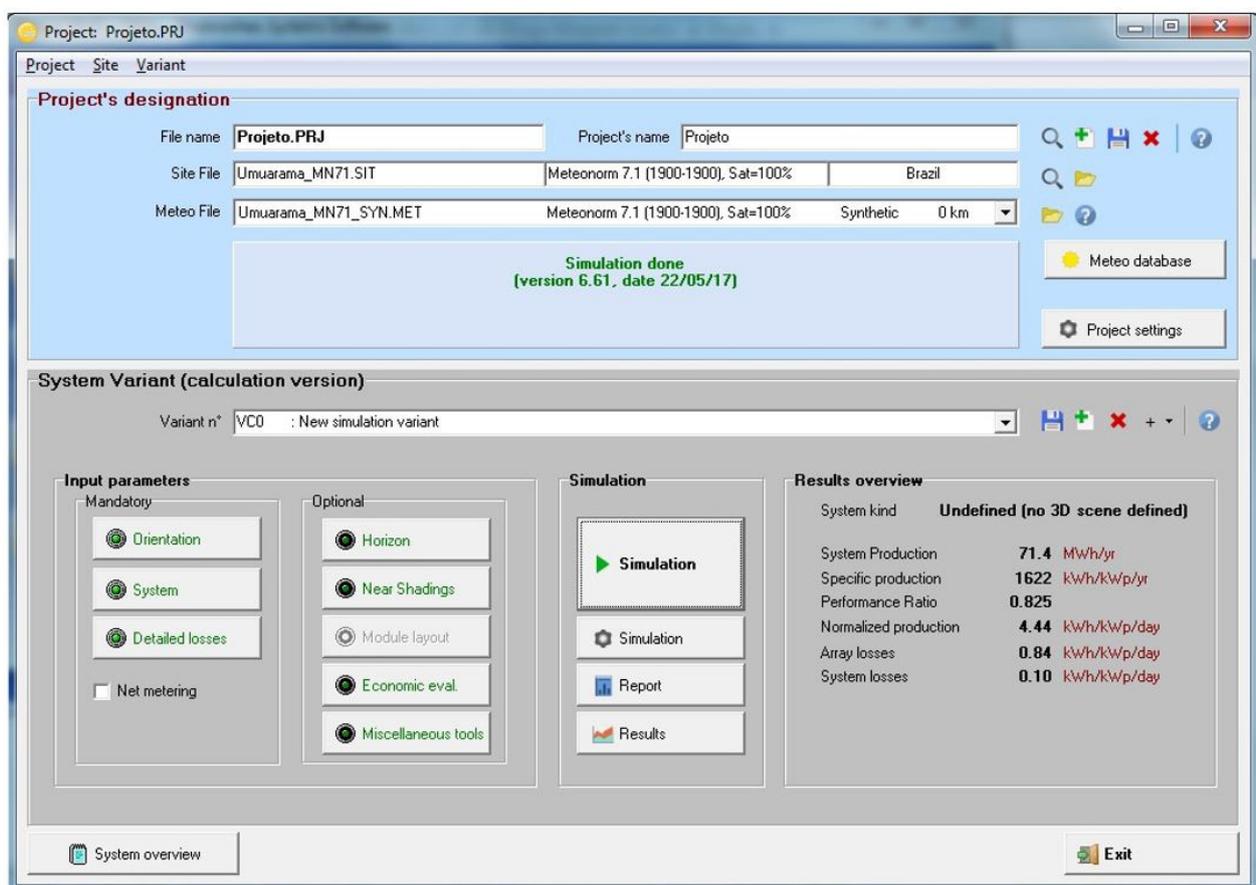
DM – Quantidade de dias do mês [Dia/mês]

RESULTADOS E ANÁLISE

Sistema de Geração Fotovoltaica

Depois de realizado o dimensionamento do sistema de geração fotovoltaico utilizando o PVSyst, tem-se abaixo os resultados da simulação computacional.

Figura 13 - Resultados computacionais.



Fonte: o autor.

O sistema de geração fotovoltaico de 40 kW produzirá aproximadamente 71,4 MWh/ano, ou seja, 5950 kWh por mês. Deve ficar claro que este valor é uma média de produção, sendo que podem ocorrer meses em que a produção de energia seja maior ou menor que a média esperada.

Sistema de Geração a Biogás

Com o dimensionamento do sistema apresentado, temos que o gerador trabalhará em regime constante (25kW) em média 20 horas/dia, sendo que o período mensal considerado é de 30 dias, assim aplicando-se a equação xxxx temos o resultado abaixo.

$$EG = 20 \times 25 \times 30$$

$$EG = 15000 \text{ kW h/mês}$$

A energia gerada pelo sistema será de aproximadamente 15000 kWh/ mês.

Comparativo

Dimensionados o sistema solar e biogás, temos que produção de energia elétrica mensal respectivamente será de 5950 kWh/mês e 15000 kWh/mês. Deve-se ressaltar que a vida útil do sistema solar é 25 anos, e do sistema a biogás é de 10 anos. Considerando a geração total realizada após o período de vida útil temos que a produção de biogás será de 1800 MWh e a de energia fotovoltaica 1785 MWh.

A concessionária de energia COPEL apresenta as tarifas vigentes para o grupo tarifário B2 – Rural os valores apresentados na figura abaixo.

Figura 14 - Tarifa Convencional subgrupo B2 Rural.

CONVENCIONAL	Resolução ANEEL Nº 2.214, de 28 de março 2017	
Tarifa em R\$/kWh	Resolução ANEEL(*)	com Impostos: ICMS e PIS/COFINS
B2-Rural	0,29129	0,44813
Vigência em 01/05/2017		

Fonte: Copel

Aplicando-se a tarifa vigente de R\$ 0,44813 por kWh sobre a produção do sistema de geração temos que o sistema fotovoltaico proporcionará uma economia mensal de aproximadamente R\$ 2.666,40 por mês. O sistema de geração a biogás fornecerá uma economia de aproximadamente R\$ 6.721,95 por mês. Considerando que haja alteração no valor da tarifação durante o período de vida útil dos sistema, tem-se que a economia durante o período de funcionamento da geração será de R\$ 799.920,00 após os 25 anos do sistema fotovoltaico e R\$ 806.634,00 após os 10 anos do sistema de geração a biogás.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As energias renováveis apresentaram um crescimento recorde em 2015 conforme indicado pela Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA), a que do no custo de investimento é o principal fator para a aceleração do desenvolvimento dos sistemas. O crescimento foi impulsionado em sua maior pela energia solar, seguido da energia eólica e bioenergia. Os sistema apresentados neste trabalho consiste na utilização da energia solar através de placas fotovoltaicas e no biogás gerado pela decomposição de materiais orgânicos para geração de energia elétrica.

O sistema fotovoltaico de 40 kW apresentou uma produção de energia elétrica de aproximadamente 5950 kWh por mês, sendo que ao final do período de vida útil do sistema será acumulada uma economia de R\$ 799.920,00.

O sistema de geração a biogás de 40 kVA apresentou uma produção de energia elétrica de aproximadamente 15000 kWh por mês, sendo que ao final do período de vida útil do sistema será acumulada uma economia de R\$ 806.634,00.

Considerando o período de vida útil de ambos os sistemas, a econômica proporcionada são muito parecidas, sendo que para escolha de implantação do sistema deve-se levar em consideração os custos de manutenção, área disponível para instalação do sistema, volume de material orgânico disponível.

Portanto, conclui-se que os sistema de geração utilização as fontes de energias renováveis, solar e biogás, apresentam uma excelente alternativa para geração de energia elétrica, proporcionando uma utilização eficiente do meio ambiente e economia a energia elétrica.

REFERÊNCIAS

- ABATZOGLOU, N.; Boivin S. **A Review of Biogas Purification Processes**. Biofuels Bioproducts & Biorefining, v. 3, p. 42 – 71, 2009.
- ANEEL – **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Resolução Normativa Nº 482. 2012. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 20/05/2017.
- ANEEL – **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Micro e Minigeração Distribuídas. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 20/05/2017.
- BLEY Jr. Cícero. **Agro energia da biomassa residual: Perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais**. 2a edição. Revista Itaipu Binacional/FAO. Foz do Iguaçu/Brasília. 2009.
- CORSINI, R. **Energia**. Disponível em: <http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/24/artigo277850-1.aspx>>. Acesso em: 20/05/2017.
- DIENSTMANN. G. **Energia Sola Uma comparação de tecnologias**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009, p 18.
- DUERR, M.; GAIR, S.; CRUDEN, A.; MCDONALD, J. **Hydrogen and electrical energy from organic waste treatment**. Int. J. Hydrogen Energy 2006, no prelo.
- FILHO, J. A. C. **Biogás, Independência energética do Pantanal Mato Grossense**. Circular técnica, n. 9, 1981.
- GASPAR, Rita M. B. L. **Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo – PR. Florianópolis – SC**. Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. 2003. Disponível em: <http://www.tede.ufsc.br/teses/PEPS4022.pdf> > Acesso em: 20/05/2017.
- HAMELIN, L.; WESNAES, M.; WENZEL, H.; PETERSEN, B. M. **Environmental Consequences of Future Biogas Technologies Based on Separated Slurry**. Institute of Chemical engineering, Biotechnology and Environmental Technology, Faculty of Engineering, University of Southern Denmark, Campuses 55, 5230 Odense M., Denmark, 2011.
- INCE, Bahar Kasapgil; Ince, Orhan; Anderson, G. Ken; Araicy, Samiha. **Assessment of Biogas Use as an Energy Source from Anaerobic Digestion of Brewery Wastewater**. Water, Air and Soil Pollution. V. 126. Pag. 239 – 251, 2001.
- INTERNATIONAL Water Technology Conference - IWTC.8, 2004, Alexandria. **Anaerobic Digestion Technology for Industrial Wastewater Treatment**. p. 817-834, 2004.
- JORNADA de Ensino, Pesquisa e Extensão - JEPEX. 10, 2010, Recife. **Uso de Biomassa para Produção Energética**. Recife: UFRPE, 3 p., 2010.
- KAKINAMI, S. H. e IMBIMBO, H. R. V. **Avaliação de Toxicidade de Efluente Industrial em Biodigestor Anaeróbio através do Teste de Atividade Metanogênica Específica**. In: 21o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Set. 2001, João Pessoa.

LARSON, E. D.; **Technology For Electricity And Fuels From Biomass**. Center for Energy and Environmental Studies, School of Engineering and Applied Science, Princeton University, Princeton, New Jersey, 08544, 1993.

MICRO e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica / **Agência Nacional de Energia Elétrica**. 2. Ed. – Brasília : ANEEL, 2016.

MICRO e Minigeração – **Sistema de Compensação de Energia Elétrica**. Disponível em: <http://www.copel.com/>> Acesso em: 20/05/2017.

NASCIMENTO, C. **Princípio de Funcionamento da Célula Fotovoltaica**. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2004. 23 f.

NORMA Técnica Copel - NTC 905200: **Acesso de Micro e Minigeração Distribuída ao Sistema da Copel**. 2016

OLIVEIRA, P. A. V. **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas**. Concórdia, Embrapa Suínos e Aves, 2004.

PEREIRA, F.; OLIVEIRA, M. **Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica**. Porto: Publ. indústria, 2011.

PRETO, E. V.; MORTOZA G. L. **Geração de energia elétrica utilizando biomassa**. Brasília, DF. Trabalho final de graduação no curso de Engenharia Elétrica. Universidade de Brasília.

SERRÃO, M. A. S. **Dimensionamento de um sistema fotovoltaico para uma casa de veraneio em Pouso da Cajaíba** – Paraty. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

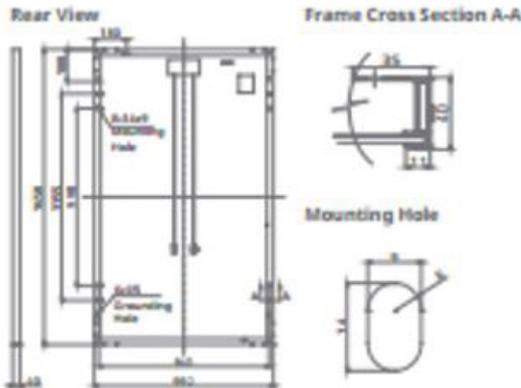
SEVERINO, M.& OLIVEIRA, M. **Fontes e Tecnologias de Geração Distribuída para Atendimento a Comunidades Isoladas**. Energia, Economia, Rotas Tecnológicas: textos selecionados, Palmas, ano 1, p. 265-322, 2010.

VILLALVA, M. G. **Energia Solar Fotovoltaica conceitos e aplicações**. 2ª ed. São Paulo: Editora Érica, 2015. p 71.

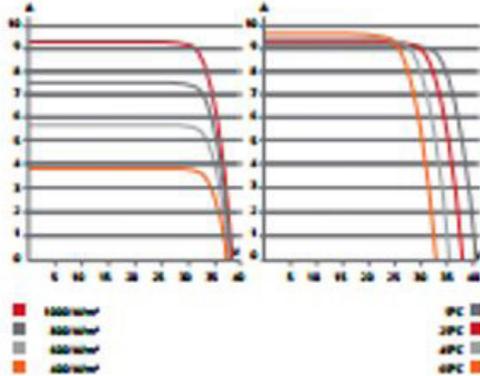
ANEXO A

Especificação painel fotovoltaico

ENGINEERING DRAWING (mm)



CS6K-270P / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

CS6K	260P	265P	270P	275P
Nominal Max. Power (P _{max})	260 W	265 W	270 W	275 W
Opt. Operating Voltage (V _{imp})	30.4 V	30.6 V	30.8 V	31.0 V
Opt. Operating Current (I _{imp})	8.56 A	8.66 A	8.75 A	8.88 A
Open Circuit Voltage (V _{oc})	37.5 V	37.7 V	37.9 V	38.0 V
Short Circuit Current (I _{sc})	9.12 A	9.23 A	9.32 A	9.45 A
Module Efficiency	15.88%	16.19%	16.50%	16.80%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C			
Max. System Voltage	1000 V (IEC) or 1000 V (UL)			
Module Fire Performance	TYPE I (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)			
Max. Series Fuse Rating	15 A			
Application Classification	Class A			
Power Tolerance	0 ~ + 5 W			

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

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline, 6 inch
Cell Arrangement	60 (6 × 10)
Dimensions	1650 × 992 ± 40 mm (65.0 × 39.1 ± 1.57 in)
Weight	18.2 kg (40.1 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame Material	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP67, 3 diodes
Cable	4 mm ² (IEC) or 4 mm ² & 12 AWG 1000 V (UL), 1000 mm (39.4 in)
Connector	T-4 series or PV2 series
Per Pallet	26 pieces, 520 kg (1146.4 lbs)
Per container (40' HQ)	728 pieces

ELECTRICAL DATA | NOCT*

CS6K	260P	265P	270P	275P
Nominal Max. Power (P _{max})	189 W	192 W	196 W	199 W
Opt. Operating Voltage (V _{imp})	27.7 V	27.9 V	28.1 V	28.3 V
Opt. Operating Current (I _{imp})	6.80 A	6.88 A	6.97 A	7.05 A
Open Circuit Voltage (V _{oc})	34.5 V	34.7 V	34.8 V	34.9 V
Short Circuit Current (I _{sc})	7.39 A	7.48 A	7.55 A	7.66 A

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

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (P _{max})	-0.41 % / °C
Temperature Coefficient (V _{oc})	-0.31 % / °C
Temperature Coefficient (I _{sc})	0.053 % / °C
Nominal Operating Cell Temperature	45 ± 2 °C

PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE

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

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

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

PARTNER SECTION



Sobre os Autores

Emanuel Vedovetto Santos

Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Maringá – UEM (2015). Mestrando em Bioenergia e Energias Renováveis na Universidade Estadual de Maringá - UEM / PPB. Pós-graduado Lato Sensu em Energias Renováveis pela Faculdade Unyleya – RJ (2018) e Pós-graduado Lato Sensu em Educação: Métodos e Técnicas de Ensino pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR (2018). Docente no Instituto Federal do Paraná - IFPR, Campus Telêmaco Borba - PR. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em energias renováveis, sistemas fotovoltaicos, instalações elétricas e gerenciamento de obras.

Katia Palma Matias

Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Paranaense de Umuarama - UNIPAR (2013). Pós-graduado Lato Sensu em Educação: Métodos e Técnicas de Ensino pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR (2018). Mestranda em Bioenergia e Energias Renováveis na Universidade Estadual de Maringá - UEM / PPB. Tem experiência na área de energias renováveis, sistemas fotovoltaicos.

Paschoal Molinari Neto

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Bahia (1986). Mestrado em Engenharia Eletrônica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (1989). Docente no Instituto Federal do Paraná - IFPR, Campus Telêmaco Borba - PR. Tem experiência profissional na área de Engenharia Eletrônica e Computação.

Rubens Koloski Chagas

Graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Lavras (1996). Doutorado em Ecologia de Ecossistemas Terrestres e Aquáticos pela Universidade de São Paulo (2006). Mestrado em Manejo Ambiental pela Universidade Federal de Lavras (2000). Professor de ensino a distância no curso de pós-graduação pela UNYLEYA EDITORA E CURSOS S/A. Consultor na área florestal com experiência em trabalhos de levantamento, análise da vegetação, corredores ecológicos e restauração florestal

Índice Remissivo

A

ambiental 10
ambiente 9, 18, 33
aplicação 9, 10, 17
autossustentabilidade 10

B

biodigestão 18
biodigestor 15, 17, 18
biogás 9, 10, 15, 17, 18, 19, 29, 31, 32, 33
biomassa 14, 15, 17, 18, 22, 34, 35

C

circuito 12
consciência 10
consumidora 21, 22, 23
consumo 17, 20, 21, 22
conversão 13, 18

D

distribuição 10, 19, 20, 22, 23
distribuída 9, 10, 19, 20, 21, 23, 35

E

economia 9, 10, 32, 33
elétrica 9, 10, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 22, 23, 25,
31, 33, 35
eletricidade 12, 15, 18

elétrico 10, 12, 19, 21, 23

energética 10, 15, 34

energéticas 9, 34

energia 9, 10, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 29, 30, 31, 33, 34, 35

energias 9, 15, 33

F

fonte 14, 20, 21

fontes 9, 10, 15, 17, 22, 23, 33

fotovoltaicas 13, 33

fotovoltaico 9, 10, 12, 13, 24, 25, 26, 30, 32, 33, 35, 36

fotovoltaicos 9, 24

G

geração 9, 10, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 29, 30, 31, 32, 33

gerada 8, 20, 21, 29, 31

gerador 9, 15, 18, 29, 31

I

impacto 10

instalação 20, 33

L

limpa 14

M

matriz 10, 15

matrizes 9

meio 9, 20, 22, 23, 33

microgeração 10, 20, 21, 23

minigeração 10, 19, 20, 21, 23, 35

P

painéis 24

painel 13, 25, 36

placas 9, 13, 25, 33

preocupação 9

processo 13, 15, 16, 17, 18, 19, 21

produção 12, 14, 15, 17, 18, 25, 29, 30, 31, 32, 33, 35

produções 9

R

radiação 9, 12

rede 10, 13, 14, 19, 20, 21, 22, 23

renováveis 9, 10, 15, 23, 33

resíduos 15, 16, 17, 18, 35

S

sistema 6, 9, 10, 12, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 29, 30, 31, 32, 33, 35

sistemas 9, 10, 13, 19, 33

sociedade 9

socioambiental 10

solar 9, 10, 12, 21, 22, 31, 33, 35

solares 13
sustentáveis 9
sustentável 9

U

unidade 17, 21, 22, 23
útil 9, 31, 32, 33
utilização 9, 12, 13, 14, 17, 20, 33

V

vida 9, 31, 32, 33



AYA EDITORA
2024