

Projeto do Programa PROBIC 2019/1 CAIC/PRODIS/UNIPAC Barbacena

Área de conhecimento: Engenharia Civil

Título do projeto desenvolvido: “Os impactos técnico-econômicos e ambientais dos sistemas de energia solar fotovoltaica integrados ao projeto”

Coordenador do projeto: Prof. Dr. Marcelo Batista do Amaral

Aluno bolsista associado ao desenvolvimento do projeto: Evaldo Antônio Ferreira

Vigência do projeto: abril/2019 - março/2020

SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E SUA INTEGRAÇÃO AO PROJETO DE EDIFICAÇÕES CIVIS

Amaral, Marcelo Batista¹
Ferreira, Evaldo Antônio²

RESUMO

A pesquisa tem como objetivo geral apresentar os sistemas fotovoltaicos, abordando as principais e atuais questões técnicas, legais e ambientais pertinentes ao tema. Complementando esta caracterização geral do sistema de Geração Solar, este trabalho tem como foco e objetivo específico, o detalhamento dos processos e métodos de integração dos equipamentos envolvidos nas edificações civis, notadamente nos telhados de residências, prédios e terrenos.

Dentro desses objetivos, são então apresentados e discutidos os métodos de fabricação dos equipamentos, suas vantagens e desvantagens, custos, eficácia e principalmente o conforto e segurança oferecidos pelo sistema fotovoltaico.

Adicionalmente, corroborando a necessária integração entre teoria e prática, são apresentados e debatidos 3 casos reais de instalações típicas de campo, exibindo detalhes e registros fotográficos ilustrativos, assim como tabelas-resumo contendo os resultados de desempenho e produção dos respectivos sistemas.

Em resumo, cabe ressaltar que o aprimoramento tecnológico dos sistemas, suas inovações, novos materiais e métodos de instalação empregados, questões de otimização operativa e produção energética, minimização dos impactos ambientais, redução dos custos dos equipamentos e instalação dos sistemas, com máxima atratividade e plena adequação para toda a sociedade, são os pontos fundamentais desta pesquisa.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema fotovoltaico, geração, energia, edificação.

¹ Professor Dr. da Faculdade de Engenharia do Centro Universitário Presidente Antônio Carlos/UNIPAC.

² Acadêmico do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Presidente Antônio Carlos/UNIPAC.

1 INTRODUÇÃO

Diante da atual realidade mundial, com uma demanda por energia cada vez mais crescente, a escassez dos recursos hídricos renováveis e a crescente imposição das nações por um rígido controle das emissões poluentes, visualizamos o raiar de uma nova era tecnológica que busca energia de fontes renováveis, não poluentes, intituladas fontes “limpas”. Neste contexto surge a energia solar fotovoltaica, suprida por uma fonte inesgotável, presente desde o início dos tempos, o sol.

A procura por novas formas de conversão de energia é uma das maiores e inquietantes obstinações do homem. Mesmo nos tempos mais remotos, o homem já sonhava com algo que pudesse simplificar suas atividades, tornando a vida mais confortável, mais segura e prazerosa.

Em meados do século XVII, OTTOM VAN GUERICKE inventou uma máquina que, com uma porção de enxofre girando em uma velocidade elevada em atrito com o solo seco produzia uma tensão elétrica. Com o passar dos tempos e a evolução dos materiais, técnicas e equipamentos, chegamos às formas atuais, tradicionais de geração de energia elétrica, por meio das usinas hidráulicas e termoelétricas. A eletricidade se tornou fundamental na vida moderna e está presente em praticamente todas as atividades humanas, sejam relacionadas ao trabalho, estudo ou lazer, sendo parte integrante do nosso convívio social.

Hoje podemos afirmar que já não conseguimos fazer quase nada sem uma fonte de energia que impulse nossas ações. Nossas fábricas são movidas basicamente por eletricidade e nosso dia a dia é repleto do uso de uma variedade de equipamentos e instrumentos elétricos, desde pequenos eletrodomésticos, aparelhos de comunicação, até as grandes máquinas, robôs, veículos e locomotivas.

Ao estudarmos a atual realidade da matriz energética mundial, deparamos com um quadro de dificuldade para implementação dos grandes e tradicionais empreendimentos de geração, como usinas hidráulicas, térmicas e nucleares, eventualmente agravado pela escassez sazonal dos recursos naturais, mas sobretudo por questões legais, pela impossibilidade ou atrasos na construção dos empreendimentos de geração, esbarrando em processos ambientais/legais de concessão demasiadamente morosos, mas notadamente essenciais a processo, visando a proteção dos ecossistemas e a vida das comunidades afetadas.

Diante disso, as novas fontes de energia alternativas e renováveis, ganham foco e destaque na Engenharia e Sociedade, para o pleno suprimento de uma demanda por energia elétrica cada vez mais crescente e fundamental à vida humana.

Neste contexto, a energia fotovoltaica chega para minimizar e aliviar os principais fatores da questão energética atual, que são o consumo crescente e a oferta ainda insuficiente de energia “limpa”. Diante deste cenário, a energia fotovoltaica aparece como revolucionária, absolutamente renovável e promissora, sendo viável sua produção e utilização em toda a terra habitada pelo homem, particularmente em locais onde há dificuldade de produção e transmissão das energias convencionais, promovendo assim, a melhoria geral da qualidade de vida da humanidade.

Por intermédio do efeito fotovoltaico, que basicamente se dá pela exposição de silício reagindo à luz solar, quando então as moléculas do silício entram em movimento provocando certo aquecimento e corrente elétrica. Segundo ALMEIDA, ROSA E DIAS ET AL (...) citando Severino e Oliveira “o efeito voltaico é gerado através da absorção da luz solar, que ocasiona uma diferença de potencial na estrutura do material semiconductor”³.

Uma das facilidades dos sistemas fotovoltaicos é a possibilidade de sua interligação com as redes elétricas das companhias de eletricidade locais, permitindo assim o escoamento e distribuição de uma energia de origem limpa, silenciosa e renovável. A sua produção é constante nos períodos do dia mesmo com baixa incidência da luz solar, sendo naturalmente cessada durante o período noturno. O excedente produzido e não consumido é absorvido pela rede de eletricidade da companhia local, cujos dados de medição são obtidos e controlados a partir de um medidor bidirecional que computa o que foi gerado pela usina fotovoltaica e seus intercâmbios com o sistema da concessionária, acumulando “créditos” de energia para consumo no período noturno e em outros pontos de consumo indicados pelo cliente titular do contrato com a concessionária local.

³ ALMEIDA, Eliane; ROSA, Anna Clara; DIAS, Fernanda Cristina Lima Sales; et al. **Energia solar fotovoltaica**: revisão bibliográfica.

A instalação do sistema da usina fotovoltaica deve ser no espaço de maior incidência solar da residência, normalmente, em telhados, não ocupando espaços úteis ou de uso diário pelos moradores.

O desenvolvimento do sistema fotovoltaico teve início graças à inovação e capacidade do físico francês chamado Alexandre Edmond Becquerel, no século XIX. Nos tempos mais remotos este homem teve a ideia de usar a luz solar como fonte de energia. Com seus incansáveis testes e estudos, observou pela primeira vez um efeito de geração de potenciais elétricos e calor provocado pela exposição à luz solar de eletrodos submersos em solução condutora por um certo tempo. Ocorreu aí o primeiro e principal efeito de descoberta da energia solar, "O efeito Fotovoltaico", registrado no ano de 1839.

Considerada como futurista por um longo tempo, estas pesquisas se restringiram exclusivamente aos cientistas, que com poucos recursos não progrediram muito em seus estudos. Acreditava-se não obter resultados significativos e coletivos com esta energia e que não a poderiam utilizar efetivamente. Os avanços nos estudos dos fenômenos fotovoltaicos que desenvolvidos por Albert Einstein, renderam-lhe seu primeiro prêmio Nobel no ano de 1923, consolidando este sistema como uma forma importante de produzir energia limpa.

Já na era moderna que teve início em 1954, o químico americano Calvin Fuller desenvolveu o processo de dopagem do silício sendo esta descoberta partilhada com outro físico americano chamado Gerald Pearson que, com dinamismo e muito esforço, otimizou as reações do silício descobrindo que as amostras exibiam um comportamento fotovoltaico, sendo estes reafirmados por outro físico americano, Daryl Chapin.

A primeira célula fotovoltaica produzida por Fuller era de silício dopado com arsênio e depois com boro, cujas combinações promoveram uma placa com eficiência recorde para a ocasião, abrindo caminho para novas pesquisas, sendo esta forma apresentada à sociedade em 25 de abril de 1964 como uma célula solar que mudaria os rumos da captação e produção de energia limpa.

A insolação sobre a crosta terrestre é maior que a capacidade de absorção ou demanda total diária, desta forma dentre as diversas fontes de energia, a solar é a mais abundante e sustentável, tornando-se assim uma excelente forma de gerar energia elétrica. Desde a primeira demonstração do efeito fotovoltaico em 1839, apresentada por Becquerel, com apenas 19 anos, deu-se início a corrida por avanços

tecnológicos, sendo estudado por diversos físicos e cientistas, culminando com o aparecimento das primeiras células fotovoltaicas no século XX.

Na sequência, novos estudos e desenvolvimentos foram conduzidos por cientistas, pesquisadores, laboratórios e fabricantes até chegarmos aos sistemas atuais, com grande e inegável progresso.

Nos dias atuais os sistemas fotovoltaicos avançam em ritmo acelerado em todo o mundo, tanto pelas vantagens econômicas, como pelos benefícios socioambientais envolvidos. Atualmente observa-se uma redução significativa nos custos de aquisição e instalação, o que resultou em uma grande popularização e disseminação do sistema nas cidades e áreas rurais, muito além do que Becquerel imaginou, e hoje vemos uma nova era de avanços e incentivos para utilização em massa dos sistemas fotovoltaicos. As vantagens e alcance do sistema fotovoltaico representam seguramente uma nova fonte de energia que se espalha mundo afora, atendendo não somente comunidades isoladas, como assim foram usadas inicialmente, mas como uma forma local e complementar de geração de energia, de fonte limpa, renovável e eficaz.

2 CARACTERIZAÇÃO MERCADOLÓGICA E COMERCIAL

De acordo com a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica ABSOLAR, este sistema promove uma geração de emprego crescente, com investimentos cada vez mais expressivos, gerando emprego nas diversas etapas do processo, desde a pesquisa e produção dos materiais, passando pela comercialização dos sistemas, projeto, construção/instalação, implantação e manutenção. A expectativa para 2020 é de uma geração de 120 mil novos empregos e um volume de investimentos da ordem de 20 bilhões de reais.

A aceitação e disseminação do sistema fotovoltaico no Brasil está em alta. Em 2012 havia apenas treze locais cadastrados que produziam energia solar, antes só se captava luz solar para o aquecimento de água. Já em 2016 o setor registrou um crescimento de 270%, e em 2017 de 304%, no final de 2018 foi registrado um crescimento de 358%, sem nenhum surgimento de grande usina fotovoltaica. O consumidor individual também aderiu ao sistema e este avançou com mais de 32 mil unidades instaladas, sendo essas 77,4% residenciais, 17% comerciais, 3,2% rurais e por fim 2,4% industriais.

Este crescimento se dá pelos programas ofertados pelo governo e pela

liberação da Agência Nacional de Energia Elétrica-ANEEL à produção própria de energia elétrica de fonte renováveis, com o repasse da energia excedente à rede da empresa Distribuidora local, em troca de descontos na conta de eletricidade.

Outros fatos que também pesaram na decisão do consumidor para a aquisição do equipamento são os créditos gerados que passaram a valer pelo tempo de cinco anos e a coletividade de consumo da energia produzida, podendo ter diversas residências cadastradas na mesma usina fotovoltaica.

Um dos maiores impulsos para a aquisição do equipamento se dá pelos aumentos constantes das tarifas de energia cobradas pelas distribuidoras que têm sofrido reajustes acima da inflação, onerando processos/atividades industriais, comerciais e residenciais.

Em contrapartida a produção e instalação dos equipamentos traz uma redução média de 80% dos gastos em real no pagamento da conta na distribuidora. A instalação simples de quatro painéis com produção de 1,25 quilowatts normalmente abastece uma família de quatro pessoas e o valor do investimento atualmente é aproximadamente 8 mil reais, a metade do que custava em 2015. O desempenho do sistema é absolutamente previsível, com índices de falha praticamente nulos, o que lhe confere alta confiabilidade e atratividade.

Os métodos de produção de energia fotovoltaico atualmente são considerados os mais eficientes, ao se comparar com as demais fontes de energia alternativa. Tendo como referência o sistema eólico podemos demonstrar os elevados custos em sua implantação e manutenção. Outro agravante é a limitação de uso restrito às regiões propícias aos corredores de ventos permanentes para fornecer a fonte primária de energia e mover as hélices do equipamento e, por fim, as longas distâncias com cabamentos para transmissão e distribuição da energia produzida.

Por estes e tantos outros motivos a captação de energia solar está se destacando como uma grande alternativa energética de fonte limpa, altamente competitiva, e que em breve se tornará comum em todos os ramos produtivos e de lazer, principalmente pela sua característica física, que não impacta e nem ocupa locais de tráfego, trânsito ou praças, com cabos aéreos ou postes como se vê nas redes de eletricidade convencionais. Com uma simples placa coletora com dimensões aproximadas de 2m por 1m e 5cm de espessura, acomodada no telhado ou laje de uma residência, ou em um terreno rural disponível, sem necessidade de ocupar mais nenhum outro espaço e com seus cabos interligados diretamente à rede já existente da distribuidora, passando-se pelo medidor bidirecional.

Dentre todos esses benefícios acrescenta-se também a ausência de poluição

sonora, química e ambiental no geral, sem partes mecânicas móveis, eliminando-se o uso de qualquer componente de petróleo para lubrificação, não sendo necessário também nenhum mecanismo de impulsão ou qualquer ação de manutenção, além de simples limpeza a cada ano.

Desta forma podemos dizer que os impactos provocados pelo sistema fotovoltaico se resumem no processo de construção e adequação dos seus componentes e equipamentos, na extração do silício, matéria prima fundamental na construção das placas, na extração e preparo do vidro de cobertura e nas composições dos materiais como em todos os outros processos de construção de qualquer outro equipamento. Os materiais usados na construção da placa coletora de eletricidade fotovoltaica são alumínio, vidro, filme encapsulante, material vinílico, célula de silício, plástico branco (backsheet), junção gabinete e os cabos de cobre ou alumínio que são usados para a condução da energia captada, estes são os principais impactos na produção de energia solar.

As usinas solares produzem energia para o mercado livre ou cativo e passa por leilões de energia que abastecem grandes consumidores. Geração centralizada recebe sua aplicação em ambientes particulares sem terceiros ou intermediários, tendo estes consumidores total liberdade de consumo da energia.

Sistema conectado à rede de distribuição, são denominados geração distribuída, onde toda a energia produzida é entregue a concessionária distribuidora. Desta forma as usinas são recompensadas com descontos na conta de energia junto à concessionária.

O Brasil conta atualmente com diversos parques solares que juntos já produzem cerca de 1.200 mil MW de produção de energia.

3 CONTEXTUALIZAÇÃO LEGAL DA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

Do ponto de vista legal, a possibilidade de gerar a própria energia elétrica foi estabelecida no Brasil em 17 de abril de 2012, quando a Agência Nacional de Energia Elétrica -ANEEL promulgou a sua Resolução Normativa 482 com as regras do segmento de geração distribuída.

Neste segmento, qualquer pessoa física (CPF) ou jurídica (CNPJ) pode instalar um micro ou minigerador próprio para produção da energia que consome.

A geração distribuída, como o próprio nome indica, é a geração de energia descentralizada, feita através de sistemas geradores que ficam próximos ou até

mesmo na própria unidade consumidora (como uma residência) e que são ligados a rede elétrica pública.

Essa modalidade difere diretamente da tradicional geração centralizada, onde as grandes usinas é que produzem a energia e a enviam aos consumidores através das linhas e redes de Distribuição/Transmissão.

Na criação das regras para a autogeração de energia solar, a ANEEL estipulou tamanhos de potência para o que chamou de **micro e minigeradores**.

Pelas regras vigentes da geração distribuída, os geradores solares instalados hoje diferem-se entre sistemas de:

- a) Microgeração – Sistema fotovoltaico com potência instalada inferior ou igual a 75 kW (quilowatts).
- b) Minigeração – Sistema fotovoltaico com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5 MW (megawatts).

Foi na sua RN 482 que a ANEEL criou aquele que é grande marco do segmento de geração distribuída: o sistema de compensação de Energia Elétrica.

Neste, toda energia excedente gerada pelo sistema solar do consumidor é injetada na rede e concedida a distribuidora como empréstimo.

Essa energia então volta para o consumidor na forma de créditos energéticos, os quais são utilizados para compensar aquela energia que foi consumida da distribuidora em momentos de pouca ou nenhuma geração do sistema (à noite).

Os créditos gerados ainda podem compensar a energia consumida em outros imóveis, desde que estes estejam sob a mesma titularidade da unidade onde os créditos foram gerados e dentro da área de concessão da mesma distribuidora.

A compensação dos créditos sempre será feita primeiramente no imóvel em que ocorreu a geração (local em que o sistema solar está instalado) e, posteriormente, nos demais postos tarifários

É como uma “troca” entre a energia do gerador e a energia da rede.

Com validade de uso de 60 meses, esses créditos podem ser armazenados para serem utilizados no futuro quando a geração solar for menor e a quantidade de créditos gerados for inferior à quantidade de energia consumida.

Essa é uma opção bem interessante, considerando que nos períodos em que a insolação é menor (exemplo: períodos chuvosos, nublados, inverno) a geração solar é bem baixa.

Por outro lado, nos períodos de maior insolação (exemplo: dias muito ensolarados, no verão) a geração costuma ser bem alta. Assim uma coisa equilibra a outra.

Em caso de mudança, os créditos remanescentes deverão ser contabilizados pela distribuidora em nome do titular para futura compensação no novo imóvel, desde que a nova conta de luz esteja no seu nome.

Na sua regulamentação, a ANEEL também estipulou a forma como os sistemas de energia solar distribuída seriam dimensionados para cada grupo de consumidor.

Para os consumidores do grupo A (alta tensão, que são indústrias e grandes empresas) a potência do sistema a ser instalado fica limitada à demanda contratada presente na conta de energia elétrica da unidade consumidora.

Para os consumidores do grupo B (baixa tensão, casas e pequenos comércios), a potência das centrais limita-se à carga instalada da unidade.

Havendo a necessidade de se instalar um sistema gerador com potência superior à definida anteriormente, o consumidor tem a possibilidade de solicitar aumento da demanda contratada, no caso de unidade consumidora do grupo A ou aumento da carga instalada, no caso de unidade consumidora do grupo B.

Limitar a potência do sistema gerador a ser instalado através da quantidade de potência que é fornecida ao consumidor é muito importante, pois garante à concessionária de energia elétrica que nenhum deles instalará em sua própria residência, por exemplo, um gerador de energia elétrica que aquele local não consegue suportar, evitando assim, problemas elétricos para ele próprio e para seus vizinhos. No entanto, na maioria dos casos, a quantidade de potência que a concessionária fornece ao consumidor é um limite suficiente para instalar um gerador que seja capaz de suprir 100% do consumo elétrico do local”⁴

Em 24 de novembro de 2015, a ANEEL revisou a regulamentação do segmento de geração distribuída através da nova Resolução Normativa nº 687.

Entre as várias melhorias trazidas pelas novas regras, que entraram em vigor em 1 de março de 2016, destacam-se a criação de três novas modalidades de geração distribuída.

⁴ Cf: [https://blog.bluesol.com.br/aneel-energia-solar/ANEEL Energia Solar: Conheça As Regras da Autogeração Para Evitar Problemas Com Seu Sistema.](https://blog.bluesol.com.br/aneel-energia-solar/ANEEL_Energia_Solar:_Conheça_As_Regras_da_Autogeração_Para_Evitar_Problemas_Com_Seu_Sistema.)

Essas novas modalidades impactaram diretamente o segmento de geração por micro e mini geradores distribuídos, criando novos nichos de consumidores e possibilidades de negócios.

Isso trouxe o acesso de mais consumidores aos geradores solares, o que fez com que o número de sistemas instalados no Brasil triplicasse em pouquíssimo tempo, devido às inúmeras vantagens da energia solar.

Todas modalidades baseiam-se no sistema de compensação de energia elétrica e nos créditos energéticos. São elas:

3.1 Empreendimento Tipo Múltiplas Unidades Consumidoras

Nesta modalidade, moradores de um condomínio residencial ou predial podem se unir para a instalação de um sistema central, que irá gerar energia para cada um dos participantes, como também para alimentar áreas de uso comum.

Neste caso, o sistema, que fica sob a responsabilidade do condomínio, da administração ou do proprietário do empreendimento, irá injetar toda a energia gerada diretamente na rede elétrica para a criação dos créditos energéticos.

Ao final do mês, estes então serão computados pela distribuidora e utilizados para compensar a energia elétrica consumida por cada um dos participantes do rateio em seu respectivo apartamento/casa.

Segundo as regras, ainda é preciso que “as unidades consumidoras estejam localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas, sendo vedada a utilização de vias públicas, de passagem aérea ou subterrânea e de propriedades de terceiros não integrantes do empreendimento”.

Como exemplo, moradores de prédios residenciais ou comerciais (empreendimentos verticais com múltiplas unidades consumidoras) instalam um sistema fotovoltaico no telhado da cobertura e possuem o estacionamento gerando energia solar para os apartamentos ou salas comerciais e área comum)

3.2 Geração Compartilhada

Assim como a geração em empreendimentos múltiplos, a modalidade de geração compartilhada também permite a união de dois ou mais consumidores para a instalação de um sistema gerador.

Neste caso, os consumidores podem ser tanto pessoa física (CPF) como jurídica (CNPJ), unindo-se através de cooperativa ou consórcio e não precisam residir dentro de um mesmo empreendimento.

No entanto, as propriedades que irão utilizar os créditos e o local onde será instalado o sistema (que deve ser diferente do local onde residem os consumidores) devem estar todos localizados dentro da área de atuação da mesma distribuidora.

Exemplificando, moradores de um prédio residencial, comercial ou grupo de lojistas, ou você e seus amigos, os quais não tem área para instalar um sistema fotovoltaico para a geração de energia solar em todos os apartamentos, casas, salas ou lojas, e instalam um sistema num terreno em local distinto (como uma sítio na zona rural, por exemplo) e a energia será compensada nas devidas unidades consumidoras dos apartamentos.

Autoconsumo remoto: Por último, a modalidade de autoconsumo remoto permite ao consumidor como o nome sugere, gerar a sua energia de forma remota, fora do local onde irá consumi-la.

Neste modelo de geração, também, tanto a unidade consumidora onde será instalado o sistema, como todas aquelas que entrarão no rateio dos créditos, devem estar localizados dentro da área de concessão da mesma distribuidora.

Das três modalidades criadas, a geração de autoconsumo remoto é aquela que trouxe mais vantagem para os consumidores, pois permite unir o consumo de duas ou mais propriedades e aumentar a economia com energia solar.

Como exemplo, um consumidor no interior do estado de Minas Gerais, instala um sistema fotovoltaico em sua residência em Alto Rio Doce, com capacidade de gerar excedente e que irá compensar em outro imóvel no seu nome, como um sítio, localizado dentro da área de concessão da CEMIG. Em outro caso, você empresário, pessoa jurídica, instala sistema fotovoltaico na matriz da sua empresa visando gerar energia de forma remota também para as suas filiais.

4 CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

O uso de todo e qualquer tipo de fonte alternativa para produção de energia elétrica e sua conversão nas demais formas utilizáveis, gera grande economia e sustentabilidade, com responsabilidade social. Especificamente a produção de

energia elétrica via fonte solar pelos sistemas fotovoltaicos, tem benefícios especialmente interessantes, conforme descritos a seguir.

4.1 Renovável

Como a fonte(sol) é inesgotável e em quantidade abundante e abrangente praticamente em toda superfície da terra, este sistema não corre o risco de escassez, ou colapso. Basicamente, os níveis de insolação da terra são inalteráveis ao longo do tempo e os volumes de energia produzidos dependem unicamente de um maior número de sistemas instalados. Esta é uma vantagem inegável em relação às demais fontes de energia limpa.

4.2 Sustentável

Com exceção dos dias com menor insolação, nublados ou chuvosos, nos quais a produção de energia permanece em quantidade menor, dias estes que o volume de energia é determinado pela intensidade ou espessura das nuvens, eventualmente pode se ter uma demanda maior do que a produção. Nos dias ensolarados a sua produção é completa com pico de intensidade dependente da nebulosidade e sua movimentação pelo céu. Nestes dias de abundância de geração são então contabilizados créditos de energia a serem compensados justamente nos momentos de baixa ou nenhuma produção.

Outro fator de sustentabilidade está relacionado ao fato do sistema ser constituído por materiais e equipamentos estáticos, que não demandam manutenção rotineira e uso de insumos poluentes de origem fóssil por exemplo, como óleos, graxas ou qualquer tipo de combustível, além de não produzir nenhum ruído e impacto visual importante.

4.3 Uso dos espaços

Nas instalações residenciais este equipamento é considerado ideal pelo motivo de ocupar espaços poucos usados, normalmente no telhado. Atualmente as casas, prédios, galpões de fabricas e edificações em geral já têm seus projetos com as alterações construtivas dos seus telhados objetivando melhorar o posicionamento e obter inclinação ideal, visando sua utilização para acomodação dos painéis solares fotovoltaicos.

Embora as grandes usinas fotovoltaicas precisem de grandes espaços para acomodação dos painéis, sabemos que estes espaços não sofrem nenhuma degradação impactante do seu estado original e, quando retirados os equipamentos, estes espaços recuperam-se rapidamente, retornando ao seu estado original, ficando novamente disponíveis para suas funções normais de uso na pecuária, agricultura, lazer e outros.

4.4 Modular

Uma característica interessante dos equipamentos de geração solar é sua modularidade, que assim permitem ampliação contínua, de fácil crescimento e instalação. Diante de uma nova demanda necessária, pode-se acrescentar novas placas e sistemas, inclusive em outros locais, ampliando assim a produção energética.

4.5 Manutenção

Diante do cenário mundial e com o aumento da tecnologia cada vez mais presente no dia a dia do homem tem-se a necessidade de aprimoramento dos quesitos de durabilidade e tempo de manutenção. Os equipamentos fotovoltaicos, placas, módulos, células e outros, são considerados de vida útil prolongadas, em torno de 25 a 30 anos, e suas manutenções se resumem somente na limpeza periódica dos painéis por se tratarem de componentes que não se degradam. Estas limpezas têm necessidade e frequência variável, de acordo como os níveis de poluentes de cada atmosfera local e sugere-se, no mínimo, uma limpeza geral a cada ano e a acompanhamento regular do desempenho do sistema para verificar a necessidade de limpezas mais frequentes. Quando um sistema fotovoltaico reduz sua produção típica em valores da ordem de 10% ou mais, este é um indicativo forte da necessidade de uma limpeza mais urgente.

4.6 Custos

Apesar de considerado relativamente alto o investimento inicial para o cidadão comum, o investimento tem retorno cada vez mais rápido (pay back), considerando a popularização e redução dos custos dos materiais e mão de obra envolvidos, face aos custos cada vez mais elevados da energia fornecida convencionalmente pelas concessionárias. A evolução tecnológica crescente e veloz destes sistemas e sua

comercialização cada vez maior, pressionam os preços para baixo, tornando os sistemas cada vez mais acessíveis e popularizados.

4.7 Sistema isolado

A geração de energia fotovoltaica é uma possibilidade ideal para locais remotos e de difícil acesso para as redes de distribuição das concessionárias. Temos no Brasil muitas comunidades afastadas que usufruem deste sistema, como no Amazonas por exemplo e em outros estados que sofrem com a falta de capilaridade dos sistemas elétricos locais, impossibilitando o acesso às redes elétricas convencionais.

Neste sistema isolado, o abastecimento precisa ser mantido à noite por um sistema de baterias, agregando, portanto, certo custo ao sistema, pois seu dimensionamento deve atender a toda demanda local, ou no mínimo a uma demanda parcial e seletiva, onde apenas alguns elementos de carga são atendidos 24h, considerados prioritários. Um segundo ponto a considerar é a manutenção e renovação dos sistemas de baterias que deve preferencialmente empregar tecnologias de alta performance, elevada vida útil e baixa manutenção. Atualmente existem baterias estacionárias altamente eficientes, praticamente livres de manutenção e com vida útil elevada, superior a 15 anos.

5 BENEFÍCIOS AMBIENTAIS

Os impactos ambientais decorrentes do uso dos sistemas fotovoltaicos são vários e significativos, a começar pela não utilização de combustíveis fósseis como fonte primária de energia para as usinas termoelétricas, que são poluentes, não renováveis e degradam drasticamente a natureza. Em relação às usinas hidroelétricas também temos o benefício da não inundação de grandes áreas, que modificam e degradam os ecossistemas locais. Outro benefício não menos importante, é o fato da energia fotovoltaica ser escoada e redistribuída através das redes elétricas já existentes ou mesmo sem redes de conexão às concessionárias, nos casos de sistemas isolados. Outros benefícios também interessantes são questões relacionadas a sua instalação, operação e manutenção, como a ausência de ruídos, o aproveitamento de áreas livres como telhados e terrenos disponíveis, além do custo mínimo de manutenção, envolvendo apenas limpezas periódicas, somado a uma vida útil longa, da ordem de 30 anos.

Detalhando um pouco mais, o benefício da dispensa de construção de redes elétricas, vale lembrar que normalmente na implantação de uma nova rede de transmissão ou distribuição há uma inevitável degradação ambiental, seja para produzir os materiais empregados, como cabos de alumínio e estruturas de aço ou mesmo de concreto e madeira, seja na abertura de faixas de passagem para a nova rede onde árvores são cortadas ou radicalmente podadas, causando degradação ambiental e visual da natureza local, com impactos na vida animal e vegetal, modificando e degradando os ecossistemas em geral.

6 ESTRUTURA DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS TRADICIONAIS

6.1 Aspectos tecnológicos

No âmbito das transferências de tecnologia, os aspectos são os mais promissores, pois a cada dia surgem novas formas e materiais para ampliação ou otimização do sistema fotovoltaico. O intercâmbio entre as empresas, a troca e avanço das informações, o interesse das universidades, institutos de tecnologia, fabricantes, distribuidores e comercializadores são impulsos que trazem lenha na fogueira do desenvolvimento no setor.

“No setor energético, transferências tecnológicas podem ser vistas como investimento” (SILVA, 2013). Com a troca de informações e conhecimentos que ocorre naturalmente na busca de eficiência e redução de custos, os investimentos no setor crescem numa velocidade e intensidade cada vez maiores.

6.2 Aspectos de fabricação

Os nossos painéis tradicionais, ainda empregados na maioria das instalações, são de relevante aplicação, e usam o material com maior índice de reaproveitamento elétrico e abundante no solo, o silício.

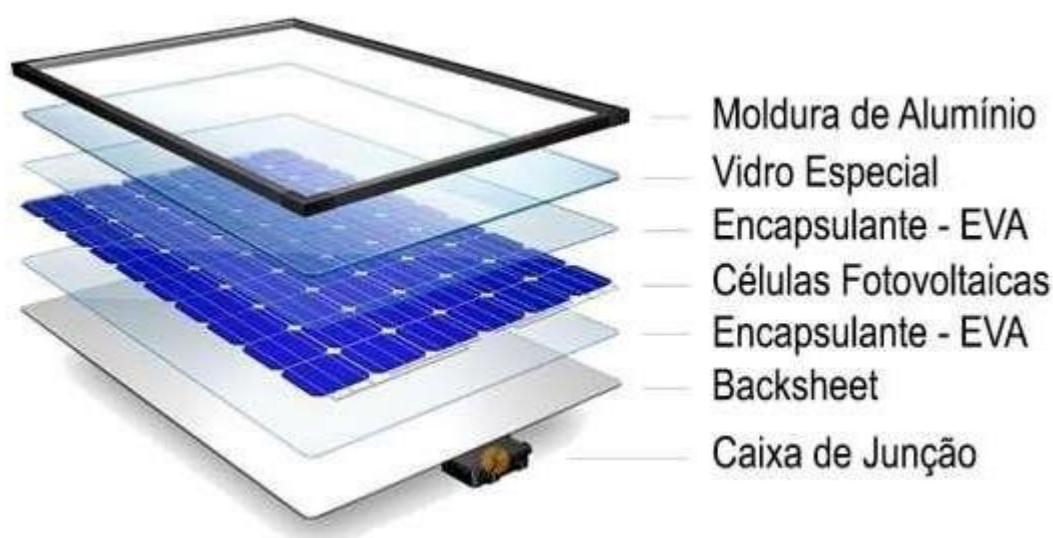
As células fotovoltaicas produzidas atualmente em grande escala são compostas por materiais basicamente extraídos da mineração que, após processamento e agregação de outros componentes, formam as células fotovoltaicas, que diante da luz incidente produzem diferença de potencial e corrente elétrica e transferência de energia ao conectar-se a uma carga, um aparelho qualquer ou sistema consumidor.

Basicamente todas as placas fotovoltaicas que se encontram no mundo são produzidas pelo princípio ativo do silício, que é encontrado em forma de um mineral, também conhecido como sílica, da família dos semimetais, grupo dos carbonos presente na tabela periódica com a sigla Si. Este é composto por quatro elétrons e possui peso atômico de 28. Pertencente ao grupo dos carbonos é o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, ocupando 27,7%. Muito usado em ligas metálicas na preparação de diversos produtos, principalmente na indústria eletrônica e similares.

Na produção das células fotovoltaicas, o silício é usado como dispositivo que aproveita a energia trazida pela luz do sol, criando uma diferença de potencial nos seus terminais, daí produzindo a corrente elétrica mediante conexão com uma carga, um aparelho, dispositivo ou sistema elétrico qualquer.

6.3 Detalhes da fabricação

FIGURA 1. Esquema construtivo, demonstrativo do painel/placa.



Fonte: Google imagens (2019)

Célula fotovoltaica tradicional: é o principal componente responsável por transformar a luz do sol em eletricidade. Produzida fundamentalmente em silício representa, aproximadamente, 60% do custo do equipamento. O filme de silício é composto com espessura menor que 2 mm produzida com sílica pura de grande vulnerabilidade. Deve ser manuseado com muito cuidado pelo motivo de se danificar facilmente devido sua fragilidade e espessura.

Vidro especial: é um vidro extraduro com baixo teor de ferro com mínima reflexão do sol para aproveitamento maior dos raios solares. Produzido em tempera com aproximadamente 4 mm e revestido com substâncias antirreflexivas. São resistentes à temporais e chuvas de granizo. Representa 10% do custo do equipamento.

Filme encapsulante: tradicionalmente conhecido como EVA (acetato vinilo de etileno). É usado no selamento e na proteção das células fotovoltaicas contra o envelhecimento provocado pelos raios UV, altas temperaturas e umidade. Este representa 8% do custo efetivo do equipamento.

Backsheet: plástico branco ou filme branco responsável por proteger os componentes internos do painel. Também age como isolante elétrico. Composto por 3 camadas isolantes para maior resistência e melhor condutividade da eletricidade. Representa aproximadamente um custo de 8% no valor do painel.

Caixa de junção ou gabinete: esta é responsável pela conexão das placas ou células fotovoltaicas. Afixada na parte posterior do painel possui no seu interior diodos que garantem o bom funcionamento do painel. Dela partem os cabos que se conectam aos outros painéis e aos cabeamentos que derivam para a alimentação residencial. Estes representam aproximadamente 6% do valor do painel.

Módulos de revestimento: moldura feita de alumínio anodizado resistente aos intemperes. Com espessura superior a 4 cm, garante a integridade do painel evitando torções e danos nas células. Este representa aproximadamente 8% do custo efetivo do produto.

7 NOVAS TECNOLOGIAS EMERGENTES MUNDIALMENTE

As novas tecnologias resultantes de estudos desenvolvidos por fabricantes e aprimorados por diversas universidades, quase sempre com incentivos governamentais, são fundamentais para o avanço tecnológico do setor. Os estudos e avanços têm buscado e criado novas tecnologias, sempre focados no aumento da eficiência e redução do custo.

Uma das novas tecnologias em prospecção são os painéis de células fotovoltaicas fabricados em forma de tinta a base de carbono (eletrônico orgânico),

sendo estes materiais flexíveis e transparentes, passíveis de uso em pinturas de imóveis, carros e até em roupas, celulares e outros.

7.1 Células solares de plástico

FIGURA 2. Polímero condutor de cargas positivas



Fonte: Google imagens (2019)

Esta célula apresenta excelente eficiência na conversão de energia luminosa em eletricidade, sendo fabricado em rolos possibilitando seu emprego em grandes painéis flexíveis. Por requererem processamentos especiais para garantir sua composição, pesquisando misturas de polímeros que evitem perda de material e o aparecimento de vazios que impedem a transmissão dos elétrons, o processo de fabricação fica oneroso. O pesquisador Yutaca da Universidade de Osaka (Japão) projetou uma estrutura de polímero ativo a base de tiofeno com benzodioxociclohexeno que está melhorando a condutividade das cargas. Com este estudo será possível produzir polímeros que permitirão a fabricação em massa e de maneira simples.

Considerando as atuais dificuldades e os elevados custos no processo de fabricação, esta é uma opção ainda pouco atrativa para o momento, mas naturalmente é algo promissor e que deve ser continuado e evoluído.

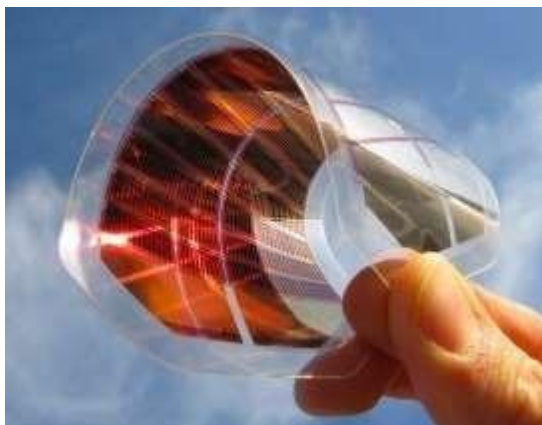
No ano de 2017 uma equipe de alunos da Universidade do Colorado foi destaque mundial ao apresentarem um equipamento de ar condicionado que não gastava energia. No ano de 2018 esta mesma equipe usando o mesmo sistema criaram um plástico capaz de dividir a quantidade de luz solar dirigindo uma quantidade para uma determinada função e o restante para outra.

Esta tecnologia terá forma de um filme semitranslucido e dividirá e captará a luz solar convertendo seus raios em eletricidade sendo utilizado no consumo diário da

estufa fazendo girar os equipamentos de irrigação, pulverização e iluminação também em relação a purificação da água residual.

7.2 Painel solar flexível - células solares orgânicas

FIGURA 3. Células orgânicas



Fonte: Google imagens (2019)

Este pode ser usado em superfícies curvas com revestimento ou cobertura como em vários casos (exemplo: lataria de carro). Esta nova célula a base de carbono, batizada como célula solar de plástico, usa moléculas de corrente para absorção do calor e a transforma em eletricidade. Composta por um filme fino de semicondutores orgânicos envelopados por dois eletrodos que capturam as cargas na camada semicondutora.

“Dinesha Dabera e seus colegas da Universidade de Warwick, no Reino Unido, descobriram que na verdade os eletrodos das células solares orgânicas precisam ser apenas cerca de 1% condutores para serem totalmente eficazes.

Para chegar a esta descoberta, Dabera fabricou um eletrodo 99% isolante e ele funcionou tão bem quanto um eletrodo de ouro puro.” (SITE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2019).

Esta descoberta surpreende e abre portas para o uso de materiais mais baratos e de potencial aprimorados como nano tubos de carbono, grafeno ou nano partículas de metal.

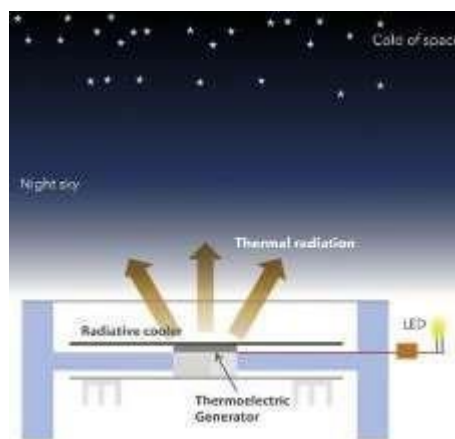
Estas células orgânicas estão a curta distância de suas aplicações comerciais, com os novos avanços da tecnologia, deverá ocorrer a redução dos custos e encurtar a distância de seu uso, melhorando cada vez mais o seu desempenho e disseminação.

Os modernos painéis de células solares operam em processo fóton de luz, com suas micropartículas compostas pela associação de cargas positivas e negativas as quais são convertidas em eletricidade. Porém existem algumas moléculas com capacidade de gerar dois éxcitons a partir de cada fóton, este efeito foi descoberto em 2013 pelos alunos da universidade de Colúmbia, nos EUA. O aluno Andrew Pun e seus colegas sintetizaram moléculas orgânicas capazes de gerar dois éxcitons com uma vida útil de cerca de 1000 vezes maior. Com este tempo de vida maior em cerca de 20 microssegundos, consegue-se ampliar efetivamente a captação na célula solar.

Com esta descoberta ampliou-se o leque de possibilidades e matérias disponíveis para o avanço do sistema de células energéticas. Este avanço poderá ser usado não só na produção de energia solar, mas também em processos fotovoltaicos em química, sensores de imagens, além disso os éxcitons podem ser usados pela indústria para fazer medicamentos, plásticas e muitos outros tipos de produtos químicos para consumo.

7.3 Eletricidade gerada a noite e extraída do frio do espaço

FIGURA 4. Núcleo de luz noturna



Fonte: Site Inovação Tecnológica (2019)

Esta já vem sendo estruturada por vários cientistas, como por exemplo na fabricação de aparelhos de ar condicionado que manda o calor para o espaço sem gastar energia. O estudante Masashi Ono da universidade de Stanford nos EUA com a ajuda da empresa Fujifilm no Japão fizeram uma descoberta que, com a diferença destas temperaturas podem gerar eletricidade, usando o mesmo sistema usado na captação das células solares tradicionais. De acordo com o site Inovação Tecnológica “isso significa que poderá ser possível com desenvolvimentos adicionais, construir

painéis que sejam “solares”, ou fotovoltaicos durante o dia enquanto o sol está brilhando, e “termovoltáicos” durante a noite”. (SITE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2019).

Foi demonstrado por Ono que com o auxílio de um diodo direcionado para o frio pode-se gerar grande quantidade de eletricidade. Este modelo de captação otimiza o processo pelo potencial de modificação das temperaturas, coisas que não acontecem no estilo convencional. Ao apontar a nova célula para o espaço que apresenta temperaturas perto de zero absoluto, foi descoberto que a temperatura é grande o suficiente para produção de energia.

Porém ainda é muito primitiva essa teoria de coleta de energia que apresentou uma captação de 64 nano watts por m² de energia coletada. Os calouros de Ono mostram que com dedicação e investimento pode-se em primeira linha gerar a produção de 4 watts por m² com este equipamento.

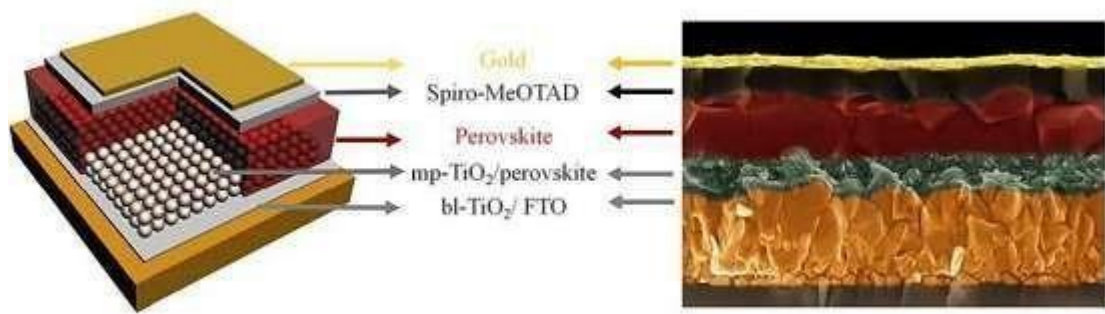
7.4 Painéis solares de Perovskita

FIGURA 5. Painéis Perovskita



Fonte: Site Inovação Tecnológica (2019)

Figura 6. Estrutura e visão em corte da célula solar



Fonte: Site Inovação Tecnológica (2019)

Perovskita (óxido de cálcio e titânio) é um mineral relativamente raro ocorrendo na forma de cristais, presente em rochas metamórficas e associada a intrusões máficas, a sienitos nefilínicos raros. A perovskita foi descoberta nos montes rurais da Rússia por Gustav Rose em 1839 e foi nomeado em homenagem ao mineralogista russo Lev Perovski (1792 – 1856). Sob as condições de alta pressão manto piroxena enstatita é um polimorfo da perovskita e pode ser o mineral mais comum da terra.

Este tipo de mineral vem chamando a atenção de várias comunidades científicas nos últimos anos por melhorar a eficiência em 20% na aplicação nos sistemas de captação de energia. O baixo custo no processamento é o carro chefe para tornar extremamente interessante sua aplicação, material absorvente que oferecem grandes vantagens em aplicação em diversos setores, tais como o seu elevado coeficiente de absorção solar.

A compatibilidade química maleável oferece propriedades elétricas, magnéticas, luminescência e supercondutividade. Os maiores empecilhos enfrentados pelas células de perovskita é a sua toxicidade, sua vulnerabilidade ao oxigênio (sua instabilidade).

7.5 Painéis solares compostos – apoio no caso perovskita

Figura 7. Painéis mistos agregados



Fonte: Site Inovação Tecnológica (2019)

Com minúsculas células solares similares a estrutura dos olhos de um inseto, pode ser um caminho no avanço para o desenvolvimento das células perovskita. Estes estudos mostraram-se capazes de dar proteção para as frágeis células solares, retardando sua deterioração quando exposto ao calor já que a perovskita é material frágil, que quase não aguenta o processo de fabricação.

Desta forma alunos da universidade de Stanford nos EUA lançaram o desafio de construir um painel similar a estrutura dos olhos de uma mosca que consiste em vários pequenos olhos segmentados. Daí construíram uma célula solar com centenas de micro células de perovskita dispostas hexagonalmente onde cada fava mede apenas 500 micrometros de largura.

Constituída de uma resina epóxi barata e de uso intensivo na indústria este painel foi exposto a uma temperatura de 85 °C a uma umidade relativa de 85% durante dias para ver se suportaria as intempéries que uma placa convencional suporta. O resultado foi excelente, depois de seis semanas as células continuaram produzindo eletricidade com taxas eficientes e elevadas.

7.6 Aplicação dos painéis na superfície de lagos e rios

FIGURA 8 – parques flutuantes



Fonte: Google imagens (2019)

Este método possibilita a redução de evaporação da água sendo estimado que uma planta fotovoltaica com 1MW pode economizar nove milhões de litros d'água por ano. Com a aplicação destes painéis na superfície dos lagos pode-se reduzir também o acúmulo de algas minimizando e aumentando a vida útil do equipamento. Por exemplo, o governo brasileiro estuda a possibilidade de instalação deste sistema ao longo dos canais de integração do rio São Francisco, atualmente com de 97% construídos.

Também algumas empresas brasileiras como a Petrobrás estão empenhando-se em oferecer investimentos no setor melhorando a captação em suas unidades de produção e otimizando o processo. O otimismo é grande e a empresa visa ter resultados já no primeiro ano de pesquisa. A empresa visa também entrar gradativamente com esta tecnologia no mercado produtor de energia, visando sua comercialização.

7.7 Painel solar com gás

FIGURA 9 – Modelo esquema



Fonte: Google imagens (2019)

FIGURA 10 – Modelo usual



Fonte: Google imagens (2019)

Um material que foi inventado no início do século XX e que não teve sucesso, agora está sendo estudado por pesquisadores da Universidade de Warwick, no reino Unido e que está se destacando pontualmente. Trata-se de um painel de vidro duplo cheio de gás, sendo o painel externo transparente e condutor de eletricidade e o painel interno revestido de material especial produzindo elétrons. Estes painéis são separados por gás inerte (argônio) o mesmo que faz o isolamento acústico/térmico.

No contato do painel externo com a luz solar são retirados os elétrons do painel interno que se prendem ao gás no intuito de chegarem ao painel externo, neste movimento o painel externo capta energia solar transformando-a em eletricidade.

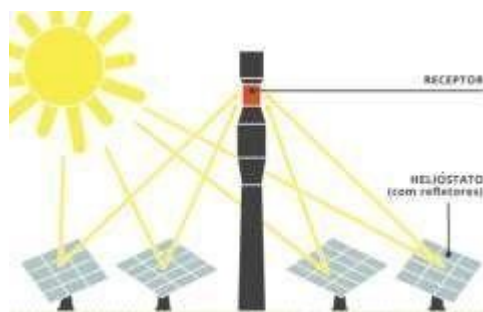
7.8 Usinas fotovoltaicas hipotérmicas

FIGURA 11 – Núcleo hipotérmico



Fonte: Google imagens (2019)

FIGURA 12 – esquema de captação.



Fonte: Google imagens (2019)

Este tipo de geração de energia é composto por concentração de radiação solar infravermelha capturada por espelhos que refletidos de uma torre criam um

processo térmico de vapor que impulsiona diversas turbinas que por sua vez geram a energia elétrica. Este modelo comporta duas formas de equipamentos, que são as calhas parabólicas e a torre central.

Torre central: compostas de um conjunto de espelhos moveis espalhados ao redor da torre em área aplainada e sem obstáculos, estes espelhos apontam para o mesmo ponto que fica no alto da torre onde estão canalizações de água que por sua vez aquecem gerando vapor, este vapor movimenta as turbinas geradoras.

Calha parabólica: espelhos cilindro-parabólicos são utilizados para captar e concentrar a luz solar conduzida por tubos receptores predefinidos ao longo da linha focal do espelho, estes tubos são formados a seguir a linha refletida do sol. Com essa reflexão, o mecanismo agita o fluido a base de sais fundidos ou óleo térmico que, em movimento libera calor. Este calor aquece a água que por sua vez se transforma em vapor, este vapor produzido movimenta as turbinas e gera eletricidade.

Neste sistema parabólico existem alguns modelos onde o fluido aquecido pode ser diretamente a água, neste caso é necessário o bombeamento do fluido por diversos sistemas de trocadores de calor, provocando aumento do custo e manutenção. Existem também os sistemas de espelhos planos os quais são menos eficientes, porém mais fáceis de serem produzidos.

Estas usinas são semelhantes as plantas que são movidas a gás, carvão ou nuclear, a diferença é que nas termoelétricas é feito a queima de combustíveis fosseis, e a héliotérmica é obtido pelos raios solares.

8 DESAFIOS PARA A GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA

Um grande desafio imposto continuamente aos sistemas de geração fotovoltaica é a busca por uma maior eficiência e produtividade dos painéis de captação solar diante das variações naturais da insolação típica de cada região do planeta. A potência gerada por metro quadrado de placa solar, apesar dos esforços tecnológicos e científicos desenvolvidos pelos vários países produtores, como Alemanha, Canadá, Estados Unidos e até mesmo o Brasil, ainda esbarram em limites físicos, com índices de eficiência médios em torno de 17%. Já há alguns novos desenvolvimentos com eficiência energética da ordem de 23%, ainda em fase de estudos e consolidação. Dessa forma, para se ter uma geração em volumes

expressivos, ainda é necessário o uso de grandes áreas. Em média é necessária uma área útil instalada de coletores totalizando 1000 m² para se obter uma geração média de 1 MWH diário e dispor uma potência máxima (de pico) de geração da ordem de 200 KWp.

Certamente esta é uma limitação importante, mas atenuada pelo fato de que boa parte das áreas normalmente usadas para acomodar os coletores, já estão livres e disponíveis, como os telhados das edificações, caracterizando assim uma otimização ou aproveitamento de espaços livres, já disponíveis.

Outro desafio igualmente importante, decorrente do fato de ser necessário o emprego de um grande número de coletores solares, é o custo.

Um sistema para geração média de 1MWH diário, 200KWp, como exemplificado acima, tem custo médio atual de 500 mil reais ou aproximadamente 100mil dólares, fora custos adicionais variáveis de interligação ao Sistema Elétrico de Potência - SEP, nas situações de uso interligado. Contudo, com a crescente utilização dos sistemas, a busca incessante por eficiência, a própria concorrência dos fabricantes, além de isenções fiscais e incentivos financeiros (financiamentos subsidiados) promovidos pelos governos, os sistemas fotovoltaicos estão cada vez mais eficientes, robustos, acessíveis e naturalmente mais baratos. E tendem a custar cada vez menos, à medida que aumenta seu emprego e comercialização como fonte alternativa de produção de energia elétrica.

Uma outra questão limitante e relativamente onerosa é o armazenamento da energia produzida, considerando os elevados custos das baterias de acumuladores de energia e equipamentos associados, como os inversores eletrônicos de potências elevadas. Também nesta questão a ciência e tecnologia têm avançado de forma surpreendente, oferecendo baterias cada vez mais eficientes e duradouras, baratas e livres de custos importantes de operação e manutenção.

9 PROCESSO DE INSTALAÇÃO DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

FIGURA 13 – Painel tradicional



Fonte: Google imagens (2019)

9.1 Pontos importantes a considerar para o projeto, aquisição e instalação de um sistema fotovoltaico

Definições prévias a considerar:

Conhecer o mercado e seus desenvolvimentos: saber sobre o produto, suas características, o impacto ambiental que este provoca, quais os materiais usados na sua fabricação, sua real eficácia, as vantagens e desvantagens.

Tirar dúvidas primárias: entender sobre a compensação em sua conta de energia, checar tarifas, fazer simulações, analisar o dimensionamento e geração prevista, analisar o seu consumo médio recente baseado nos últimos meses, ver todos os custos de materiais e instalação e por fim o tempo esperado de retorno do investimento.

Pesquisar e contratar somente empresas que tenham qualificação adequada, referenciada, bem organizaada e comprometida com o cliente, estudando em conjunto

a viabilidade para o empreendimento proposto, ter um projeto confiável para a prevenção de acidentes, todos os funcionários certificados nas NR 10 e 35.

Quanto a instalação: escolher local adequado com insolação permanente e ideal, fora do alcance de crianças e animais domésticos, ter uma estrutura, ou local definido, e esta deve ser sólida com inclinação próxima à latitude local, face norte preferencialmente. O local mais usual para a instalação das minis usinas de consumo residencial é a estrutura dos telhados das próprias residências, pois estes locais geralmente são estruturas resistentes o bastante para suportar as cargas dos painéis solares. Para a instalação dos painéis os telhados recebem uma estrutura metálica suporte, uma espécie de berço (tracker), constituído de ferragem em alumínio preferencialmente, preso às telhas e estruturas de madeira do telhado.

Vistoriar e certificar sobre a condição física de estabilidade dos telhados, corrigindo e reforçando previamente pontos avariados ou frágeis.

FIGURA 14 – sistema de aplicação



Fonte: Google imagens (2019)

9.2 TÉCNICAS DE INSTALAÇÃO E ACOMODAÇÃO DOS PAINÉIS NOS TELHADOS

Deve ser escolhido a face do telhado com a maior insolação possível para a maior captação dos raios e produção de energia. Caso a face melhor não seja suficiente para a acomodação dos painéis solicitados no projeto devem ser

construídas bases elevatórias com inclinação e direcionamento adequado, para complementação de geração e suprimento da demanda.

A seguir são exibidas algumas situações de instalação, suas características e ilustração(foto).

FIGURA 15 – modelos de bases de afixação



Fonte: Google imagens (2019)

Os diversos tipos de telhas influenciam no modo de como deveram ser instalados os painéis, assim como nas bases receptoras destes painéis, neste caso cada estrutura recebera uma aplicação distinta das bases receptoras dos painéis.

FIGURA 16 – modelo sobre laje



Fonte: Google imagens (2019)

FIGURA 17 – modelo sobre estrutura de telhas de barro com associação de placas de aquecimento de agua.



Fonte: Google imagens (2019)

FIGURA 18 – Bases próprias para estruturas metálicas



Fonte: Google imagens (2019)

FIGURA 19– Pino com isolante comra vazamentos em estrutura metalicas.



Fonte: Google imagens (2019)

FIGURA 20 – Bases em aluminio para telhados de barro.



Fonte: Google imagens (2019)

Esta impermeabilização deve ser priorizada na ponte convexa da telha pois esta é a melhor método na hora da vedação, sendo vedado com materiais apropriados e aderente a esta estrutura.

Quanto as bases: estas devem ser em material não corrosivo, exemplo inox, alumínio e outros, que não degradam com o tempo, pois ficarão sujeitos às intempéries diuturnamente.

Os locais onde deveram passar os cabeamentos também deveram ser preparados e protegidos com as mesmas exigências que a das bases, nos orifícios de passagem também devem ser feitas no convexo da telha e isoladas da mesma forma. Quando a telha for metálica devera ocorrer uma proteção especial para que não haja o contato dos cabos com o material ferroso, para evitar acidentes ou curto elétrico provocado pelo ferimento no cabo.

FIGURA 21 – Modelo de vedação de cabeamento



Fonte: Google imagens (2019)

Todo equipamento deve ser instalado com segurança e resistência. O inversor de corrente contínua para corrente alternada deve ser incorporado a base sustentadora do painel. Este conversor adequa e estabiliza os níveis de tensão uso direto pela instalação e condição de sistema isolado ou para interligação às redes da concessionária local. Este equipamento é basicamente um equipamento eletrônico que converte a energia em corrente contínua gerada pelas células fotovoltaicas, em corrente alternada, com os níveis de tensão iguais ao da concessionária, e nominais dos equipamentos alimentados pelo sistema.

O sistema ON-GRID (conectado à rede), é um esquema elétrico de operação, assim como o GRID-TIE, onde um inversor geral ou um conjunto de inversores concentra a energia dos diversos painéis e a equaliza/ajusta para o consumo e/ou transferência para a rede elétrica de abastecimento local.

Já o conversor OFF-GRID (não conectado à rede) é um equipamento independente de eletricidade, que recebe a energia dos painéis e a adequa aos níveis de tensão para consumo, estabelecidos pelo cliente usuário. Este é ideal para locais isolados, onde não se tem fornecimento de eletricidade de uma concessionária.

Todos estes inversores devem certificados e acreditados pelo INMETRO, e devem ser abrigados em local seguro e seco, fora do alcance de crianças e animais domésticos.

A instalação do painel: este é muito sensível e deve ser manuseado com cautela e precisão, feito em silício com micro condutores associados, é bastante vulnerável a impactos ou torções. Em caso de pancadas ou torções, devem ser conferidos antes de concluir a total instalação. Este deve ser afixado na base receptora em abotoadores próprios a não danificar a sua base de recobrimento, ser afixado com resistência e firmeza, ter os cabos condutores ligados corretamente ao inversor. Os painéis devem sofrer inspeção e limpeza periodicamente para garantia de seu bom desempenho e durabilidade.

Após a correta instalação do painel e sua ligação ao conversor, este deve ser ligado ao sistema elétrico residencial por meio de um medidor bidirecional para contabilização das energias fornecidas e recebidas do sistema.

Nos momentos em que a geração fotovoltaica é superior à carga local, o medidor contabiliza a energia injetada, excedente em relação ao consumo do momento. Já nos períodos em que a carga ou consumo local é superior à geração, o medidor contabiliza o consumo ou energia fornecida pela concessionária, normalmente nos períodos noturnos ou durante dias ou momentos nublados, quando a geração fica reduzida e a carga local consumida é superior.

Nos casos do sistema off-grid a eletricidade produzida é consumida no local, e o que se excede é perdido no caso de não haver um banco de baterias acumuladoras. Neste caso nos períodos noturnos não há fornecimento de eletricidade, a menos que haja baterias que acumulam o excedente da energia produzida nos períodos de insolação, ou seja durante o dia.

10 ACOMPANHAMENTO E APRESENTAÇÃO DO SISTEMA EM CAMPO

Complementando todas estas contextualizações de natureza tecnológica, legal e mercadológica sobre os sistemas fotovoltaicos descritas nos capítulos anteriores, doravante seguem os registros mais relevantes dos acompanhamentos de campo, envolvendo os detalhes práticos de instalação e sugestões ou considerações de campo dos técnicos e engenheiros projetistas, construtores e instaladores.

Um ponto inicial a observar é que, nos trabalhos de campo realizados com a supervisão dos técnicos montadores das empresas do ramo, observa-se a necessidade de aprimoramento da eficácia destes equipamentos em relação ao seu posicionamento frente ao sol. No geral, observa-se que cerca de 60% da insolação não é capitada, ou melhor, não é incorporada, devido ao fato das instalações na sua maioria serem fixas e, portanto, não se movem para acompanhar continuamente seu melhor posicionamento, ou seja, o posicionamento para máxima insolação. Como dito anteriormente, há sistemas mais modernos e sofisticados que incorporam este processo, notadamente de grandes usinas solares, de grandes empreendedores, que prezam pela busca da máxima eficiência no processo como um todo, encarado como um empreendimento comercial de geração focado no mercado de energia, visando o fornecimento às grandes indústrias eletro intensivas.

O fato de estar presente no canteiro de obras proporcionou a este trabalho um melhor entendimento sobre as questões técnicas e mecânicas do processo construtivo e de instalação, sem dúvida. Foi fundamental para aplicação, confirmação e consolidação de todo fundamento teórico pesquisado e aqui apresentado sobre o tema, estabelecendo assim uma completa integração e complementaridade entre teoria e prática.

Foram observadas na prática, as aplicações dos elementos teóricos distintos de cada etapa, desde a participação efetiva na elaboração dos cálculos de demanda e consumo das instalações para dimensionamento e seleção dos sistemas a instalar, passando pelo processo de instalação dos painéis, dos cabeamentos, dos condutores, dos medidores e outros fatos peculiares de cada empreendimento, finalizando com as análises de produção, desempenho e resultados econômicos gerais acerca de cada empreendimento acompanhado. Dessa forma pode-se comprovar as projeções e

estudos prévios da fase de planejamento e projeto dos sistemas, com os respectivos resultados efetivamente obtidos no modelo real, instalado e operante.

Importante ressaltar a dedicação, interesse e motivação das equipes envolvidas, dos técnicos de campo e gestores das empresas, além da disposição e interesse em debater e compartilhar seus conhecimentos de ordem prática e operacional.

Foram analisadas três instalações características e representativas, uma na cidade de Paiva, um modelo de mini usina e outros dois instalados em Barbacena, Minas Gerais-MG, em modelo residencial, um mais antigo com inversor único e outro mais atual, que emprega o uso de micro inversores. Todos eles, inseridos dentro de uma região considerada de grande potencial produtivo para geração solar fotovoltaica, com isolação abundante, e clima ameno, onde mesmo em dias nublados pode-se obter geração de energia, mesmo que reduzida, mas sempre contribuindo para o montante global (mensal por exemplo) a ser contabilizado e creditado para o cliente.

10.1 Primeiro modelo de estudo prático: Mini Usina

Primeiro Modelo de Estudo Prático: Modelo Mini Geração – Usina Solar, apresentado pela empresa SOLIG, empresa local (Barbacena-MG) especializada em projeto e instalação de sistemas de geração de energia solar fotovoltaica, além da prestação de serviços de manutenção e consultoria. O sistema implantado nesta usina, localizada no município de Paiva MG, apresenta potência instalada de 48KWp, englobando 120 módulos de painéis solares com 60 micro inversores, sendo um micro inversor para cada dois painéis de 400W.

A seguir são exibidas algumas fotos e tabelas/gráficos que ilustram a referida instalação e produção desta mini usina.

FIGURA 22 – Modelo de instalação de atividade prática.



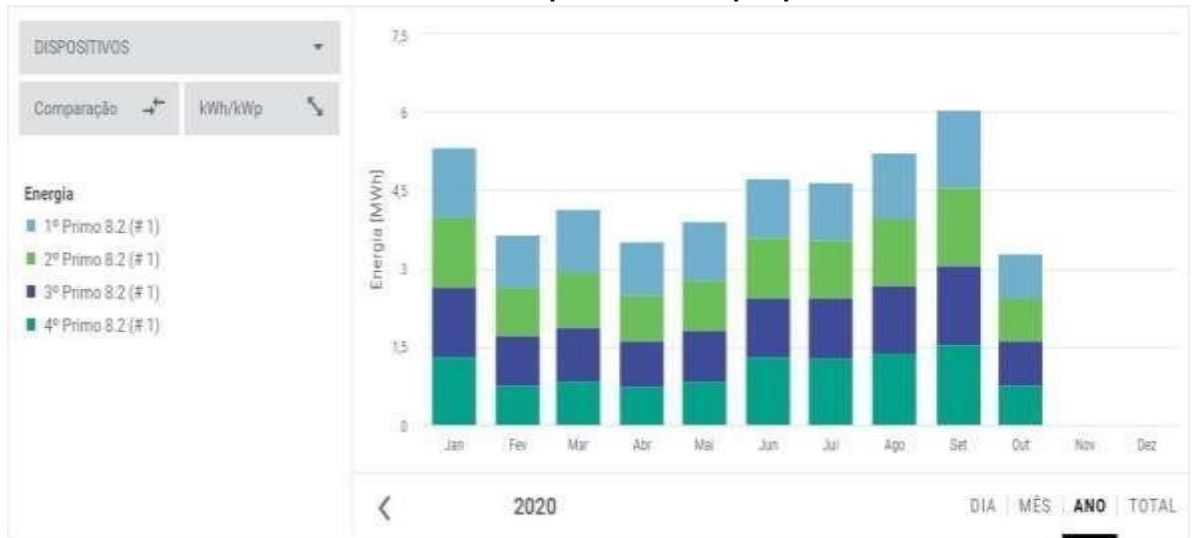
Fonte: Solig (2018)

FIGURA 23 - Modelo de instalação de atividade prática.



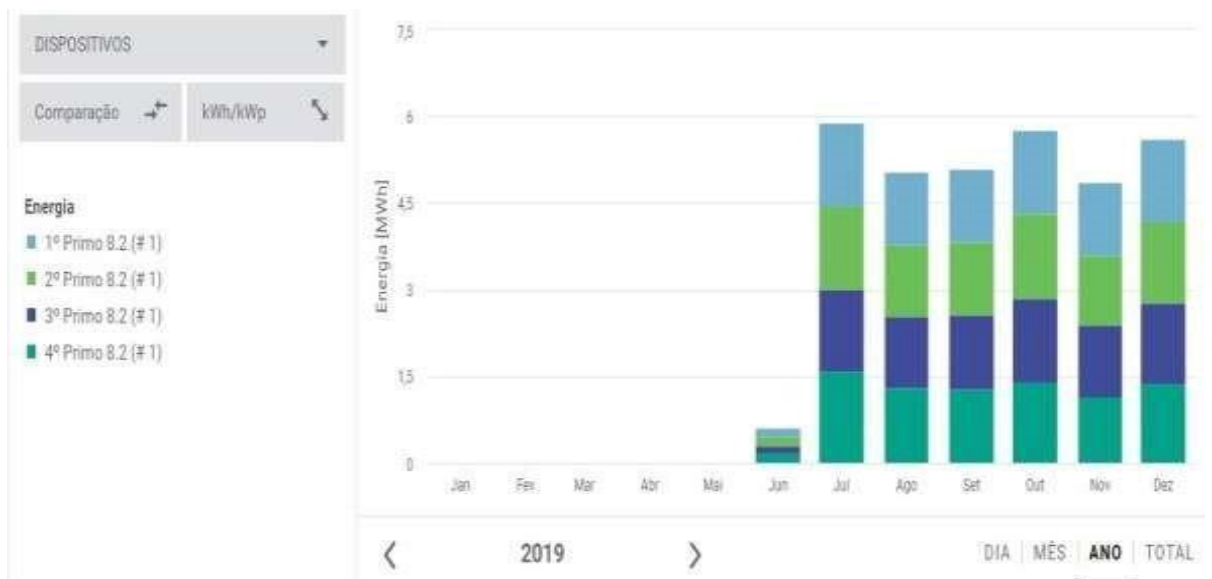
Fonte: Solig (2018)

GRÁFICO 01 – Gráfico de produtividade por período.



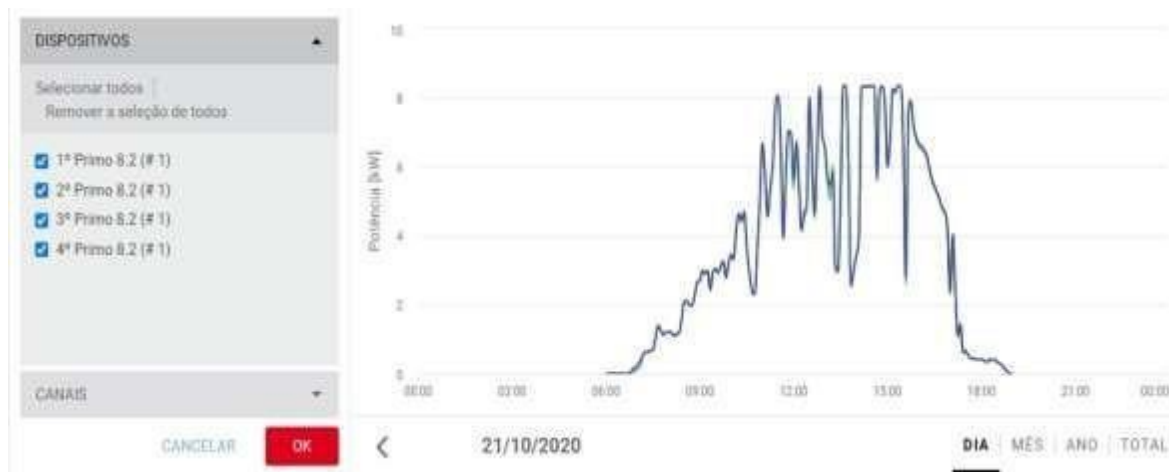
Fonte: Solig (2018)

GRÁFICO 02 - Gráfico de produtividade por período.



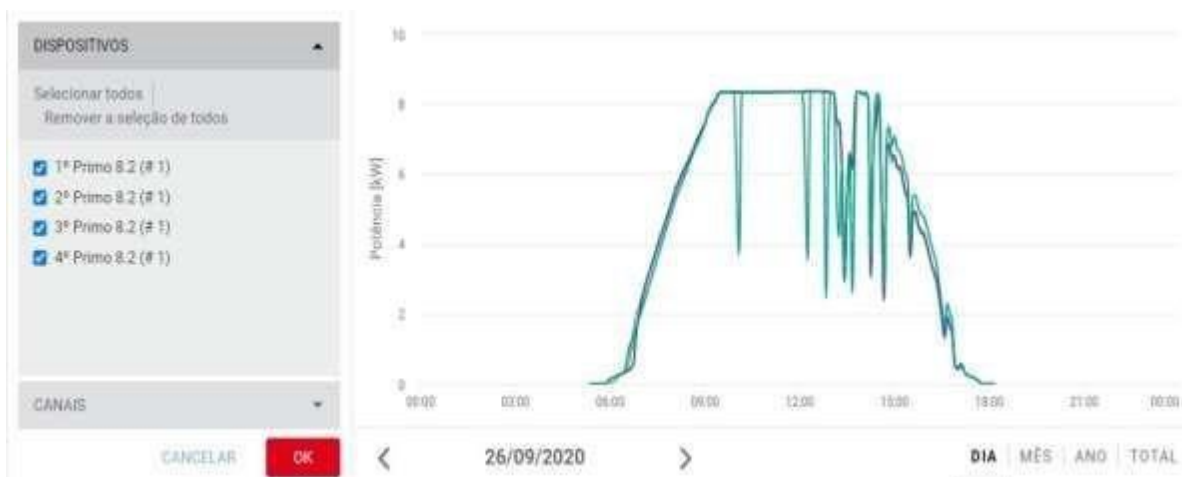
Fonte: Solig (2018)

GRÁFICO 03 - Gráfico demonstrativo de produtividade por período.



Fonte: Solig (2018)

GRÁFICO 04 - Gráfico demonstrativo de produtividade por período.



Fonte: Solig (2018)

10.2 Segundo Modelo de Estudo Prático: Micro Usina

Esta micro usina ou micro geração, instalada em julho de 2019, está localizada numa residência no Centro de Barbacena. Ela já emprega um sistema mais atual com micro inversores, sendo uma unidade de 600Wp para cada dois painéis de 400Wp. São apresentados seus dados de potência, características técnicas do sistema, vida útil, índices de produtividade de geração, gráficos demonstrativos de produção, entre outros.

FIGURA 24 – apresentação dos equipamentos

solig Energia do bem

Característica Gerais do Sistema

Potência do Seu Sistema Fotovoltaico:	4,80 KWp
Área Estimada do Sistema:	24 m ²

Itens Contemplados

Módulos Solares

Características Técnicas:	
Potência:	400 W
Garantia (90% Eficiência):	10 anos
Garantia (80% Eficiência):	25 anos
Marca:	Canadian
Quantidade:	12 unid.



Inversor(es)

Características Técnicas:	
Modelo:	YC-600
Fabricante:	APSystem
Garantia (Defeitos de fábrica):	15 anos
Sistema de Monitoramento:	Wifi
Tensão de Funcionamento:	220 V



Instalação

Instalação completa com toda documentação e procedimentos de homologação na concessionária;

> Garantia de Instalação: 5 ano

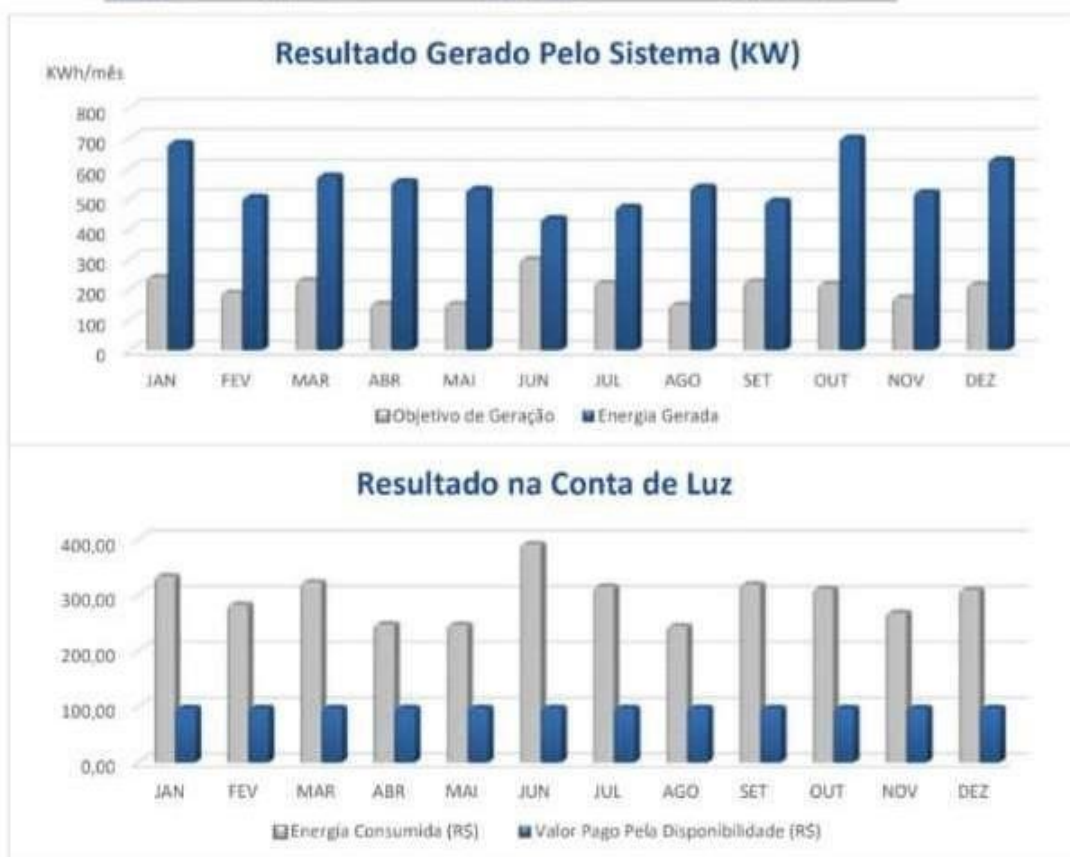
Fonte: Solig (2019)

FIGURA 25 – demonstrativo de produtividade



Análise Anual do Consumo

	Energia Consumida	Objetivo de Geração	Energia Gerada
JAN	341 KWh	241 KWh	685 KWh
FEV	289 KWh	189 KWh	505 KWh
MAR	330 KWh	230 KWh	576 KWh
ABR	253 KWh	153 KWh	558 KWh
MAI	252 KWh	152 KWh	532 KWh
JUN	400 KWh	300 KWh	436 KWh
JUL	322 KWh	222 KWh	474 KWh
AGO	250 KWh	150 KWh	539 KWh
SET	326 KWh	226 KWh	494 KWh
OUT	318 KWh	218 KWh	702 KWh
NOV	274 KWh	174 KWh	522 KWh
DEZ	316 KWh	216 KWh	629 KWh
MÉDIA	306 KWh	206 KWh	554 KWh



Economia mensal: 67,31%

Fonte: Solig (2019)

FIGURA 26 – Demonstrativo de investimento



Kit's Fotovoltaico e Investimento

Sistema Gerador Fotovoltaico de 4,8 kWp	R\$	24.256,50
Sistema composto por 12 Módulos Canadian de 400W, 6 microinversores YC-800.		
Geração média: 554 KWh	Desconto: R\$	23.550,00
Sistema Gerador Fotovoltaico de 1.98 kWp	R\$	22.540,52
Sistema composto por 12 Módulos Canadian de 355W, 6 microinversores YC-800.		
Geração média: 492 Kwh/mês	Desconto: R\$	21.884,00
Sistema Gerador Fotovoltaico de 1.98 kWp	R\$	21.238,60
Sistema composto por 12 Módulos Canadian de 340W, 6 microinversores Reno-500.		
Geração média: 471 Kwh/mês	Desconto: R\$	20.620,00
Sistema Gerador Fotovoltaico de 1.98 kWp	R\$	18.735,70
Sistema composto por 12 Módulos Canadian de 355W, 1 Inversor Fronius Primo 4.0.		
Geração média: 492 Kwh/mês	Desconto: R\$	18.190,00

Resultado do Retorno de Investimento

Premissas e Taxas

Degradação dos Painéis (Ano 1)	1,00%	*No 1º ano há queima do EVA.
Degradação outros anos	0,70%	*Perda de eficiência anual.
Inflação Anual	6,00%	
Inflação Energética Anual Projetada	8,00%	
Valor do KWh	R\$0,89	

Outputs e Resultados

Payback Ano	3
Retorno no Primeiro Ano (%)	24,12%
Retorno no Primeiro Ano (R\$)	R\$ 5.864,40
Valor Acumulado em 25 anos	R\$ 386.493,45
Valor Presente Líquido - VPL	R\$ 71.199,68
Taxa Interna de Retorno - TIR	40,62%



Fonte: Solig (2019)

FIGURA 27 – Resultado financeiro

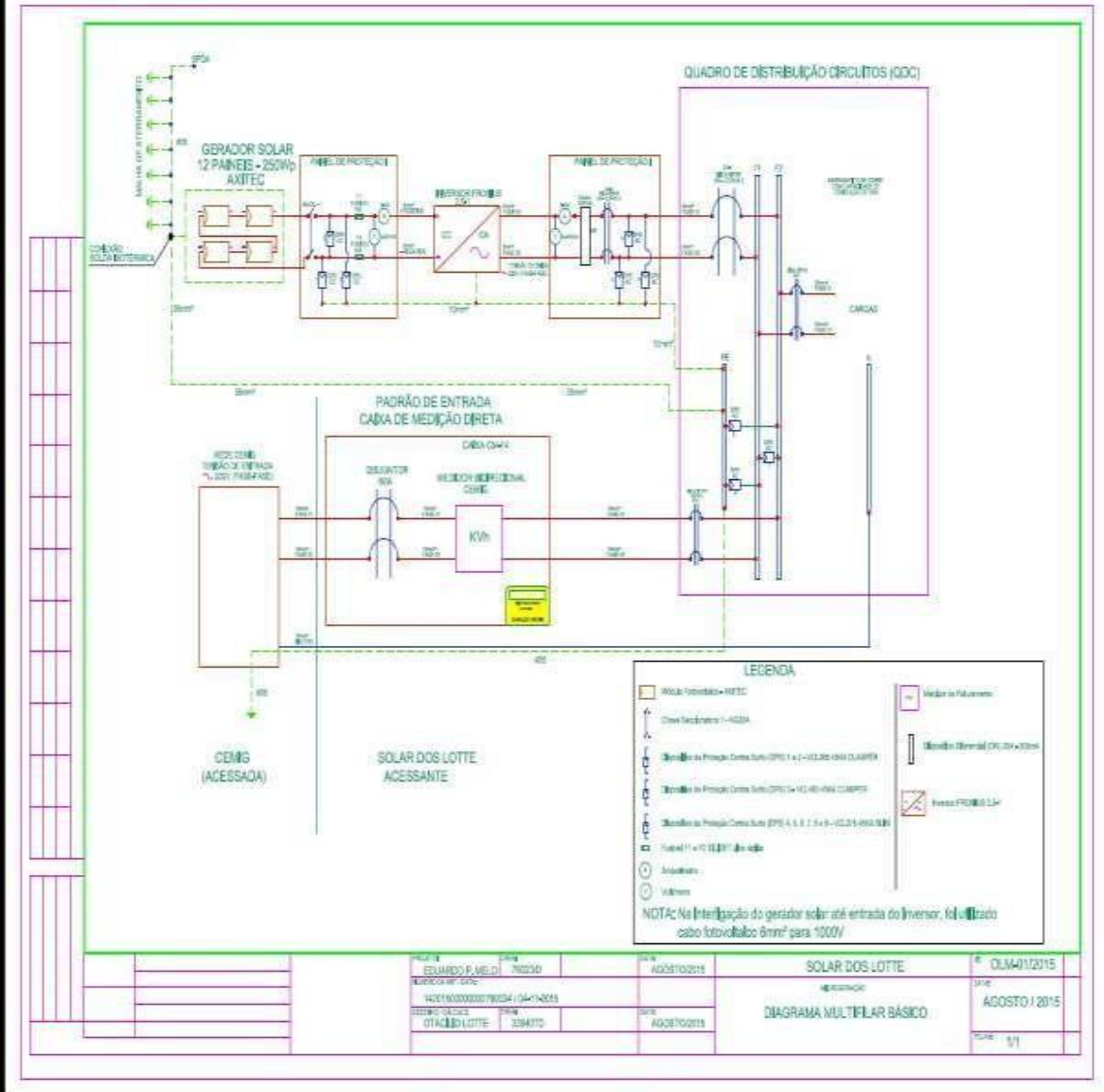


Resultado do Investimento

Ano Índice	Energia Gerada (kW)	Retorno Financeiro	Custos Anuais	Lucro Anual	Lucro Acumulado
0	8585,51	R\$ 5.864,40	-24317,14 -R\$	18.452,74 -R\$	24.317,14
1	8539,41	R\$ 6.289,22	-128,56 R\$	6.160,66 -R\$	12.292,09
2	8493,63	R\$ 6.744,81	-136,27 R\$	6.608,53 -R\$	5.683,55
3	8448,18	R\$ 7.233,40	-144,45 R\$	7.088,95 R\$	1.405,40
4	8403,04	R\$ 7.757,39	-153,12 R\$	7.604,27 R\$	9.009,67
5	8358,22	R\$ 8.319,33	-162,30 R\$	8.157,03 R\$	17.166,70
6	8313,71	R\$ 8.921,99	-172,04 R\$	8.749,94 R\$	25.916,64
7	8269,52	R\$ 9.568,29	-182,36 R\$	9.385,93 R\$	35.302,58
8	8225,63	R\$ 10.261,42	-193,31 R\$	10.068,12 R\$	45.370,69
9	8182,05	R\$ 11.004,78	-204,90 R\$	10.799,85 R\$	56.170,55
10	8138,77	R\$ 11.801,94	-217,20 R\$	11.584,75 R\$	67.755,29
11	8095,80	R\$ 12.656,88	-230,23 R\$	12.426,65 R\$	80.181,94
12	8053,13	R\$ 13.573,74	-244,04 R\$	13.329,70 R\$	93.511,63
13	8010,76	R\$ 14.557,02	-258,69 R\$	14.298,34 R\$	107.809,97
14	5968,69	R\$ 15.611,53	-274,21 R\$	15.337,33 R\$	123.147,29
15	5928,90	R\$ 16.742,43	-290,66 R\$	16.451,77 R\$	139.599,07
16	5885,42	R\$ 17.955,25	-308,10 R\$	17.647,15 R\$	157.246,22
17	5844,22	R\$ 19.255,93	-326,59 R\$	18.929,35 R\$	176.175,57
18	5803,31	R\$ 20.650,83	-346,18 R\$	20.304,65 R\$	196.480,22
19	5762,69	R\$ 22.146,78	-366,95 R\$	21.779,83 R\$	218.260,05
20	5722,35	R\$ 23.751,09	-388,97 R\$	23.362,12 R\$	241.622,17
21	5682,29	R\$ 25.471,62	-412,31 R\$	25.059,31 R\$	266.681,48
22	5642,51	R\$ 27.316,79	-437,05 R\$	26.879,74 R\$	293.561,22
23	5603,02	R\$ 29.295,61	-463,27 R\$	28.832,34 R\$	322.393,57
24	5563,80	R\$ 31.417,79	-491,06 R\$	30.926,72 R\$	353.320,29
25	5524,85	R\$ 33.693,69	-520,53 R\$	33.173,16 R\$	386.493,45

Fonte: Solig (2019)

FIGURA 28 – Projeto simplificado



Fonte: Solig (2019)

10.3 Terceiro Modelo de Estudo Prático: Modelo de Usina Inversor Único.

Esta usina está instalada numa residência no bairro do Campo, em Barbacena, e conta com um sistema mais tradicional que utiliza um inversor único, também de grande desempenho e qualidade técnica. A instalação foi realizada pelo próprio morador, Otacílio Lotte, técnico aposentado da Cemig, auxiliado pelos seus filhos, engenheiro e estudante de Engenharia.

FIGURA 29 - Projeto simplificado usina solar dos Lotte



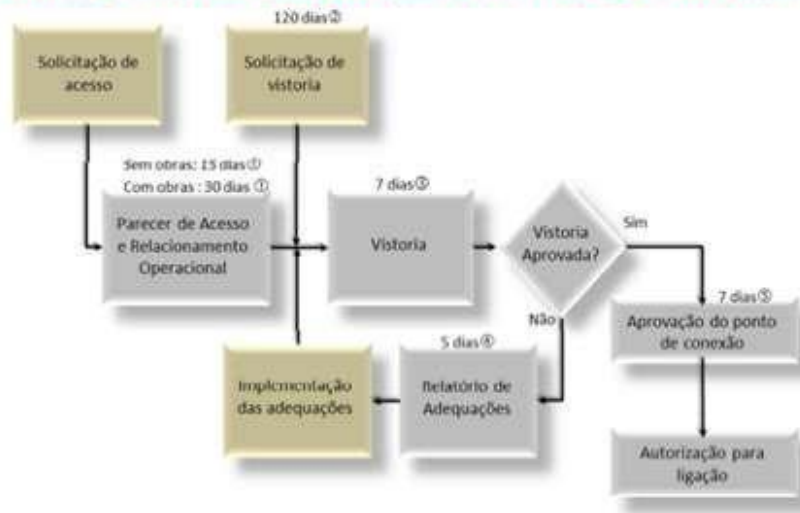
Fonte: Otacílio Lotte (2016)

FIGURA 30- Fluxograma de execução



CEMIG DISTRIBUIÇÃO ND- 5.30 Março de 2016
Requisitos para a conexão de Acessantes ao
Sistema de Distribuição Cemig – Conexão em Baixa Tensão

Cronograma das etapas para Viabilização do Acesso



- (1) a partir da solicitação de acesso por parte do acessante.
- (2) a partir da emissão do parecer de acesso.
- (3) a partir da solicitação de vistoria por parte do acessante.
- (4) a partir da realização da vistoria.
- (5) após a aprovação da vistoria.

Figura 1 – Etapas de acesso de microgeradores ao sistema de distribuição da Cemig D

Fonte: Otacílio Lotte (2016)

FIGURA 31 – Documentação



CEMIG DISTRIBUIÇÃO ND- 5.30 Março de 2016
Requisitos para a conexão de Acessantes ao
Sistema de Distribuição Cemig – Conexão em Baixa Tensão

Documentação para Conexão Micro Geração

- ✓ INFORMAÇÕES BÁSICAS DE GERAÇÃO DISTRIBUIDA - USINA FOTOVOLTAICA
- ✓ MEMORIAL DESCRITIVO DO SISTEMA DE MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA
- ✓ DIAGRAMA MULTIFILAR BÁSICO
- ✓ ART – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA
- ✓ CERTIFICAÇÃO DO INVERSOR (Fabricante)
- ✓ CERTIFICAÇÃO DO INVERSOR (ABNT)
- ✓ CERTIFICAÇÃO DOS MODULOS
 - Atender Normas: ND 5.1, ND5.2, ND5.3,ND 5.30, 5.31
 - ABNT 5410, ABNT 14039 e ABNT 5419
 - Resolução Normativa ANEEL – NR 482 de 17 abril de 2012
 - Resolução Normativa ANEEL – NR 467 de 24 novembro 2015

Fonte: Otacílio Lotte (2016)

FIGURA 32 – Análise de radiação

Projeto e Montagem da Usina Solar dos Lotte

Survey & Correção da Radiação

Local: Residência – Latitude 21,2° S e Longitude 43,773611° O.

Barbacena MG - CEP 36200 608 - Rua Dr. Fernando de Alencar, nº 98.

Latitude: 21,219°_S

Longitude: 43,769°_O

Município	UF	Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]																
		Lat[°]	Long [°]	Dist [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
Barbacena	MG	21,2° S	43,773611° O	2,2	5,39	5,56	4,97	4,22	3,94	3,53	3,75	4,47	4,28	4,86	5,03	5,22	4,60	2,03

Fatores de correção da radiação solar para superfícies inclinadas.

INC	Jan	FEV	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
20°	0,94	0,98	1,05	1,12	1,16	1,16	1,14	1,1	1,04	0,98	0,94	0,92

Desvio Azimutal = 325°NW

$K_o = 1,14 - 0,0085 * Y(35°)$ ____ $K_o = 1,14 - 0,2975$ ____ $K_o = 0,8425$

MES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MEDIA
HSP	5,39	5,56	4,97	4,22	3,94	3,53	3,75	4,47	4,28	4,86	5,03	5,22	4,60
K	0,94	0,98	1,05	1,12	1,16	1,16	1,14	1,1	1,04	0,98	0,94	0,92	-
K_o	0,791	0,825	0,884	0,943	0,977	0,977	0,960	0,926	0,876	0,825	0,791	0,775	-
HSP _K	4,26	4,58	4,39	3,97	3,84	3,44	3,60	4,13	3,74	4,00	3,97	4,04	3,99

Fonte: Otacílio Lotte (2016)

FIGURA 33 – Foto da Montagem da Usina Solar dos Lotte



Fonte: Otacílio Lotte (2016)

FIGURA 34 – Foto da Montagem da Usina Solar dos Lotte



Fonte: Otacílio Lotte (2016)

FIGURA 35 – Foto da Montagem da Usina Solar dos Lotte



Fonte: Otacílio Lotte (2016)

FIGURA 36 – Foto da Montagem da Usina Solar dos Lotte



Fonte: Otacílio Lotte (2016)

FIGURA 37 – Foto da Montagem da Usina Solar dos Lotte



Fonte: Otacílio Lotte (2016)

FIGURA 38 – Foto da Montagem da Usina Solar dos Lotte



Fonte: Otacílio Lotte (2016)

FIGURA 39 – Foto da Montagem da Usina Solar dos Lotte



Fonte: Otacílio Lotte (2016)

FIGURA 40 – Foto da Montagem da Usina Solar dos Lotte



Fonte: Otacílio Lotte (2016)

FIGURA 41 – Foto da Montagem da Usina Solar dos Lotte



Fonte: Otacílio Lotte (2016)

FIGURA 42 – Foto da Montagem da Usina Solar dos Lotte



Fonte: Otacílio Lotte (2016)

FIGURA 43 – Foto da Aterramento da Usina Solar dos Lotte



Fonte: Otacílio Lotte (2016)

FIGURA 44 – Foto da Montagem da Usina Solar dos Lotte



Fonte: Otacílio Lotte (2016)

FIGURA 45 – Foto da Montagem da Usina Solar dos Lotte

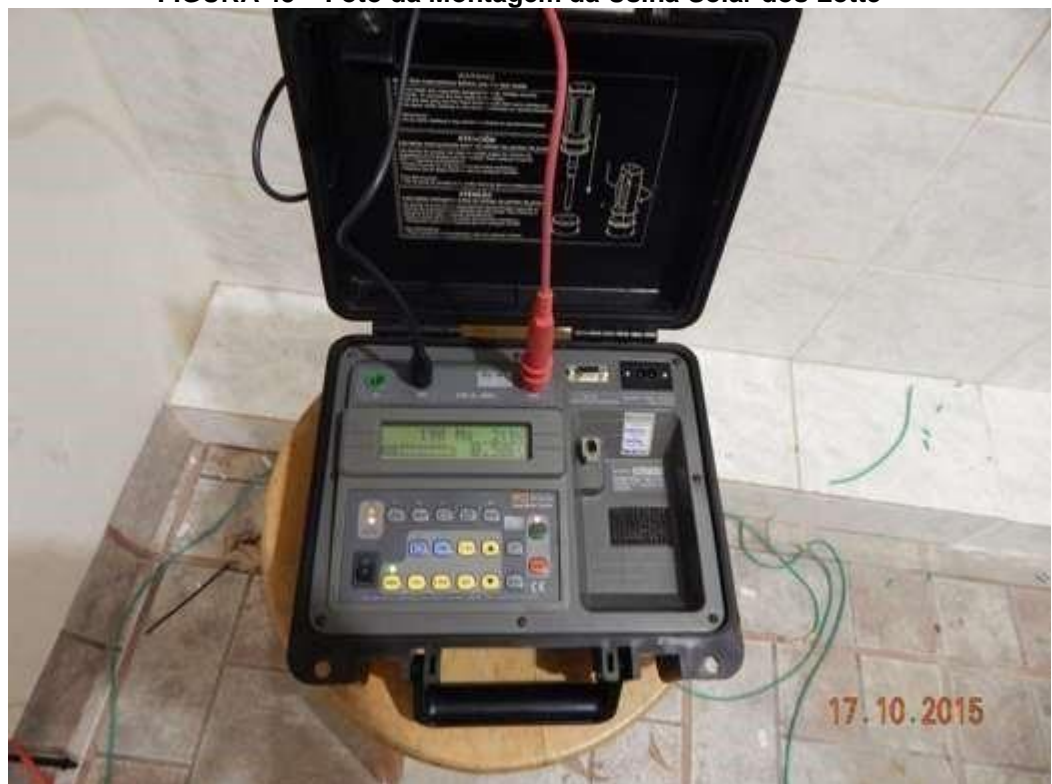


FIGURA 46 – Foto da Montagem da Usina Solar dos Lotte



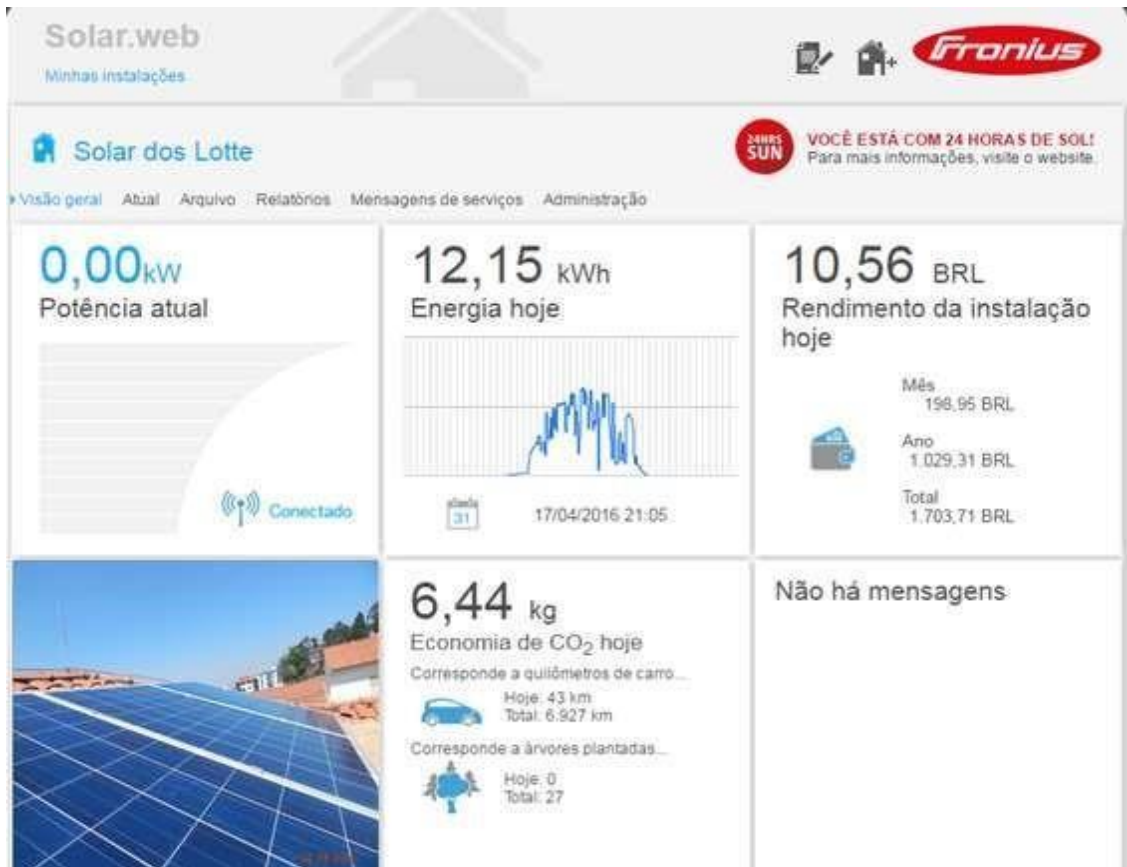
Fonte: Otacílio Lotte (2016)

FIGURA 47– Foto da Montagem da Usina Solar dos Lotte



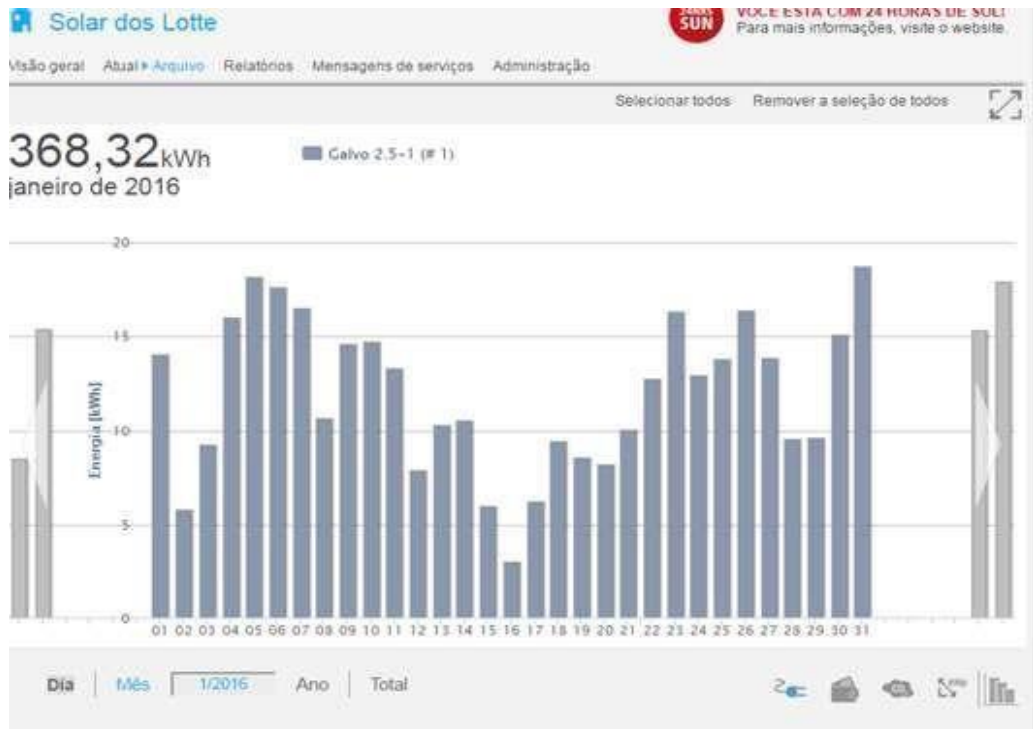
Fonte: Otacílio Lotte (2016)

FIGURA 48 –Produtividade da usina.



Fonte: Otacílio Lotte (2016)

GRÁFICO 05 – Relatório de produtividade diária



Fonte: Otacílio Lotte (2016)

GRÁFICO 06 – Relatório de produtividade diária



Fonte: Otacílio Lotte (2016)

GRÁFICO 07 - Índice de porcentagens de produtividade mensal



Fonte: Otacílio Lotte (2016)

GRÁFICO 08 - Baixa insolação diária

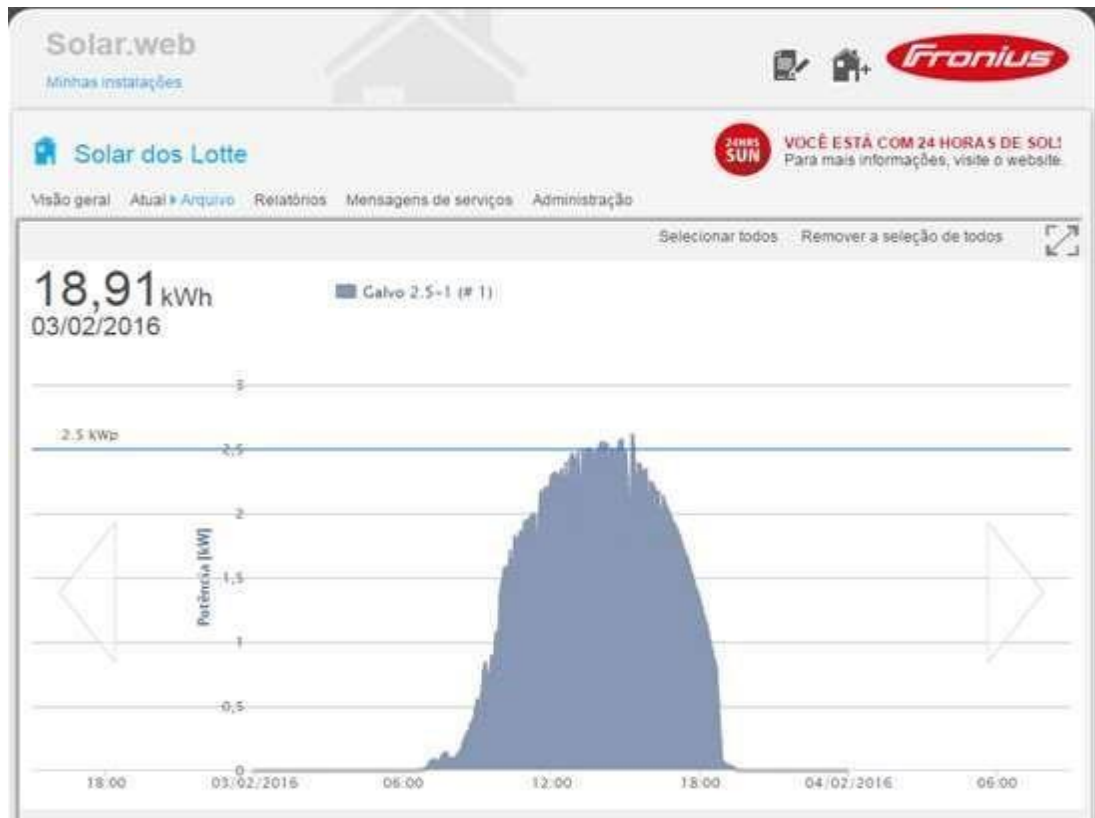


Fonte: Otacílio Lotte (2016)

GRÁFICO 09 - Geração anual acumulada



GRÁFICO 10 - Alta insolação diária



Fonte: Otacílio Lotte (2016)

11 CONCLUSÃO

Diante de todo o conteúdo exposto neste trabalho, torna-se inequívoco e notório que o sistema de geração de energia fotovoltaico ocupa hoje uma posição de alta relevância na matriz energética mundial de fontes “limpas” de produção.

Outro fato inegável, é que hoje os sistemas fotovoltaicos de geração de energia podem ser considerados popularizados, acessíveis, tanto para populações urbanas quanto rurais. Dessa forma observa-se uma grande capilaridade desses sistemas pelas cidades e regiões rurais afora.

O crescimento ano após ano tem sido cada vez mais expressivo, exponencial e as novas tecnologias do setor avançam velozmente numa direção ainda mais promissora, trazendo equipamentos, tecnologias e processos de instalação e produção cada vez mais eficientes, mais baratos e, portanto, ainda mais acessíveis.

Os registros de campo, das instalações reais conforme exemplificado neste trabalho, demonstram que o desempenho real dos sistemas chega a superar as expectativas de projeto, incentivando sua plena utilização e busca por ampliação e disseminação dos sistemas.

Em nossa realidade atual, com todas as facilidades de processamento e aprimoramento das características e qualidades físicas de novos materiais e técnicas de produção, as perspectivas para o futuro dos sistemas de geração solar fotovoltaica são as melhores e sempre otimistas, sob todos os aspectos que cercam o tema, sejam tecnológicos, comerciais, legais e sobretudo ambientais.

A receptividade e aceitação desta tecnologia é algo unânime em toda a sociedade, seja no meio técnico e acadêmico, seja nas esferas governamentais, mas principalmente pelo cidadão comum, que percebe claramente sua importância econômico-financeira pela evidente economia que promove, aliada aos benefícios ambientais e sociais, igualmente importantes. A sensação de autossuficiência em energia, e principalmente gerando energia “limpa” será sempre algo motivador e grande incentivador do uso dessa fonte alternativa, ofertada pelo nosso adorado Sol, fonte inesgotável de vida e energia para todas as gerações.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Eliane; ROSA, Anna Clara; DIAS, Fernanda Cristina Lima Sales; et al. **Energia solar fotovoltaica**: revisão bibliográfica.

BLOG DA GINGA IMOVEIS. **Vantagens e desvantagens da energia solar**.

Disponível em: <http://www.gingaimoveis.com.br/blog/vantagens-e-desvantagens-daenergia-solar/> Acesso em 11 de março de 2020.

Composição e funcionamento de um painel fotovoltaico. Disponível em: http://www.av.it.pt/laboratoriosremotos/?page_id=288 Acesso em 31 de agosto de 2019.

FERNANDES, Leandro Machado. **6 benefícios de utilizar um sistema fotovoltaico**. Disponível em: <https://maisengenharia.altoqi.com.br/eletrico/6-beneficios-de-utilizarum-sistema-fotovoltaico/> Acesso em 09 de fevereiro de 2020.

FRAGMAQ. **Conheça os principais benefícios da energia solar para o meio ambiente**. Disponível em: <https://www.fragmaq.com.br/blog/conheca-principaisbeneficios-energia-solar-meio-ambiente/> acesso em

LGL SOLAR. **Vantagens da energia solar fotovoltaica**. Disponível em: <http://lgl solar.com.br/blog/energia-solar/vantagens-da-energia-solar-fotovoltaica/> Acesso em 27 de fevereiro de 2020.

PORTAL SOLAR. **História da energia solar**: como tudo começou. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/historia-da-energia-solarcomo-tudo-comecou.html> Acesso em 15 de maio de 2020.

PORTAL SOLAR. **O inversor solar**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/oinversor-solar.html> Acesso em 17 de setembro de 2019.

RAPHAEL, Ellen et al. **Perovskites Solar Cells: A New Emerging Technology**. Química Nova, v. 41, n. 1, p. 61-74, 2018.

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

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

SILVA, Manuella Pereira da et al. **Esforço das concessionárias de energia elétrica para o desenvolvimento de tecnologias de fontes alternativas de energia**: o caso das Empresas Eletrobrás. 2013.

SITE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. **Canais do Rio São Francisco poderão receber painéis de energia solar**. 24/02/2019. Online. Disponível em www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=canais-rio-franciscopoderao-receber-paineis-energia-solar. Capturado em 14/10/2019.

SITE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. **Células solares de plástico ficam ainda mais simples**. 19/02/2018. Online. Disponível em www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=celulas-solaresplastico-ficam-ainda-mais-simples. Capturado em 14/10/2019.

SITE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. **Olho de inseto inspira painéis solares eficientes e belos**. 09/11/2017. Online. Disponível em www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=olho-inseto-inspirapaineis-solares-eficientes-belos. Capturado em 14/10/2019.

SITE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. **Painéis solares flexíveis mais próximos da realidade**. 19/09/2019. Online. Disponível em www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=paineis-solaresflexiveis-

mais-proximos-realidade. Capturado em 14/10/2019.

SITE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. **Painel solar do século passado é reinventado.** 28/12/2017. Online. Disponível em

www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=painel-solar-seculopassado-reinventado. Capturado em 14/10/2019.

SITE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. **Plástico de estufa divide a luz para aumentar eficiência da fotossíntese.** 26/01/2018. Online. Disponível em

www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=plastico-estufa-divideluz-aumentar-eficiencia-fotossintese. Capturado em 14/10/2019.

SOLARVOL. **Kit de energia solar:** qual a vida útil dos equipamentos? Disponível em: <https://www.solarvoltenergia.com.br/blog/kit-de-energia-solar-vida-util/>

SOLARVOL. **O que são usinas solares?** Disponível em: <https://www.solarvoltenergia.com.br/blog/o-que-sao-usinas-solares/>

TERRA. **Energia solar atinge crescimento histórico no Brasil.** Disponível em:

https://www-terra-com.br.cdn.ampproject.Org/v/s/www.terra.com.br/amp/noticias/dino/energia-solar-atinge-crescimento-historico-no-brasil,b338ce48bc6f7176de6523095b1fe4eddow4ba64.html?usqp=mq331AQA&_js_v=0.1#aoh=15628019699337&_ct=1562801886376&referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com&_tf=Font e%3A%20%251%24s&share=https%3A%2F%2Fwww.terra.com.br%2Fnoticias%2Fdino%2Fenergia-solar-atinge-crescimento-historico-no-brasil%2Cb338ce48bc6f7176de6523095b1fe4eddow4ba64.html

TRABALHOS FEITOS. **Análise de conforto visual** – 30 St Mary Building – Londres.

Disponível em: <https://www.trabalhosfeitos.com.br/ensaios/Anlise-De-ConfortoVisual-30/77891962.html>

VILLAÇA, Andrea Lopes. **A implantação de mini redes de energia solar em comunidades isoladas do Amazonas.** Universidade Federal de Lavras, 2011.