

VIABILIDADE DA MICROGERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTÁICA NO BRASIL, SUA IMPORTÂNCIA COMO SOLUÇÃO SOCIOAMBIENTAL E APLICAÇÃO EM UMA UNIDADE CONSUMIDORA PRÉ-EXISTENTE

Allan Alves de Oliveira

*Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(allanalves1243@hotmail.com)*

Ana Lúcia Carrijo Adorno

Professora Doutora, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis (ana.carrijo@unievangelica.edu.br)

Eduardo Martins Toledo

*Professor Mestre, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(eduardomtoledo@gmail.com)*

RESUMO

A capacidade de geração de energia elétrica por fonte solar, seguramente, será uma das principais realidades do setor de geração energética no futuro, apresentando um crescimento quase que exponencial de 577% de junho de 2017 ao mesmo período de 2018 no Brasil, a sua utilização se faz mais que necessária em um cenário de dependência de recursos hídricos e um crescimento da demanda de energia no país que pode chegar a mais de 42% até 2026. A redução dos custos para a implantação dos sistemas de geração, fazendo com que os usuários do mesmo tenham um retorno de investimento cada vez mais rápido, nos deu uma noção da tamanha importância desse tipo de incentivo por meio de políticas governamentais, que foram comprovados pela enorme intensificação da capacidade geradora no período de apenas um ano. Analisar a composição da matriz energética brasileira e a participação do sistema de geração fotovoltaico na mesma, compreender os princípios de funcionamento do sistema fotovoltaico, seu desempenho, as vantagens de sua utilização, seus pontos positivos e negativos e capacidade transformadora, elaborar e executar um estudo prático de dimensionamento de um sistema de microgeração distribuída em um consultório odontológico e expô-lo utilizando a ferramenta AutoCAD são os principais objetivos do presente artigo.

PALAVRAS-CHAVE: Energia Fotovoltaica. Geração Distribuída. Dimensionamento.

1 INTRODUÇÃO

O elemento de insumo primordial para qualquer área e para o homem moderno é a energia e não é de hoje que o homem vem se tornando dependente da mesma, o que era praticamente inviável, a depender dos custos de implantação, há 40 anos, hoje está incomparavelmente mais próximo de se tornar realidade para alguns países. Estamos falando sobre a produção de enormes quantidades de energia proveniente da fonte mais abundante no nosso planeta, o sol, e para melhorar, esta é produzida de forma a causar impactos ambientais mínimos quando comparado a outras formas de geração de energia.

O Brasil é um dos países que compõem o ranking de incidência solar radioativa anual (SOLARGIS, 2018) e, com os incentivos governamentais, vem avançando na utilização desta disponibilidade de recurso de forma considerável, mas o seus desenvolvimentos e investimento ainda são poucos quando o comparamos com os países, que mesmo possuindo potenciais solares inferiores, representam os maiores incentivos no setor. O comparativo reforça a importância de maiores investimentos no setor do nosso país.

Em 2012, fora implantada a Resolução Normativa nº 482, que tornou possível a geração de energia elétrica por meios renováveis pelas próprias unidades consumidoras e também o fornecimento da mesma para a rede de distribuição a partir do sistema de créditos que podem ser utilizados pelo provedor conforme suas necessidades. O objetivo principal do normativo é pensado em grande parte na geração distribuída por esta apresentar grandes benefícios como a diminuição de custos, a praticidade dos processos de aplicação dos sistemas, a diminuição dos impactos ambientais, a minimização das perdas e a pluralização da matriz energética (ANEEL, 2015).

2 PANORAMA BRASILEIRO E MUNDIAL DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

A emissão mundial de gás CO₂ na atmosfera bateu seu recorde em abril de 2018, alcançando a marca de mais de 410 partes por milhão, estudos demonstram que 91% do gás emitido tem origem nos combustíveis fósseis, sendo 41% originado do carvão, 33% de óleos, 19% de gasolina, e 1% de gases. Os outros 9% são causados pelas mudanças provocadas no uso da terra ou desmatamento florestal. De todo o CO₂ presente no planeta, em torno de 44% fica acumulado na atmosfera, 26% nos oceanos e 30% na terra (JOÃO, 2017).

A emissão mundial no período de 1990 a 2016 teve o Brasil como um de seus contribuintes protagonistas, chegando este a compor 4% em emissão líquida e a 5% em emissão bruta de gás durante todo o período, o ápice de sua contribuição ocorreu no ano de 2003 a 2004, onde neste período o país foi gerador de 8% de todo o despejo de gases estufa na atmosfera (SEEG, 2018).

O Brasil está entre o ranking dos maiores emissores per capita de CO₂ do mundo no período, liderando-o de 1990 a 2010, chegando a representar o triplo em alguns anos, já a partir de 2010, as emissões se equilibraram com as mundiais, que representavam em média 7,5 t/habitante/ano, e até a caírem para 6,9 t/habitante/ano em 2015, o que foi um avanço e tanto na redução da poluição. O país ocupou a 7ª posição no rank, segundo dados de 2016, o que representa quase 2,3 bilhões de gás carbônico despejados na atmosfera somente no mesmo ano. Deste total, 74% tem origem nas mudanças no uso da terra (desmatamento ou agropecuária) (JOÃO, 2017).

A emissão de gases do efeito estufa no país com relação à emissão global teve quatro pontos marcantes entre 1990 e 2016. O primeiro ocorreu entre 1990 e 1997, onde o Brasil teve um crescimento na emissão anormal e até superior ao global; entre 1998 e 2004 a emissão ocorreu a ritmo semelhante ao global e próximo de 2004 há um

acréscimo também anormal. De 2005 a 2008, há uma queda brusca na taxa de emissão e ao mesmo tempo a taxa mundial apresenta aumento contínuo. Já após 2009, após a implantação da Política Nacional de Mudanças Climáticas, as emissões cessam sua queda e se mantêm quase que constantes até 2016. Com isso, a emissão líquida de CO₂ no Brasil em 2015 foi menor que a emissão em 1990 de 1,5 Giga-Toneladas (SEEG, 2018).

3 MATRIZ ENERGÉTICA E ELÉTRICA BRASILEIRA

Há uma diferença entre matriz elétrica e matriz energética. São termos parecidos, porém possuem significados distintos. Matriz energética representa todo e qualquer recurso energético disponível para transformação, distribuição e consumo, é então a quantidade de energia que se pode aproveitar em determinada região de forma direta, um exemplo seria a gasolina utilizada para abastecer carros e motos. É a partir da avaliação dos pontos positivos e dos pontos negativos dentro da matriz energética que então podemos buscar a melhoria nos mesmos e com isso aliarmos a capacidade elétrica do nosso país com sua necessidade energética e resultarmos em melhorias a nível nacional (EPE, 2017).

De toda essa energia, 42,9% provêm de fontes renováveis, enquanto os outros 57,1% não são renováveis, como é apresentado na figura 9. Podemos observar que, em comparação com os mesmos dados a nível mundial, o Brasil está avançado se comparado à média dos países do mundo, mas isto deve ser enxergado como um incentivo por busca de melhorias e ampliação do setor de energias renováveis (ANEEL, 2018).

A matriz elétrica é representada pelo quantitativo de fontes para geração direta de energia elétrica, ou seja, a eletricidade é produzida separadamente para após ser então distribuída e consumida em residências, indústrias, etc (ANEEL, 2018) e é, majoritariamente, composta pela produção de energia advinda de fonte hidráulica, como podemos observar na figura 13 e quadro 2, e parte disso se deve ao contexto em que estamos inseridos, onde a abundância de recursos hídricos é uma realidade para o país e, em tese, seria capaz de suprir a maior parte da demanda brasileira de energia (ANEEL, 2018).

A seguir, a energia fóssil, eólica, biomassa e até a importação representam quase toda a outra parcela do total consumido no Brasil.

Quadro 1: Dados da Matriz Elétrica Brasileira, 2018.

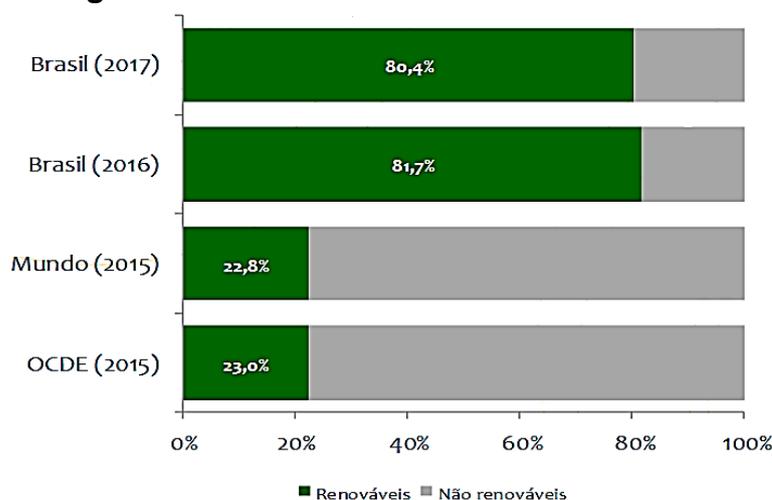
MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA		
Origem	Capacidade Instalada Total (KW)	Capacidade Instalada Total (%)
Biomassa	14.719.116,00	8,71
Eólica	13.427.343,00	7,95
Fóssil	26.340.063,00	15,59
Hídrica	102.895.821,00	60,90
Nuclear	1.990.000,00	1,18
Solar	1.426.773,00	0,84
Importação	8.170.000,00	4,84
Total	168.969.116,00	100,00

Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2018.

A energia matricial é produzida por 80,4% de fontes renováveis (como é mostrado na figura 1), o que nos garante certo destaque ao se falar em energias renováveis. Muito

dessa renovabilidade é graças ao grande potencial de geração através do recurso hídrico e ao compararmos o Brasil ao restante do mundo, em questão de recursos renováveis, estamos à frente (PEREIRA, et al., 2017).

Figura 1: Matriz Elétrica Brasileira e Mundial.



Fonte: EPE; Agência Internacional de Energia, 2018.

Ainda que o país tenha grande potencial hídrico, a necessidade de pluralidade na matriz energética é de suma importância, pois a hidroeletricidade se mostrou bastante vulnerável às variações climáticas mais extremas. Buscar apoiar-se em uma fonte vulnerável como a hídrica nos torna também vulneráveis caso essa energia venha a falhar sistematicamente, como em períodos de estiagem, e todos pagamos por isso. Segundo dados do Balanço Energético Nacional, no período de 2011 a 2015, que fora então um período de estiagem e conseqüente escassez energética a nível nacional, ficou claro que a estratégia primeira a ser tomada foi utilizarmos de combustíveis fósseis para suprir a necessidade energética no país, havendo então um crescimento em quantidade de usinas termoeletricas, o que vai contra os princípios de sustentabilidade necessários para um bom desenvolvimento (EPE, 2017).

4 FATORES IMPULSIONADORES

Em 2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), validou as resoluções normativas nº 482 e nº 517, ambas definem as condições para todas as etapas de uso e aplicação da microgeração e minigeração de energia elétrica. A resolução normativa nº 687/15, que é complementar à nº 482, determina que a geração abaixo de 75kW é considerada microgeração e entre 75kW e 5MW é considerada minigeração (IZIDORO; ORSI; CORDEIRO, 2014).

Fora também implantado um sistema de compensação de energia elétrica, que define que a energia excedente do sistema de geração é concedido para à concessionária regional como forma de créditos que posteriormente serão compensados em outras tarifas da mesma unidade consumidora ou então unidade consumidora distinta, porém de mesma titularidade. Esses créditos gerados em excesso são válidos pelo período de 60 meses, podendo ser utilizados durante esse período pelo titular de forma a compensar quaisquer gastos que ultrapassem o valor gerado (IZIDORO; ORSI; CORDEIRO, 2014).

A partir de 2012, a ANEEL firmou as regras e a regulamentação para as nomeadas minigeração e microgeração e com a Resolução Normativa 482/2012 ficou ainda mais viável produzir a própria energia, pois a com a resolução foi implantado o sistema de compensação energética, onde sistema de geração em um telhado, é

conectado à rede pública de energia através da Unidade Consumidora e, a partir daí, injetar a energia produzida em excesso pelo sistema na própria rede, o que gera créditos para a unidade injetora, funcionando então como se fosse uma bateria – com validade de 60 meses - que pode ser utilizada posteriormente na mesma unidade consumidora ou em outra unidade de mesmo proprietário (IZIDORO; ORSI; CORDEIRO, 2014).

Com a Resolução Normativa 687/2015, o limite de potência de 1000 kWp por Unidade Consumidora foi alterado para 5000 kWp, o que correspondem a mil residências de classe média; o conceito de telhados solares se estendeu e passou a abranger os telhados em condomínios, consórcios, cooperativas e também o autoconsumo remoto. Tornou-se viável então para um residente de apartamento gerar sua energia em uma chácara ou qualquer outro local e utilizar esses créditos para as contas de energia do apartamento (ANEEL, 2016).

A ANEEL estimou que até 2024, o Brasil possua mais de 1,2 milhões de geradores fotovoltaicos instalados apenas dentro das classes de microgeração e minigeração distribuída, o que é uma visão um tanto quanto otimista sobre o setor e que representaria um grande avanço da tecnologia.

5 TIPOS DE SISTEMA FOTOVOLTAICO

Os sistemas são divididos em sistemas fotovoltaicos isolados de rede (SFI) e sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCR). Para o dimensionamento SFI é de suma importância uma boa precisão no levantamento da demanda energética para que a energia produzida supra a demanda sem faltas. Já para o SFCR, a precisão no levantamento da demanda é menos importante devido qualquer excesso de demanda poder ser suprido pela energia provinda da rede de distribuição. O dimensionamento dos SFI e SFCR têm bastantes pontos em comum. O escopo do presente trabalho se dá pelo dimensionamento de um sistema fotovoltaico conectado à rede.

As diferenças entre os sistemas conectados à rede e o sistema isolado são:

- Em sistemas conectados diretamente na rede, não se faz necessário o uso de sistemas de armazenamento de energia;
- Os sistemas conectados à rede operam em corrente alternada e na mesma frequência e tensão da rede local;
- O sistema fica inoperante quando não há tensão na rede, mesmo com incidência luminosa atuante;
- Os inversores integram os dispositivos seguidores de potência máxima (SPPM);
- A rede local deve necessariamente ser capaz de hospedar a energia elétrica gerada;
- A qualidade da energia da rede pode comprometer a transferência de energia para do sistema;
- O gerador fotovoltaico pode ser incorporado à estrutura pré-existente, sendo necessária a análise da resistência mecânica e carga máxima admissível, dentre outros requisitos;
- Em sistemas urbanos, é mais possível que aconteça interferências por sombreamento, sombreamento parcial e de superfícies reflexivas próximas;
- Para estruturas fixas, o posicionamento do painel é de suma importância para o desempenho dos mesmos;

6 ESTUDO DE CASO

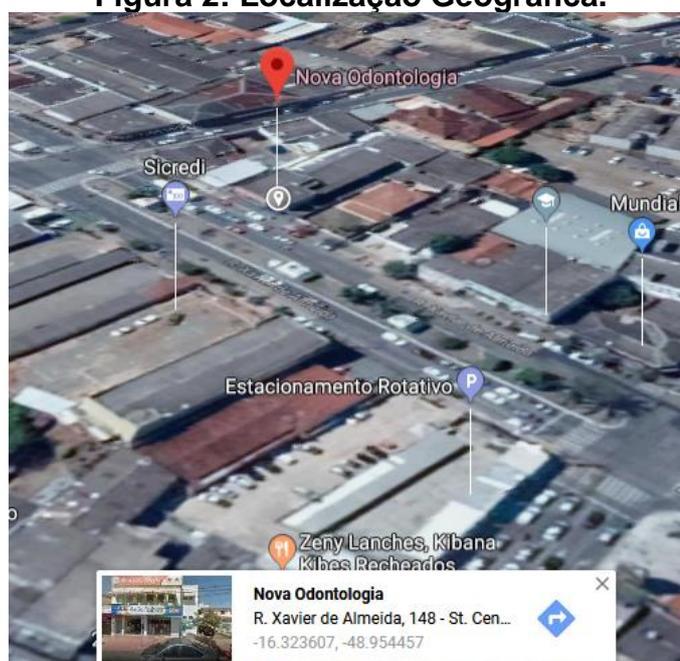
6.1 INFORMAÇÕES E LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA

A clínica odontológica Nova Odontologia, localizada na Rua Xavier de Almeida, nº 148 (Sobreloja), centro de Anápolis, Goiás, que será objeto de análise para a aplicação do sistema fotovoltaico, se trata de um edifício que possui 22 anos segundo informações do proprietário, a clínica funciona no local há 13 anos.

Anápolis está localizado no Centro-Oeste Brasileiro, a uma latitude de 1017,0 metros (GEOGRAFOS, 2019), a uma distância de 50Km da capital de Goiás (Goiânia) e a 140Km de distância da capital do país, Brasília. A cidade possui pouco mais de 380.000 habitantes (IBGE, 2018), é muito conhecida por possuir o maior polo agro-industrial do centro-oeste, o que impulsiona sua economia, além de estar localizada no centro das principais rodovias do país (CONTEXTO, 2012).

A partir do endereço do consultório, foi utilizado o Google Earth para a busca das informações geográficas do mesmo (figura 2).

Figura 2: Localização Geográfica.



Fonte: Google Earth, 2019.

Com isso, como mostrado na figura 20, foi observado que:

- Sombreamento: Não há edificações que possam sombrear o telhado;
- Coordenadas Geográficas do local: -16.323607, -48.954457;
- Informações sobre o telhado: possui duas águas, com pequena inclinação para o leste e oeste geográficos, o que facilita no posicionamento dos painéis e gera maior aproveitamento;
- Os painéis devem ter inclinação de 16°, acompanhando a inclinação na latitude (PORTAL SOLAR, 2018);

6.2 ARQUITETURA E COBERTURA

A arquitetura do local é apresentada a seguir, de forma a demonstrar os ambientes da clínica:

6.3 DEMANDA E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Ainda que o consumidor não consuma energia, o mesmo deve pagar pelo custo de disponibilidade da mesma, conforme a seguinte tabela:

Tabela 1: Custo de Disponibilidade

Tipo de Ligação	Custo de Disponibilidade
Monofásico	30 kWh/mês
Bifásico	50 kWh/mês
Trifásico	100 kWh/mês

Fonte: ANEEL, 2016.

As formas mais comuns de se determinar a demanda de uma unidade consumidora são: somando-se a energia gasta por cada equipamento conectado à rede ou utilizando-se o histórico de consumo da unidade consumidora, sendo o último método, o adotado para os cálculos e análises (APARECIDA; ELIANE, 2016).

Utilizando-se dados da unidade consumidora, fora obtido também o consumo elétrico da mesma durante os últimos 12 meses (figura 21) para a utilização na análise, no site da concessionária ENEL.

Figura 5: Informações de consumo da unidade consumidora nos últimos 12 meses.

DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA	
FATURAMENTO / FORNECIMENTO	
ATIVIDADE	
8630-5/04 ATIVIDADE ODONTOLOGICA COM RECURSOS PARA REALIZACAO	
CLASSE / TIPO DE LIGAÇÃO	
03 04 SERVIÇOS E OUTRAS ATIVIDADES MONOFASICO (0 a 12 kW)	
VENCIMENTO BASE BANCO AGÊNCIA CONTA CORRENTE	
02/03/2019	
DADOS DA MEDIÇÃO	
LEITURA ATUAL	18471
LEITURA ANTERIOR	17211
DIFERENÇA LEITURA	1260
FM	1,000
TOTAL CONSUMO	1260
MEDIDOR kWh	2837874-1
MÊS DE REFERÊNCIA	02/2019
DATA DE LEITURA ATUAL	14/02/2019
DATA DA LEITURA ANTERIOR	16/01/2019
DATA DA PRÓXIMA LEITURA	18/03/2019
DATA DA APRESENTAÇÃO	14/02/2019
NÚMERO DE DIAS FATURADO	29
MÉDIA / DIA	43,4483
MÉDIA TRIMESTRAL	1038,6670
MÉDIA ANUAL	934,5000

HISTÓRICO	
REFERÊNCIA	CONSUMO
FEV / 2019	1260,00
JAN / 2019	1002,00
DEZ / 2018	854,00
NOV / 2018	785,00
OUT / 2018	1126,00
SET / 2018	888,00
AGO / 2018	708,00
JUL / 2018	854,00
JUN / 2018	756,00
MAI / 2018	899,00
ABR / 2018	1105,00
MAR / 2018	977,00

Vencimento	Valor Pago
02/03/2019	RS 1.125,14
02/02/2019	RS 890,11
02/01/2019	RS 752,90
02/12/2018	RS 710,19
02/11/2018	RS 939,68
02/10/2018	RS 747,58
02/09/2018	RS 606,95

Fonte: ENEL, 2019.

A partir da análise dos dados fornecidos pela ENEL, podemos observar que:

- Tipo de Ligação monofásica, de 0 a 12 kW, caracterizando um sistema de microgeração, segundo a REN 482/2012;
- O valor pago quase dobrou comparando fevereiro de 2019 a agosto de 2018;
- Consumo médio anual de 934,5 kWh/mês;

Utilizaremos o consumo médio anual como o valor a ser gerado pelo sistema. Devemos então subtrair o Custo de Disponibilidade do valor médio anual, pois esse valor não é gerado, somente adicionado à conta, logo:

$$\text{Geração total} = \text{Consumo médio anual} - \text{Custo de Disponibilidade} \quad (1)$$

O consumo médio anual é de 934,5kWh/mês e a partir da Tabela 1, um sistema monofásico tem um Custo de Disponibilidade de 30kWh por mês, logo:

$$\text{Geração total} = 934,5 \text{ kWh} - 30 \text{ kWh} \quad (2)$$

$$\text{Geração total} = 904,5 \text{ kWh} \quad (3)$$

Para a geração diária, dividimos a Geração total pela média de dias dos meses, equivalente a 30, logo temos:

$$E_{CD} = \frac{\text{Geração total}}{30} \quad (4)$$

$$E_{CD} = \frac{904,5}{30} = 30,15 \text{ kWh/dia} \quad (5)$$

Onde:

- E_{CD} : Potência-pico ideal do Sistema Fotovoltaico – em kWp (quilowatts-pico – relacionado à potência em situação ideal em laboratório dos módulos);
- Gt : Geração Total por mês – em kWp;

Com isso, o sistema deverá ser dimensionado de forma a produzir pouco mais de 30,15 kWh por dia, devido às perdas naturais do sistema..

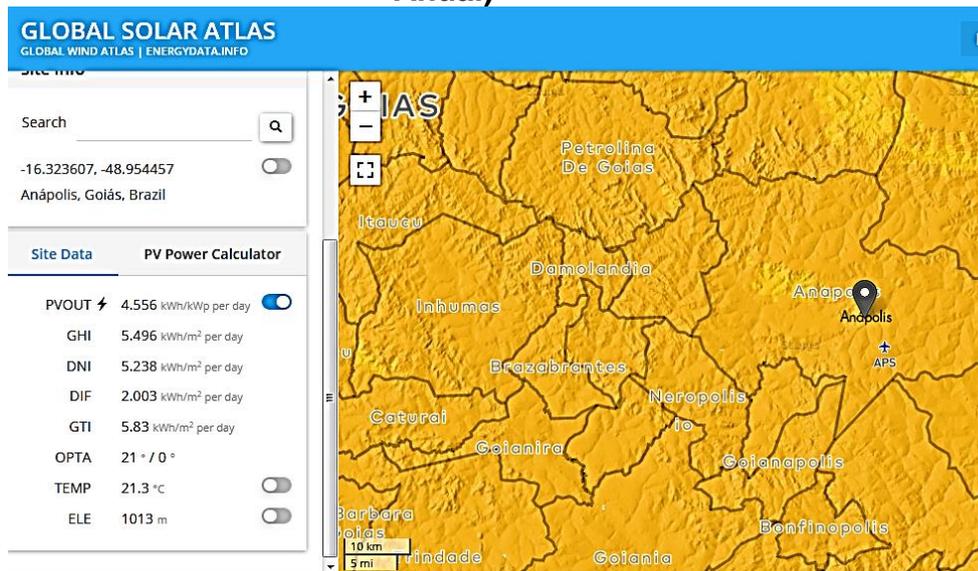
6.4 DISPONIBILIDADE DE RECURSO SOLAR

O Brasil possui grande potencial geracional, como já observado anteriormente. O Centro-Oeste é a segunda região com maiores índices de incidência de radiação por metro quadrado. A irradiação média diária em Anápolis, de acordo com a segunda edição do Atlas Brasileiro de Energia Solar, é a segunda maior por região, no país (ABES, 2017).

Aplicando as coordenadas obtidas pelo Google Earth no site Global Solar Atlas, obtemos que a média diária de irradiância horizontal (GHI), ou Horas de Sol Pico (HSP), para o local das coordenadas é de 5,496 kWh/m², como mostrado na figura 22, logo, este será o valor adotado.

Contudo, existem perdas em qualquer sistema de geração de energia e as mesmas não podem ser deixadas de lado na hora de dimensionar um sistema. A Bluesol, empresa especializada em fotoeletricidade, após uma série de análises, chegou aos principais valores de perda para os sistemas em geral, mostrados no quadro 2.

Figura 6: Total diário da irradiação no plano inclinado na latitude (Média Anual)



Fonte: Global Solar Atlas, 2016.

Quadro 2: Fatores de perda para sistemas fotovoltaicos.

Tipo de Perda	%
Por temperatura	12,65
Por conversão (CC-CA)	2,27
Por sujeira e sombreamento	8,05
Cabeamento	2,3
Total	25,27

Fonte: BLUESOL, 2018.

Logo, utiliza-se o valor de perda total para efetuação do cálculo do Recurso Solar da Localidade, que é encontrado subtraindo-se do valor de Horas de Sol Pico (HSP) a perda total (PT) do sistema.

$$RSL = HSP * (1 - PT) \quad (6)$$

$$RSL = 5,496 * (1 - 25,27\%) \quad (7)$$

$$RSL = \frac{4,1072 \frac{kWh}{m^2}}{dia} \quad (8)$$

Onde:

- RSL : Recurso Solar;
- HSP : Média anual de radiação solar – em kWh/m²/dia;
- PT : Perda Total;

Um módulo, quando submetido à irradiância de 1000 W/m², atinge o seu pico de produção, o que é representado pela Hora de Sol Pico, que é, de certa forma, um método

empírico de representação da incidência total diária (JOSÉ, 2013). Assim, ao ser submetido à radiação solar, o sistema gerará sua potência-pico dividindo-se a potência-pico ideal pelo recurso solar disponível, da seguinte forma:

$$P_{pico} = \frac{E_{CD}}{RSL} \quad (9)$$

$$P_{pico} = \frac{30,15}{4,1072} \quad (10)$$

$$P_{pico} = 7,345 \text{ kWp} \quad (11)$$

Com isso, temos que a potência ideal para o sistema é de 7,345 kWp (quilowatts-pico) para auto sustento.

6.5 ESCOLHA DO MÓDULO FOTOVOLTAICO

A forma mais acertada de se expressar o valor acumulado de energia solar ao longo de um dia é denominada Número de Horas de Sol Pleno (HSP), que nada mais é que a quantidade de horas em que a irradiância deve ser constante e igual a 1 kW/m² (1.000 W/m²), de modo que a energia resultante seja equivalente à energia disponível pelo Sol no local em questão, acumulada ao longo de determinado dia (APARECIDA; ELIANE, 2016).

As placas solares comercializadas no país têm são diversas, porém, ao escolhê-las, deve ser observado se as mesmas possuem certificação INMETRO e também a IEC 61215, pois só o INMETRO não garante a segurança e durabilidade da placa solar. O IEC 61215 é uma certificação utilizada mundialmente, logo, sua validade chega a ser até mais importante. Desta premissa, foi escolhido o modelo CS6U-325P– 320 Watts, produzida pela CanadianSolar, empresa produtora de materiais solares de alta qualidade (CANADIAN SOLAR, 2018).

O modelo escolhido foi o seguinte, considerando-se as condições ideais de operação, com uma irradiância de 1000 W/m² e temperatura ambiente de 25°C:

- Empresa Produtora: CANADIAN SOLAR INC.;
- Marca: Canadian Solar;
- Especificações Elétricas:
 - Potência Nominal P_m (Wp) = 325
 - Tensão MPP V_m (V) = 37.0
 - Corrente MPP I_m (A) = 8.78
 - Tensão em Circuito Aberto Voc (V) = 45.5
 - Corrente de Curto Circuito I_{sc} (A) = 9.34
- Eficiência = 16.72%
 - Tensão Máxima do Sistema (V) = 1000
- Especificações Mecânicas:
 - Vidro Frontal Temperado 3.2 mm
 - Grau de Proteção IP67
 - Díodos de Bypass 3 Díodos
 - Moldura em Alumínio Anodizado
 - Coeficientes de Temperatura -40°C a +85°C
 - Carga Máxima Suportada 2400 Pa
- Células
 - Células Policristalinas 156 mm x 156 mm
 - Número de Células = 72 (6 x 12)
 - Dimensões (mm) = 1960 x 992 x 40
 - Peso (kg) = 22.4

- Coeficientes de Temperatura:
NOCT (°C) Temperatura Nominal de Funcionamento da Célula = 43 ± 2

6.6 QUANTIDADE DE PLACAS

Com os dados anteriores, podemos então descobrir o número de placas a ser utilizado no sistema, com a seguinte fórmula:

$$N_m = \frac{P_{pico}}{\left(\frac{Wp}{1000}\right)} \quad (12)$$

Onde:

- N_m : Número de módulos fotovoltaicos a serem utilizados no sistema;
- P_{pico} : Potência-pico do Sistema Fotovoltaico;
- Wp : potência-pico do modelo de módulo fotovoltaico – em Wp (watt-pico);
- 1000: constante para ajuste de unidade de medida;

Logo, para o sistema com módulo de capacidade de 325Wp, temos:

$$N_m = \frac{7,345 \text{ kWp}}{\left(\frac{325 \text{ Wp}}{1000}\right)} \quad (12)$$

$$N_m = 22,6 \cong 23 \text{ unidades} \quad (13)$$

Área de ocupação dos módulos:

$$A_{tm} = N_m * A_m \quad (14)$$

$$A_{tm} = 23 * (1,96 * 0,992) \quad (15)$$

$$A_{tm} = 44,92 \text{ m}^2 \quad (16)$$

Onde:

A_{tm} : Área total dos módulos;

N_m : Número de placas;

A_m : Área de um módulo;

6.7 STRING-BOX

A String-Box é, basicamente, um dispositivo de segurança para o sistema, que isola o sistema de geração de energia do restante das instalações do imóvel, impedindo assim o risco de propagação de incidentes elétricos diversos como por exemplo o curto-circuito ou mesmo surto (GABRIEL, 2016).

Ele deve ser instalado próximo ao inversor e conectada nele; também deve ser conectado ao sistema distribuição de energia proveniente da rede pública para garantir que a energia produzida pelo sistema não seja injetada na rede quando a mesma não possui tensão ou mesmo que, sendo a energia de ruim qualidade, esta não afete o sistema ou equipamentos da residência. Existe, portanto, a recomendação de utilização de uma String-Box extra para sistemas onde os módulos são instalados a uma distância superior a 10m dos inversores. Deve então uma ser instalada próxima às placas e a outra no lugar pré-determinado (GABRIEL, 2016).

6.8 INVERSOR

O tipo de inversor mais utilizado no mundo é o inversor *grid tie*, capaz de transformar uma corrente elétrica contínua (CC) para uma alternada (CA), e são usados para conectar o sistema fotovoltaico à rede elétrica (*on-grid*). Mais especificamente, utilizaremos o inversor *string-inverter*, que são os mais utilizados em redes de pequeno

porte pois têm capacidade para comportar até algumas dezenas de módulos fotovoltaicos (BLUESOL, 2017).

A escolha de um bom inversor reflete diretamente na qualidade e segurança do sistema, o INMETRO atualiza e regulamenta, anualmente, a lista de modelos de inversores testados no Brasil e que deverão ser utilizados. Utilizando então a “Tabela de Consumo/Eficiência Energética” disponibilizada pelo INMETRO e a informação de potência-pico calculada anteriormente, que é de 7,345 kW, foi escolhido o inversor da marca Fronius, modelo Primo 8.2-1, com potência nominal de 8,2 kW, mostrado na imagem (BLUESOL, 2017).

Figura 7: Inversor Fronius Primo 8.2-1.



Fonte: NEOSOLAR, 2018.

Características do Inversor:

Entrada

- Voltagem máxima de entrada: 1000Vcc
- Faixa de Voltagem do MPP: (270Vcc a 800Vcc)
- Voltagem mínima de entrada: 80Vcc
- Voltagem para inicialização: 80Vcc
- Corrente máxima de entrada: 18A / 18A

Saída

- Potência nominal de saída: 6000W
- Voltagem de saída (faixa): 180Vca a 270Vca
- Frequência de saída: 60Hz
- Corrente máxima de saída: 35,7A

Outras Características

- Eficiência Máxima: 98,1%
- Consumo interno (noite): <1W
- Temperatura de Operação: -40°C a +55°C
- Frequência de saída: 60Hz

Especificações Mecânicas:

- Dimensões (L x A x P)mm: (645 x 431 x 204)
- Peso: 21,5Kg
- IP65

Observações sobre a instalação:

- Por ser parte de uma instalação elétrica, o inversor deve estar em local de fácil acesso para manutenção, de preferência não estar em local com acesso de pessoas que não foram instruídas sobre os riscos de eletricidade, especialmente as crianças.
- Quanto mais próximo do quadro geral de distribuição, melhor.

Deve ser instalado em local arejado, para que não acumule muito calor e de maneira a não se ter excesso de cabeamento pendurado.

6.9 PREÇO TOTAL DO SISTEMA E FLUXO DE CAIXA

Atualmente, a aquisição de kits de geração fotovoltaica tem sido uma opção mais viável devido a possibilidade de maiores descontos por parte das fornecedoras e eventual barateamento no valor do sistema. Após uma pesquisa de preço desses kits, foi encontrado um kit compatível com a necessidade do sistema dimensionado. Este kit é fornecido pela empresa Atacado Solar e é facilmente adquirido no site da mesma (ATACADO SOLAR, 2018). A composição do kit é a seguinte:

- Produção diária de 7,92 kWp ou 1088 kWh/mês
- Módulo Fotovoltaico
- 24 x Pannel Solar Fotovoltaico Canadian Solar CS6U-325P (325 Wp)
- Inversor
- 1 x Inversor Monofásico Grid-tie Fronius Primo 8.2 – 220 V (8200 W) com módulo Wifi para monitoramento remoto (mais detalhes)
- String Box CC
- 2 x Caixa de Proteção Fotovoltaico de Corrente Contínua Ecosolys (1 entrada + 1 saída)
- Conectores
- 4 x Pares de Conectores tipo MC4 Multi-Contact (Macho + Fêmea)
- Cabo Solar
- 50 metros de cabo solar 6mm² Nexans Energyflex com proteção UV preto
- 50 metros de cabo solar 6mm² Nexans Energyflex com proteção UV vermelho
- Suportes de Fixação
- Conjunto completo de estruturas de fixação para montagem dos painéis FV em telhado
- Garantias:
- A garantia de fábrica do painel solar fotovoltaico é de 10 anos, além de garantia de performance de 25 anos com eficiência de 80%.
- A garantia de fábrica do inversor é de 2 anos e pode ser ampliada para mais 5 anos.
- Informações Adicionais:
- Peso bruto estimado: 749Kg
- Dimensões estimadas: 113cm x 110cm x 200cm (Altura x Largura x Comprimento)
- Valor total do Kit: R\$ 27.700,00

Utilizando como referência o estudo feito pela empresa Portal Solar, com mais de 600 profissionais do setor, em 2018, o custo da instalação de um sistema gerador de 7,30 kWp tem o preço médio de R\$ 10.200,00, logo, utilizaremos o mesmo como referência valor da instalação (PORTAL SOLAR, 2018).

Tabela 2: Valor Total do Sistema.

Descrição	Fornecedor	Quantidade	Preço
Kit Gerador	Atacado Solar	1	R\$ 27.700,00
Transporte	Atacado Solar	1	R\$ 1.654,00
Material Elétrico Complementar	-	-	R\$ 2.000,00
Projeto Elétrico e Aprovação	-	-	R\$ 2.500,00
Instalação	-	1	R\$ 10.200,00
Total	-	-	R\$ 44.054,00

Fonte: Autores.

Logo, utilizando uma tarifa, no primeiro ano de 91,47 centavos por kW no primeiro ano com reajuste de 2% ao ano, redução de 0,8% de capacidade de geração do sistema ao ano, considerando a garantia dos instaladores, temos a seguinte tabela:

Onde:

$$Energia Gerada_i (KW) = Produção Mensal_{i-1} - Produção Mensal_{i-1} * 0,08 \quad (17)$$

$$Valor Tarifa (R\$) = Valor_{i-1} (R\$) * 1,02 \quad (18)$$

$$Retorno Mensal_i (R\$) = Energia Gerada_i (KW) * Valor Tarifa_i (R\$) \quad (19)$$

$$Economia Anual (R\$) = Retorno Mensal * 12 \quad (20)$$

$$Fluxo de Caixa Anual_i = Preço Sistema - \Sigma Economia Anual \quad (21)$$

Tabela 3: Análise de geração, custos e retorno de investimento.

Ano Índice	Energia Gerada (kW)	Valor do kW	Preço Total do Sistema	Retorno Mensal	Economia Anual	Fluxo de Caixa Total
1	13056,00	0,9147	R\$ 46.554,00	R\$ 995,24	R\$ 11.942,94	-R\$ 34.611,06
2	12925,44	0,9147	-	R\$ 985,29	R\$ 11.823,51	-R\$ 22.787,56
3	12796,19	0,9147	-	R\$ 975,44	R\$ 11.705,27	-R\$ 11.082,28
4	12668,22	0,9147	-	R\$ 965,68	R\$ 11.588,22	R\$ 505,94
5	12541,54	0,9147	-	R\$ 956,03	R\$ 11.472,34	R\$ 11.978,27
6	12416,13	0,9147	-	R\$ 946,47	R\$ 11.357,61	R\$ 23.335,89
7	12291,96	0,9147	-	R\$ 937,00	R\$ 11.244,04	R\$ 34.579,93
8	12169,05	0,9147	-	R\$ 927,63	R\$ 11.131,60	R\$ 45.711,52
9	12047,35	0,9147	-	R\$ 918,36	R\$ 11.020,28	R\$ 56.731,81
10	11926,88	0,9147	-	R\$ 909,17	R\$ 10.910,08	R\$ 67.641,88
11	11807,61	0,9147	-	R\$ 900,08	R\$ 10.800,98	R\$ 78.442,86
12	11689,54	0,9147	-	R\$ 891,08	R\$ 10.692,97	R\$ 89.135,83
13	11572,64	0,9147	-	R\$ 882,17	R\$ 10.586,04	R\$ 99.721,87
14	11456,91	0,9147	-	R\$ 873,35	R\$ 10.480,18	R\$ 110.202,05
15	11342,35	0,9147	-	R\$ 864,61	R\$ 10.375,38	R\$ 120.577,42
16	11228,92	0,9147	-	R\$ 855,97	R\$ 10.271,62	R\$ 130.849,05
17	11116,63	0,9147	-	R\$ 847,41	R\$ 10.168,91	R\$ 141.017,95
18	11005,47	0,9147	-	R\$ 838,93	R\$ 10.067,22	R\$ 151.085,17
19	10895,41	0,9147	-	R\$ 830,55	R\$ 9.966,55	R\$ 161.051,71
20	10786,46	0,9147	-	R\$ 822,24	R\$ 9.866,88	R\$ 170.918,59
21	10678,59	0,9147	-	R\$ 814,02	R\$ 9.768,21	R\$ 180.686,81
22	10571,81	0,9147	-	R\$ 805,88	R\$ 9.670,53	R\$ 190.357,33
23	10466,09	0,9147	-	R\$ 797,82	R\$ 9.573,82	R\$ 199.931,16
24	10361,43	0,9147	-	R\$ 789,84	R\$ 9.478,09	R\$ 209.409,24
25	10257,81	0,9147	-	R\$ 781,94	R\$ 9.383,30	R\$ 218.792,55

Fonte: Autores.

O fluxo nos mostra que o tempo de retorno do investimento é de, mais ou menos, quatro anos. Este retorno é reduzido devido ao barateamento do sistema adquirindo-se um kit de geração.

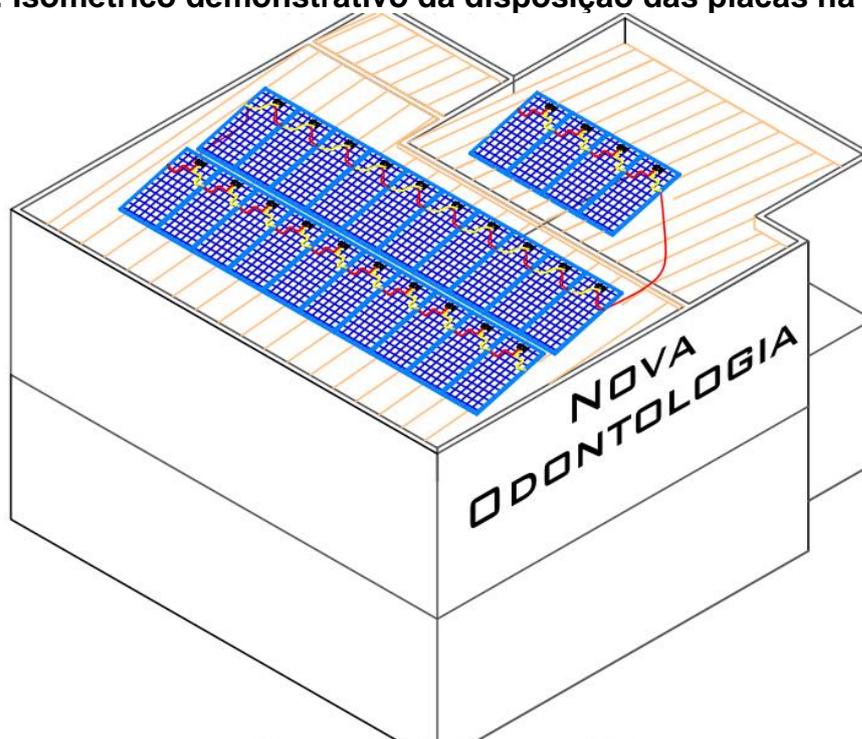
6.10 CONFIGURAÇÃO DOS MÓDULOS E INVERSOR

A determinação do local onde os painéis serão instalados será determinante para seu desempenho. A sua disposição com relação a elementos arquitetônicos, a presença de possíveis elementos que venham a sombrear e superfícies reflexivas nas proximidades podem influenciar de forma negativa a eficiência dos painéis fotovoltaicos, a projeção do local previsto para instalação se faz necessária desta forma.

Deve também ser considerados aspectos como a resistência mecânica do telhado e também o efeito dos ventos, pois estes são fundamentais para se evitar risco de danos no sistema ou na estrutura do local.

A figura abaixo demonstra a posição das placas vista do plano Leste, direção do Sol nascente. As placas estão posicionadas na angulação de 16° para o Leste.

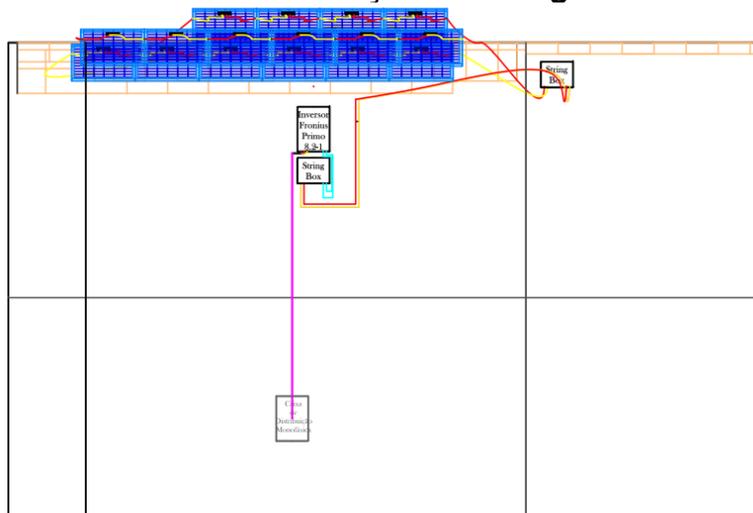
Figura 8: Isométrico demonstrativo da disposição das placas na estrutura.



Fonte: Autores.

A figura abaixo mostra a posição em relação à vista lateral dos equipamentos de String-Box, Inversor e Caixa de distribuição e suas conexões, sendo assim, a energia que é gerada nos módulos percorre a fiação e chega na primeira String-Box, sai desta e vai para a segunda String-Box, localizada abaixo do Inversor e chega ao inversor por meio da segunda String. O inversor é conectado ao Quadro de Distribuição, que é ligado ao medidor bidirecional e ao poste da concessionária. A projeção dos módulos na região do primeiro String-Box foi omitida para melhor visualização do mesmo.

Figura 9: Vista Lateral da edificação, com detalhe das Stringboxes, Inversor e Caixa de Distribuição de Energia



Fonte: Autores.

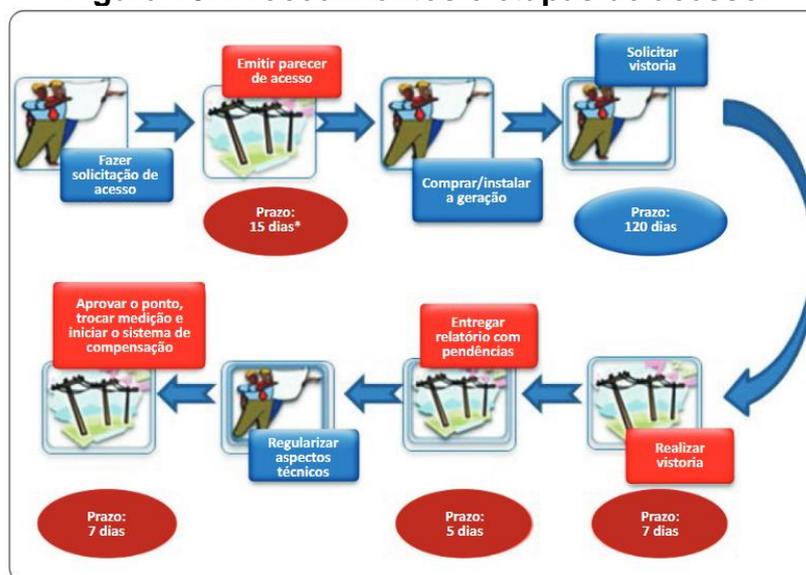
6.11 PROCEDIMENTOS PARA VIABILIZAÇÃO DE ACESSO E CONTRATAÇÃO

É necessário, de início, solicitar o parecer de acesso, que define a central geradora como sendo de mini ou microgeração, sendo o parecer solicitado pelo consumidor contratante. Juntamente com a solicitação, deve conter o Formulário de Solicitação de Acesso para mini e microgeração distribuída, formulário que é determinado em função da potência instalada de geração (ANEEL, 2016).

A distribuidora emitirá, caso a documentação da solicitação esteja regular, um parecer de acesso, documento obrigatório apresentado pelo consumidor onde são informadas as condições de acesso e os requisitos técnicos que permitam as instalações por parte da concessionária com os prazos pré-determinados (ANEEL, 2016).

A figura abaixo demonstra as etapas e seus respectivos prazos para o procedimento de acesso e o que deve ser feito pelo consumidor está descrito em azul, já o que é de responsabilidade da concessionária está em vermelho.

Figura 10: Procedimentos e etapas de acesso.



Fonte: ANEEL, 2016.

Então, para efeito de contratação, a concessionária deverá emitir o documento de Relacionamento Operacional para consumidores pertencentes à microgeração e enviá-lo ao consumidor requerente em anexo ao Parecer de Acesso.

Em casos onde é necessário algum tipo de melhoria ou reforço na rede para a efetiva conexão do sistema fotovoltaico, sua execução por parte da distribuidora deve preceder à assinatura de contrato específico com o consumidor requerente, contrato este que especifica etapas, prazos, condições de pagamento e outros relacionados ao atendimento (ANEEL, 2016).

6.12 MEDIDOR BIDIRECIONAL

O medidor bidirecional é um item obrigatório em um sistema de geração fotovoltaica conectado à rede e deve, no mínimo, diferenciar a energia elétrica ativa consumida da energia elétrica ativa injetada na rede (ANEEL, 2012). A troca do medidor unidirecional para o bidirecional é de responsabilidade da concessionária, assim como os custos da mesma, e só é feita mediante solicitação, devendo ser feita no último prazo das etapas de acesso.

Figura 11: Medidor Bidirecional.



Fonte: Eletra Energy, 2017.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do presente estudo, foi possível visualizar alguns dos principais assuntos pertinentes ao tema da energia fotovoltaica, como a análise da matriz energética e elétrica brasileira e as parcelas destas que são compostas pela fotoeletricidade, a enorme quantidade de gases estufa produzidos pelo Brasil nos últimos anos em contraste com o mínimo impacto ambiental gerado pelos sistemas de geração da fotoeletricidade, o que representa uma oportunidade para repensarmos as prioridades do setor energético de forma a dar mais ênfase para a geração de energia limpa. Pudemos concluir que a partir da criação da Resolução Normativa nº482 em 2012, que estabeleceu diretrizes para a geração de energia fotovoltaica, a questão ganhou força e foi onde a geração de energia pelas próprias unidades consumidoras se tornou possível com os parâmetros da Compensação. A queda quase exponencial dos valores dos módulos e kits de geração no

Brasil, os incentivos governamentais como isenção de impostos, o sistema de compensação, a praticidade de instalação, a criação da REN nº 482, dentre outros vários fatores, contribuíram para que o assunto tenha ganhado muita notoriedade nos últimos anos e de posse dessas informações, foi compreendido a partir do estudo de caso que gerar sua própria energia hoje se tornou não só viável, como um investimento muito rentável por ter um retorno em poucos anos após sua instalação e tudo isto de forma a não agredir o meio ambiente. Desta forma, investir em energia fotovoltaica é uma excelente opção tanto a nível residencial como a nível nacional e mundial.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 10899: Energia Solar Fotovoltaica - Terminologia. 1. ed. [S.l.: s.n.], 2013. 12 p.

ABSOLAR. A aceleração da energia solar fotovoltaica no mundo. Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/noticia/noticias-externas/a-aceleracao-da-energia-solar-fotovoltaica-no-mundo.html>>.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro. Junho. 2018. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/1138781/1435504/Boletim+de+Monitoramento+do+Sistema+El%C3%A9trico+-+Junho+-+2018_rev1.pdf/44a08372-bae6-4960-93e4-9b5426890087>.

____. **Caderno Temático - Micro e Minigeração Distribuída, Sistema de Compensação de Energia Elétrica.** [S. l.], 2016. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+Minigera%C3%A7%C3%A3o+Distribuida+-+2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161>.

____. **Geração Distribuída: Micro e Mini Geração Distribuídas.** Agosto. 2018. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>>.

____. **Matriz Energética Brasileira.** 2018. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>>.

____. **Nota Técnica nº 0129/2012-SRD/ANEEL.** [S. l.], 2012. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Nota_Tecnica_0129_SRD.pdf.

AMARAL FADIGAS, Eliane Aparecida Faria. Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos, Conversão e viabilidade técnico-econômica. São Paulo: GEPEA, 2016. 92 p.

____. **Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos, Conversão e viabilidade técnico-econômica.** São Paulo: GEPEA, 2016. 70 p.

____. **Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos, Conversão e viabilidade técnico-econômica.** São Paulo: GEPEA, 2016. 67 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. O Mercado Fotovoltaico no Mundo. Outubro. 2017. Disponível em:

<<http://www.aneel.gov.br/documents/10184/15266087/painel+3+ap+7+2017.10.19+ABSOLAR++Energia+Solar+Fotovoltaica++Dr.+Rodrigo+Lopes+Sauaia.pdf/54f8b161-751b-0639-bd04-77a60cac45c3>>.

ATACADO SOLAR. **Kit Gerador de Energia Solar 7,92 kWp**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://atacadosolar.com.br/loja/kit-gerador-de-energia-solar-7-92-kwp-220v-produc-o-de-ate-1088-kwh-mes.html>.

AXITEC. **Manual de instalação e operação para Módulos fotovoltaicos cristalinos - Série de produção AC**. Brasil: [s. n.], 2016. Disponível em: https://www.axitecsolar.com/data/document_files/Manual_PT.pdf.

BESSO, Rachel. **Sistema Solar Conectado à Rede**. 2017. 110 p. Dissertação (Graduação em Engenharia Ambiental)- Escola Politécnica, UFRJ, Rio de Janeiro, 2017.

BLUESOL. **História (rápida) da Energia Solar Fotovoltaica**, disponível em: <<http://www.blue-sol.com/energia-solar/historia-rapida-da-energia-solar-fotovoltaica/>>, publicado em 23 de dezembro de 2011.

____. **Inversor Solar Fotovoltaico: O Que É, Como Funciona e Tipos**. [S. l.], 2017. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/inversor-fotovoltaico-o-que-e-como-funciona/>.

BV FINANCEIRA. Portal Solar. **ABNT NBR 10899: Energia Solar Fotovoltaica - Terminologia**. 1. 2013.

CANADIAN SOLAR. **MAXPOWER CS6X-310 | 315| 320P**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://s3.us-east-2.amazonaws.com/legacy.portalsolar.com.br/Content/EditorImages/files/Placa%20Solar%20Canadian%20Solar%20-%20Modelo%20CS6X-320P%20-%20320Watts.pdf>.

CAVALCANTE SILVA, José Valderi. **Pré-Dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico conectado à rede elétrica para a Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Campus de Itapetinga**. 2013. Tese (Especialista em Formas Alternativas de Energia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, 2013.

CONTEXTO. **Daia 33 anos: Distrito "mudou" o perfil econômico de Goiás**. Goiás, 2012. Disponível em: http://www.jornalcontexto.net/noticia_detalhe.php?id_noticia=588&&edicao=Edi%E7%E3o%20329%20-%2026%20de%20agosto%20a%201%20de%20setembro%20de%202011.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Matriz Energética e Elétrica**, disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica/>>.

GEÓGRAFOS. **Coordenadas Geográficas de Anápolis, Goiás - GO**. [S. l.], 2016. Disponível em: <https://www.geografos.com.br/cidades-goias/anapolis.php>.

GRIMM, Alice Marlene. **Meteorologia Básica: Radiação Solar e Terrestre**. 1999. Disponível em: <<https://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/>>.

GUIMARÃES, Gabriel. **String Box: o que é e como funciona?**. Rio de Janeiro - RJ, 2016. Disponível em: <https://www.solarvoltenergia.com.br/blog/string-box-o-que-e-e-como-funciona/>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Panorama Anápolis**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/anapolis/panorama>.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2. ed. São José dos Campos/Brasil: [s.n.], 2017. 13 p. Disponível em: http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/Atlas_Brasileiro_Energia_Solar_2a_Edicao.pdf.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Solar PV grew faster than any other fuel in 2016, opening a new era for solar power**. Outubro. 2017. Disponível em: <https://www.iea.org/newsroom/news/2017/october/solar-pv-grew-faster-than-any-other-fuel-in-2016-opening-a-new-era-for-solar-pow.html>.

IZIDORO, Bruna Caroline; ORSI, Gustavo Cardoso; CORDEIRO, Leandro Ricardo. **Estudo do Panorâma Nacional para Sistemas Fotovoltaicos conectados à rede após Resolução Normativa 482/2012 da ANEEL**. 2014. 174 p. Dissertação (Graduação em Engenharia Industrial Elétrica)- Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro**: Projeção da Demanda de energia elétrica. Junho. 2018. Disponível em: [http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-261/DEA%20001_2017%20-%20Proje%C3%A7%C3%B5es%20da%20Demanda%20de%20Energia%20EI%C3%A9trica%202017-2026_VF\[1\].pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-261/DEA%20001_2017%20-%20Proje%C3%A7%C3%B5es%20da%20Demanda%20de%20Energia%20EI%C3%A9trica%202017-2026_VF[1].pdf).

_____. **Novos empreendimentos solares devem gerar investimentos de R\$ 8 bilhões**. Maio. 2018. Disponível em: http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/novos-empreendimentos-solares-devem-gerar-investimento-de-r-8-bilhoes. Acesso em: 14 maio 2018.

OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza; OLIVEIRA SARAIVA, Maria de Fátima. **Astronomia Antiga**. 2016. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/antiga/antiga.htm>.

_____. **O Sol**. 2018. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/esol/esol.htm>.

PEREIRA, Enio Bueno et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2. ed. São José dos Campos: [s.n.], 2017. 80 p.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro - RJ: CEPEL - CRESESB, 2014.

PORTAL SOLAR. **A Melhor Direção do Painel Solar Fotovoltaico**. São Paulo - SP, 2018. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/a-melhor-direcao-do-painel-solar-fotovoltaico.html>. Acesso em: 10 abr. 2019.

____. **Quanto Custa para Instalar Energia Solar**. São Paulo - SP, 2018. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/quanto-custa-para-instalar-energia-solar.html>.

SAGAN, Carl Edward. **Cosmos**. 1. ed. [S.l.]: Gradiva, 1991. 361 p.

SOLARGIS. **Mapa de irradiação solar anual**. 2018. Disponível em: <https://solargis.info/imaps/>.

ZILLES, Roberto et al. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 208 p.