

UNIVERSIDADE FEDERAL DO DELTA DO PARNAÍBA - UFDPAr

MIRIAM CARDOSO DOS SANTOS

**ENERGIA SOLAR NO LITORAL DO PIAUÍ:**

Um estudo sobre a capacidade instalada de produção e do consumo nos anos 2017 a 2019

PARNAÍBA-PI

2021

MIRIAM CARDOSO DOS SANTOS

**ENERGIA SOLAR NO LITORAL DO PIAUÍ:**

Um estudo sobre a capacidade instalada de produção e do consumo nos anos 2017 a 2019

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao Curso de Bacharelado em Ciências Econômicas da Universidade Federal do Delta do Parnaíba como requisito à obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Me. Moacyr Ferraz do Lago.

PARNAÍBA-PI

2021

FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Delta do Parnaíba  
Biblioteca Prof. Cândido Athayde Serviço de  
Processamento Técnico

S237e Santos, Miriam Cardoso dos

**Energia solar no litoral do Piauí:** um estudo sobre a capacidade instalada de produção e do consumo nos anos 2017 a 2019 [recurso eletrônico] / Miriam Cardoso dos Santos. – 2021.

1 Arquivo em PDF

Monografia (Curso de Ciências Econômicas) - Universidade Federal do Delta do Parnaíba, 2021.

Orientação: Prof. Me. Moacyr Ferraz do Lago.

1. Energia Solar - Piauí. 2. Sistema Fotovoltaico. 3. Residências e Empresas – Energia. I. Título.

CDD: 333.792 3

MIRIAM CARDOSO DOS SANTOS

**ENERGIA SOLAR NO LITORAL DO PIAUÍ:**

Um estudo sobre a capacidade instalada de produção e do consumo nos anos 2017 a 2019

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao Curso de Bacharelado em Ciências Econômicas da Universidade Federal do Delta do Parnaíba como requisito à obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Me. Moacyr Ferraz do Lago.

Parnaíba, 28 de janeiro de 2021.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Me. Moacyr Ferraz do Lago  
Orientador

---

Prof. Dr. José Natanael Fontenele de Carvalho  
Examinador

---

Prof. Dra. Wagner Maquis Cardoso de Melo  
Examinadora

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a Deus que me abençoou com a oportunidade de iniciar e concluir este curso e que preservou minha vida ao longo de quatro anos viajando diariamente. Agradeço também à minha mãe Maria da Mota Cardoso dos Santos e ao meu pai Ezequiel Pereira dos Santos que estiveram comigo me incentivando e estimulando a não desistir e a fazer o que é certo e me deram todo o apoio financeiro e psicológicos que precisei.

Quero agradecer também ao professor Me. Moacyr Ferraz do Lago que aceitou ser meu orientador e que me instruiu até a conclusão deste trabalho. E agradeço aos demais professores do curso que contribuíram para a minha formação profissional me ensinando a como proceder.

*“A ciência não pode prever  
o que vai acontecer.  
Só pode prever a probabilidade  
de algo acontecer.”*  
(César Lattes)

## RESUMO

Energia é um conceito amplamente utilizado em todo o mundo, porém poucos sabem dizer sua definição, visto que seu conceito é considerado intuitivo. Sabendo-se que ela pode ser armazenada, o homem criou várias formas distintas de usá-la. Essas formas têm fontes renováveis e não renováveis. Entre as fontes está o sol, que, além de ser renovável, é limpa e existe em abundância no nosso planeta. Seu uso causa nenhum ou quase nenhum impacto negativo no meio ambiente. A captação da energia solar foi descoberta no século XIX na França por Edmund Becquerel, enquanto ele estudava eletrodos. Desde então, os estudos nessa área foram aprofundados. E até hoje, com o avanço tecnológico, sua produção tem se mostrado eficiente tanto para a evolução no setor energético quanto para o desenvolvimento da economia. No Piauí essa fonte de energia está, cada vez mais, sendo explorada e expandida. Principalmente após a instalação da maior usina solar fotovoltaica da América do Sul na cidade de São Gonçalo. No Litoral do Piauí essa fonte está sendo bastante consumida através de sistemas instalados diretamente nos imóveis, o que não só reduz a conta de luz mensal como valorizam o imóvel aumentando o seu valor de mercado. Diante desse contexto busca-se fazer um estudo sobre a capacidade instalada de energia solar no Litoral do Piauí. Com foco no contexto histórico e aspectos econômicos, objetivando investigar a capacidade geral da produção e do consumo da energia solar no Litoral do Piauí, baseado em uma metodologia bibliográfica e documental, foi constatado que essa região tem grande potencial para a geração de energia através do sistema fotovoltaico e para a geração de economia e de renda.

**Palavras-chave:** Energia solar. Sistema fotovoltaico. Residências. Empresas. Piauí.

## ABSTRACT

Energy is a concept widely used around the world but not many people know its definition since its concept is considered intuitive. Knowing that it can be stored, humankind has created several distinct ways of using it. These forms have renewable and non-renewable sources. Among these sources is the sun which besides being renewable is clean and exists in abundance on our planet. Its use doesn't cause any harm or negative impact on the environment. The solar energy capture was discovered in the 19th century in France by Edmund Becquerel while he was studying electrodes. Since then the studies on solar energy have been deepened and until today, with the technological advance, its production has proved efficient both for the evolution in the energy sector and for the universal economical development. In Piauí state, this source of energy is increasingly being explored and expanded, especially, after the installation of the largest photovoltaic solar plant in South America in São Gonsalo city. In the Coast of Piauí state this source is being consumed a lot through systems installed directly in real estate, that not only reduce the monthly electricity bill but also increase the property market value. In this context, we seek to conduct a study on the installed capacity of solar energy on the coast of Piauí. With a focus on the historical context and economic aspects, aiming to investigate the general capacity of the production and consumption of solar energy in the Littoral of Piauí, based on a bibliographic and documentary methodology, it was found that this region has great potential for energy generation through photovoltaic system and to generate savings and income.

**Keywords:** Solar energy. Photovoltaic sistem. Residences. Companies. Piauí.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Recursos Energéticos da Terra .....	14
Figura 2 - Crescimento Global da Energia Fotovoltaica .....	17
Figura 3 - Comparação das Vantagens e Desvantagens da Energia .....	18
Figura 4 - Potencial de Radiação Solar no Brasil e no Mundo.....	20
Figura 5 - O Mercado Fotovoltaico no Mundo: países que mais .....	21
Figura 6 - Oferta de Potência de Geração Elétrica .....	21
Figura 7 - Potência Instalada Solar Centralizada, por UF (MW) .....	23
Figura 8 - Potência Instalada Micro e Mini Geração Distribuída, por setor (MW) .....	24
Figura 9 - Ranking Estadual de Potência Instalada de Geração Distribuída .....	25

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Residências com Sistema Fotovoltaico Instalado .....	27
Tabela 2 - Empresas com Sistema Fotovoltaico Instalado .....	29
Tabela 3 - Retorno do Investimento (continua).....	31
Tabela 4 - Quantidades de Empresas do Litoral do Piauí.....	34
Tabela 5 - Quantidade de Domicílios do Litoral do Piauí.....	35

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 DEBATES SOBRE AS FONTES DE ENERGIA ELÉTRICA.....</b>	<b>13</b>
2.1 O conceito de energia e as principais fontes de energia elétrica .....	13
2.2 O sistema de energia solar: tipos, vantagens e desvantagens .....	14
2.3 Energia solar no brasil e no piauí .....	19
2.4 Benefícios da energia solar para o consumo residencial e comercial.....	26
2.4 Sistema de autofinanciamento e infraestrutura de geração .....	29
<b>3 POTENCIALIDADES DE ENERGIA SOLAR NO LITORAL DO PIAUÍ .....</b>	<b>33</b>
3.1 A capacidade instalada de geração de energia solar para empresas e residências ...	33
3.2 Estimativa do volume de energia gerado por empresas e residências .....	36
3.3 O volume de energia atual e estimativas de geração de energia solar pelo sistema elétrico público.....	36
3.4 Economia no consumo e geração de renda à partir das empresas e residências geradoras de energia solar .....	37
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>40</b>

## INTRODUÇÃO

A energia solar é uma fonte limpa, renovável e abundante em nosso meio ambiente, principalmente no nordeste brasileiro onde há uma grande incidência de radiação solar. O Piauí é um dos estados brasileiros com as melhores condições para a produção de energia solar através do sistema fotovoltaico, principalmente em seu litoral.

Com um estudo voltado para a capacidade instalada de produção e do consumo da energia solar fotovoltaica, pretende-se saber quais as perspectivas na produção de energia solar para incrementar o crescimento econômico no litoral do Piauí.

Acreditando-se que o estado do Piauí apresenta uma capacidade instalada elevada, e que com a ampliação da facilidade de acesso para os consumidores a exploração do recurso energético fotovoltaico se ampliará e tornará o estado menos dependente da energia hidroelétrica.

Tendo como objetivo investigar a capacidade geral da produção e do consumo da energia solar no Litoral do Piauí. Descrevendo o desenvolvimento da energia solar, investigando as potencialidades da energia solar no Litoral do Piauí, identificando a qualidade e quantidade do consumo da energia solar em empresas e residências no Litoral do Piauí e descrevendo sistemas de autofinanciamento.

Esse estado foi escolhido porque ele está entre os estados que apresentam maior potencial para a produção de energia solar, apesar de ainda ser pouco explorado nesse aspecto, e que vem investindo cada vez mais nesse tipo de energia. E a região litorânea foi escolhida porque é a parte do estado mais propícia a maiores índices de radiação solar.

Este trabalho foi baseado em uma metodologia bibliográfica e documental, pois foram utilizados livros e documentos para embasar a pesquisa. O método utilizado foi o exploratório e descritivo, pois se valeu da exploração de materiais bibliográficos e documentais para desenvolver a pesquisa e para descrever o tema estudado. A natureza da pesquisa é quantitativa, pois foram usados dados quantitativos de fontes secundárias para descrever o perfil de consumo e geração de energia solar no estado.

## **2 DEBATES SOBRE AS FONTES DE ENERGIA ELÉTRICA**

### **2.1 O conceito de energia e as principais fontes de energia elétrica**

A energia é um termo com vários conceitos e aplicações que há muito tempo o homem vem tentando definir. Por isso, ela é interpretada de várias formas em diferentes áreas científicas. Por exemplo, para a física ela é a capacidade de se produzir trabalho e segundo a biologia ela é indispensável para a sobrevivência dos seres vivos e é adquirida através da alimentação.

Apesar de ser difícil defini-la, Haddad (2004) conceitua a energia como a medição da capacidade de efetuar trabalho e como uma força capaz de possibilitar mudanças. Desta forma é possível perceber que, apesar de distintos, os conceitos de energia se complementam.

O princípio da Conservação da Energia, diz que a energia não é criada e não pode ser destruída, ela se transforma de um tipo em outro ou outros e pode ser armazenada (Praxedes e Jacques, 2009). Sendo assim, há várias formas da energia ser armazenadas. Dessas diferentes formas de armazenamentos surgiram alguns tipos de energia. Entre elas estão: energia mecânica que é entendida como a capacidade de um corpo de realizar trabalho. A energia térmica é energia relacionada com o grau de movimentação das partículas subatômicas.

A energia elétrica é a energia produzida a partir das cargas elétricas das partículas subatômicas. A energia luminosa é a energia radiante que se manifesta através da luz visível, ou seja, da luz que conseguimos perceber com o sentido da visão. A energia sonora é o tipo de energia que pode ser percebido pelo sentido da audição. E a energia nuclear é a energia contida no núcleo dos átomos e emitida na forma de radiação ou partículas. Em suma, há vários conceitos e tipos de energia e cada um pode ser aplicado em áreas e formas diferentes, para atender a determinadas necessidades. A energia elétrica é uma das formas mais utilizadas de energia (PORTAL SOLAR, 2017).

A energia, para Belico (2011), tem papel fundamental para desenvolver a vida humana e pode ser vista como um fator de inclusão do ser humano no desenvolvimento. Haddad acredita que “a energia elétrica proporciona oportunidades e alternativas para a integração do desenvolvimento” (2013, p.15), ou seja, ambos acreditam que a energia elétrica é um fator de extrema importância social, econômica etc.

No Brasil são produzidos e utilizados vários tipos de energia elétrica e segundo a Hidroenergia (2018) as cinco principais são: Energia Hidrelétrica, Energia Termoelétrica, Energia Eólica, Energia Nuclear e Energia Solar.

A figura 1 mostra a proporção do potencial mundial da energia solar em relação aos recursos energéticos das demais fontes de energia. O fato de a energia solar ser a que ocupa um espaço maior na imagem é porque, de acordo com a ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (2004), quase todas as fontes de energia são formas indiretas de energia solar.

A imagem mostra o potencial da energia solar em relação às demais fontes de energia e exatamente por se encontrar em uma região bastante ensolarada, e sabendo de suas vantagens, o Brasil vem aumentando seus investimentos nessa área, criando projetos de usinas e incentivos de implantação do sistema fotovoltaico (PORTAL SOLAR, 2020).

**Figura 1 - Recursos Energéticos da Terra**



Fonte: Ministério de Minas e Energia (2017).

## 2.2 O sistema de Energia Solar: tipos, vantagens e desvantagens

Para conhecer melhor a energia solar é interessante que se conheça um pouco de sua história. A energia solar foi descoberta no século XIX na França. O responsável por esse feito foi Edmund Bequerel. Ele descobriu o potencial da energia solar enquanto estudava os eletrodos (PORTAL SOLAR, 2016).

Em 1839, segundo o Portal Solar (2016), o físico europeu notou que as placas metálicas do seu experimento produziam uma diferença de energia para mais quando eram expostas à luz. Assim era identificado o efeito fotovoltaico. Em 1884, o selênio passou a ser utilizado nas placas fotovoltaica com uma eficiência de apenas 1%. Mas somente em 1954

nasceu a primeira célula fotovoltaica com silício, que é até hoje um dos principais elementos das placas que captam energia solar. A partir disso, iniciou-se a modernização da captura de energia solar.

Apesar de se acreditar que a energia solar não seria utilizada, devido ao seu alto custo de produção, com o aumento da preocupação com os efeitos nocivos do aquecimento solar e a preocupação com o fim dos combustíveis fósseis, a energia solar tem se mostrado uma alternativa eficiente para esses problemas, pois não produz resíduos tóxicos e nem emite gases nocivos na sua produção.

A energia solar é a energia produzida pelo sol e é convertida em energia útil pelos seres humanos, para a produção de eletricidade ou de calor. Segundo Reis (2017), anualmente, o Sol produz quatro milhões de vezes mais energia do que consumimos, portanto o seu potencial é, em teoria, ilimitado.

Dados do Portal Energia (2019) mostram que 15% da energia emitida pelo sol que chega a Terra são refletidos de volta para o espaço. Outros 30% são perdidos na evaporação da água que sobe para a atmosfera produzindo chuva. A energia solar é também absorvida pelas plantas, terras e oceanos. A energia restante serve para manter o equilíbrio energético do planeta.

De acordo com a ANEEL (2008), a permutação direta da energia solar em energia elétrica ocorre pelos efeitos da radiação sobre determinados materiais. Como resultado desse processo surgem o efeito termoelétrico que é a diferença de potencial, provocada pela junção de dois metais em condições específicas e o efeito fotovoltaico ocorre quando os fótons contidos na luz solar são convertidos em energia elétrica por meio do uso de células solares.

A energia solar é a energia proveniente da luz e do calor do sol que é aproveitada e utilizada por meio de diferentes tecnologias, tais como aquecimento solar, energia solar fotovoltaica e energia heliotérmica. Essa energia é considerado uma fonte de energia renovável e sustentável.

Atualmente há uma busca por desenvolvimento baseado sempre na sustentabilidade. As fontes renováveis que produzem, um tipo de energia limpa e abundante no meio ambiente, são formas de alcançar esses objetivos.

A captação de energia solar é feita através de pelo menos três sistemas, são eles: sistema térmico, sistema heliotérmico e sistema fotovoltaico (NEOSOLAR, 2016). Ainda de acordo com a Neosolar, no sistema de energia solar térmica a energia é captada através de painéis ou coletores solares. Nesse sistema o sol é aproveitado para aquecer água ou ambientes de casas e hotéis e também para aquecer óleo para processos industriais. Esse processo acontece quando a água ou o óleo passam por dentro dos painéis que lhes transferem calor da radiação solar para então ser utilizado como fonte de calor.

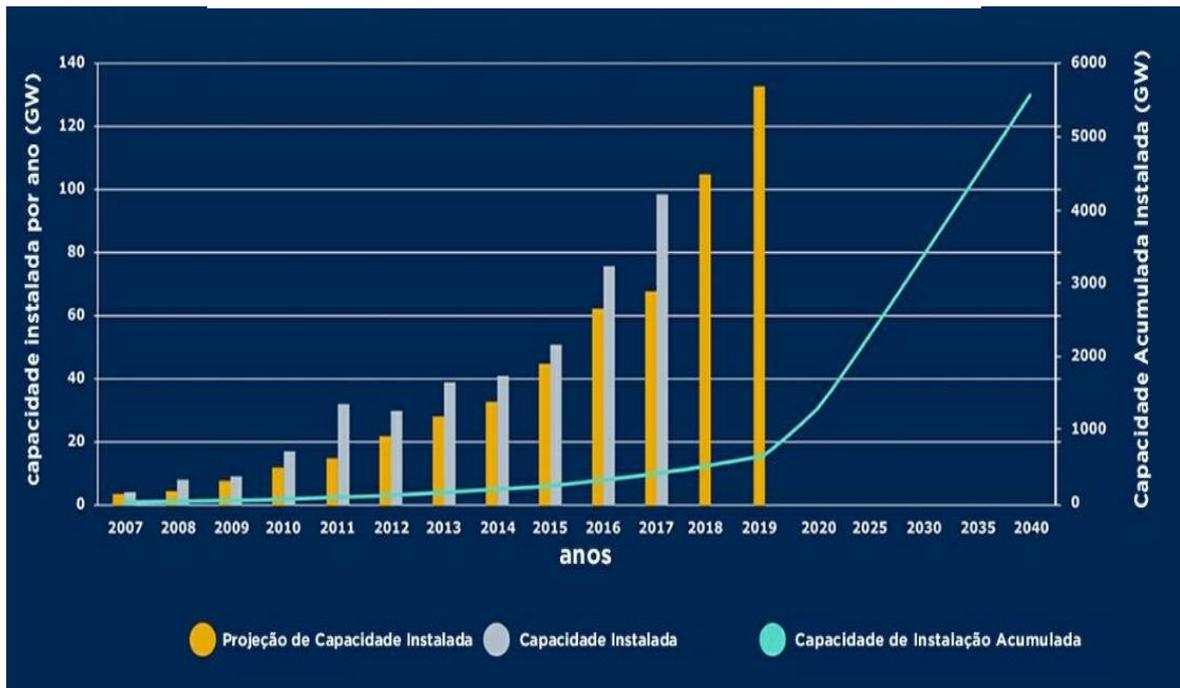
O sistema de energia heliotérmica usa espelhos para refletir a luz solar e concentrá-la em um ponto onde há um receptor, o uso e acúmulo do calor são provenientes dos raios solares (PORTAL SOLAR, 2016). Assim acumula-se calor e esse calor é utilizado em processos industriais que demandam altas temperaturas e também é usada para gerar eletricidade.

Contudo, a geração de energia elétrica heliotérmica ocorre de forma indireta, pois primeiro é captado e armazenado o calor do sol, em seguida é transformado em energia mecânica para, por fim, ser transformado em eletricidade.

No sistema fotovoltaico quanto maior a radiação maior será a quantidade produzida. Porém, esse sistema tem a vantagem de permitir que seja produzido energia mesmo em dias nublados ou chuvosos. De acordo com o Portal Solar (2019), o processo de produção, nesse sistema, ocorre quando a luz do sol reflete em uma célula fotovoltaica fazendo com que os elétrons do material semicondutor se movimentem gerando eletricidade.

O Portal Solar (2019) destaca que, a energia solar fotovoltaica é a terceira fonte mais importante de energia renovável, em termos de capacidade instalada a nível mundial, perdendo apenas para as hidráulicas e as eólicas. Além do mais, esse sistema conectado à rede elétrica já é usado há mais de trinta anos. O gráfico a seguir mostra o crescimento do uso da energia fotovoltaica entre 2007 e 2019.

**Figura 2 - Crescimento Global da Energia Fotovoltaica**



Fonte: Portal Solar (2019).

Nesse gráfico vemos claramente um constante crescimento da capacidade de instalação até 2017 enquanto que a projeção, apesar de também apresentar crescimento, aparece com números inferiores. Por fim, o gráfico mostra que ainda há muita capacidade acumulada para ser explorada a partir de 2020 e, assim, ampliar o crescimento da energia fotovoltaica. Isso pode acontecer, entre outros motivos, pela baixa dos preços de instalação do sistema ou pelo aumento da preferência pelo uso de energia solar que proporciona mais vantagens que desvantagens.

A produção de energia solar, assim como tudo o que existe, tem suas vantagens e desvantagens. O quadro a seguir mostra alguns exemplos de vantagens e desvantagens geográficas, econômicas, entre outros.

**Figura 3** - Comparação das Vantagens e Desvantagens da Energia

<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
A energia solar não polui e não há ruídos durante seu uso.	Existe variação nas quantidades produzidas de acordo com a situação do clima e durante a noite não existe produção alguma.
A energia solar é excelente em lugares remotos ou de difícil acesso, pois sua instalação em pequena escala não obriga a enormes investimentos em linhas de transmissão.	Locais em latitudes médias e altas sofrem quedas bruscas de produção durante os meses de inverno devido à menor disponibilidade diária de energia solar. Locais com frequente cobertura de nuvens tendem a ter variações diárias de produção de acordo com o grau de nebulosidade.
Os painéis solares são a cada dia mais potentes, ao mesmo tempo em que seu custo vem decaindo.	As formas de armazenamento da energia solar são pouco eficientes quando comparadas, por exemplo, aos combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás), e a energia hidroelétrica (água).
A manutenção necessária é mínima e a sua vida útil é longa.	Os painéis solares têm um rendimento de apenas 25%, apesar deste valor ter aumentado ao longo do tempo.
Sua instalação é fácil e é um recurso totalmente renovável.	Alto custo de investimento.
Em países tropicais, como o Brasil, a utilização da energia solar é viável em praticamente todo o território.	Mudança estética do imóvel.

Fonte: adaptado, Portal Energia (2017).

Os impactos ambientais são praticamente nulos e os investimentos apesar de altos são compensados posteriormente, já que o Brasil é um país com alto potencial para a produção desse tipo de energia e a redução na conta de luz é um valor considerável.

A energia solar, como tudo na vida, também tem seu lado negativo porque apesar de ser eficiente a sua produção ainda tem um custo elevado e variações no clima interferem na

sua produção. Mas em um país como o Brasil as vantagens de se produzir essa energia superam as desvantagens

### **2.3 Energia solar no Brasil e no Piauí**

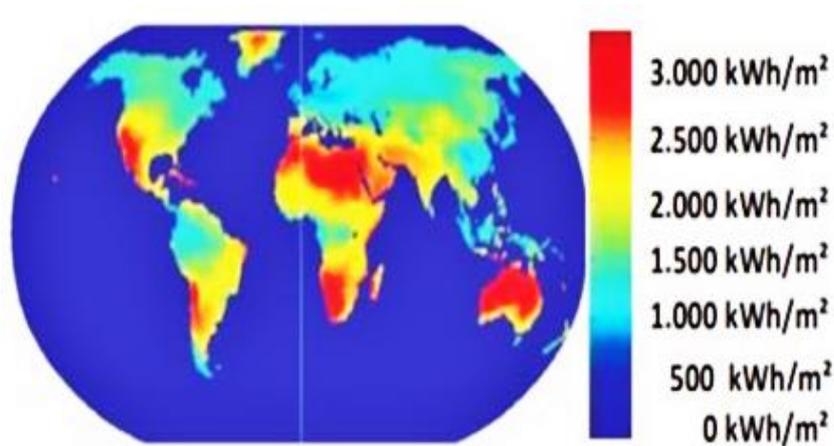
Segundo o Portal Solar (2019) o uso de energia solar no Brasil vem crescendo a passos largos. E existem diversos benefícios econômicos e ambientais que estão ajudando a impulsionar o crescimento e a utilização desta fonte de energia renovável, não só por pessoas jurídicas, mas também por pessoas físicas.

Ainda segundo o Portal Solar (2019), casas que possuem energia solar fotovoltaica instalada podem gerar a sua própria energia renovável, sistemas fotovoltaicos valorizam a propriedade, quanto mais energia solar instalada no Brasil menor é a inflação na conta de luz e a indústria de energia solar no Brasil gera milhares de empregos todos os anos. Esses são alguns benefícios econômicos que podem ser destacados.

Um dos maiores benefícios ambientais, recorrentes da mudança de hábito ao se utilizar cada vez mais a energia solar, será que quanto mais pessoas optarem por instalar energia solar em suas residências e empresas, o número de áreas inundadas para construir usinas hidrelétricas será menor (PORTAL SOLAR, 2019).

O Ministério de Minas e Energia - MME (2017) afirma que o potencial brasileiro para energia solar é enorme. A região Nordeste é a que apresenta os maiores valores de irradiação solar global, entre todas as regiões geográficas. O MME ainda afirma que os valores máximos de irradiação solar no país são observados na região central da Bahia, incluindo, parcialmente, o noroeste de Minas Gerais.

**Figura 4 - Potencial de Radiação Solar no Brasil e no Mundo**



Fonte: Ministério de Minas e Energia (2017).

As condições climáticas do território brasileiro durante todo o ano, pelo menos na maior parte de seu território, confere um regime estável de baixa nebulosidade e alta incidência de irradiação solar para essa região semiárida.

A irradiação média anual brasileira varia entre 1.200 e 2.400 kWh/m<sup>2</sup>/ano, como mostra a figura 3. Apesar de ser considerada uma boa média, ainda há no mundo regiões com irradiação acima de 3.000 kWh/m<sup>2</sup>/ano, como Austrália, Norte e Sul da África, Oriente Médio, parte da Ásia Central, parte da Índia, Sudoeste dos USA, além de México, Chile e Peru.

Enquanto no Brasil a energia solar ainda é pouco explorada, mesmo com todo o seu potencial de produção e consumo, no mundo já existem países que fazem um bom uso dessa fonte limpa e renovável e já estão bem avançados em termo de tecnologia de produção (MME, 2017).

Como mostra a figura 4, o Brasil ainda não se encontra entre os dez países com capacidade adicionada em 2019, e também não está entre os dez países que lideram o mundo em potência acumulada. Mas já está bem avançado e perto de chegar ao top 10 do mercado mundial.

**Figura 5 - O Mercado Fotovoltaico no Mundo: países que mais investiram em energia solar fotovoltaica em 2019**

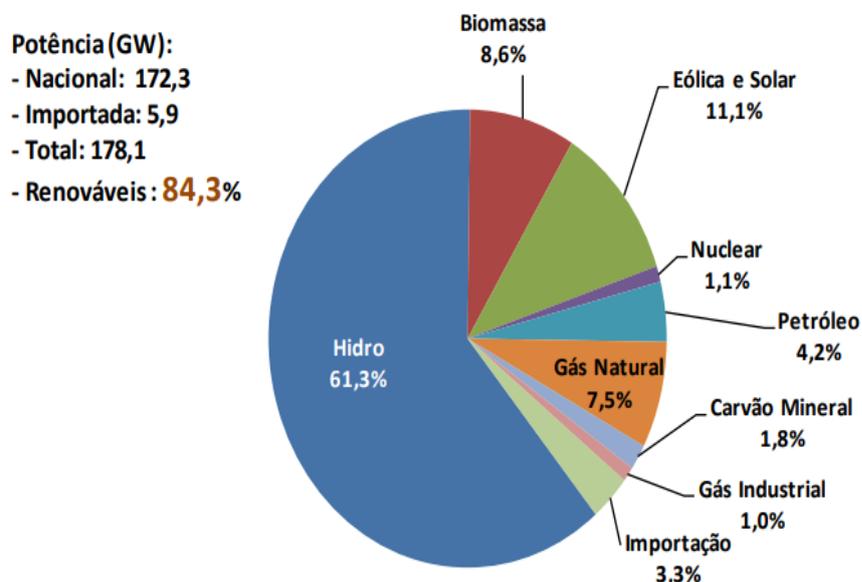


Fonte: Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica - ABSOLAR (2020).

A figura 5 a seguir, mostra que a maior produção de energia do Brasil ainda se concentra nas usinas hidrelétricas, pois são as fontes mais conhecidas e usadas há mais tempo, seguida pelas usinas eólica e solar e de biomassa.

A energia solar fotovoltaica ainda está entre as menores produções. Isso demonstra que o que foi falado anteriormente é verdade, ou seja, apesar do grande potencial que o Brasil tem para produzir essa energia, ela ainda é pouco explorada e seus benefícios são pouco aproveitados.

**Figura 6 - Oferta de Potência de Geração Elétrica**



Fonte: Ministério de Minas e Energia (2019).

O Piauí é um dos maiores produtores de energia solar e eólica, tendo uma grande participação na produção desses 1,1% produzida pelo país (MME, 2019). Sendo assim, no próximo item será abordado mais profundamente como funciona a produção da energia solar nesse estado.

O uso de sistemas fotovoltaicos no Piauí já vem acontecendo há alguns anos. Esse sistema começou a ser usado, por volta de 1980, como alternativa para facilitar a comunicação das pessoas que moravam em comunidades rurais e que não dispunham de outra fonte de energia elétrica (MORAES, 2013).

O Estado do Piauí apresenta um grande potencial energético solar. E segundo Moraes e Trigoso (2019) esse potencial não é bem aproveitado por vários motivos, entre eles está o fato de não haver estudos suficientes nessa área por pessoas do estado do Piauí.

O Estado do Piauí apresenta grande potencial para o uso da tecnologia solar fotovoltaica na eletrificação rural. No entanto, várias são as barreiras encontradas para a introdução dessa tecnologia. Uma delas é a não existência de grupos de pesquisa em energia solar no Estado, em consequência a isso faltam estudos acadêmicos específicos sobre o tema, tornando o Piauí um dos estados brasileiros com pouca representatividade no que tange o uso mais adequado da tecnologia solar fotovoltaica na eletrificação rural (MORAES e TRIGOSO, 2019 p. 4).

Em seu livro, Moraes (2013) discorre sobre as barreiras técnicas: falta de pessoas capacitadas. Barreiras tecnológicas: apesar dos avanços na tecnologia solar fotovoltaica ainda há muito a ser realizado. Barreiras econômicas: dificuldade para a aquisição e manutenção do sistema fotovoltaico na zona rural. Barreiras comerciais: devido ao baixo retorno dos investimentos.

Há também as barreiras regulatórias: ao lado das atividades regulatórias devem ser implementadas ações simultâneas para levantar o conjunto de todas as barreiras (MORAES, 2013). Barreiras institucionais: aparecem na estrutura e funcionamento das instituições encarregadas de tomar decisões sobre políticas públicas (MORAES, 2013).

As barreiras culturais: a cultura empresarial é uma das principais que impedem o desenvolvimento desse sistema de energia (MORAES, 2013), pois executivos acreditam que é algo marginal atender a população rural e com baixa renda utilizando a tecnologia fotovoltaica sendo que seu consumo é mínimo.

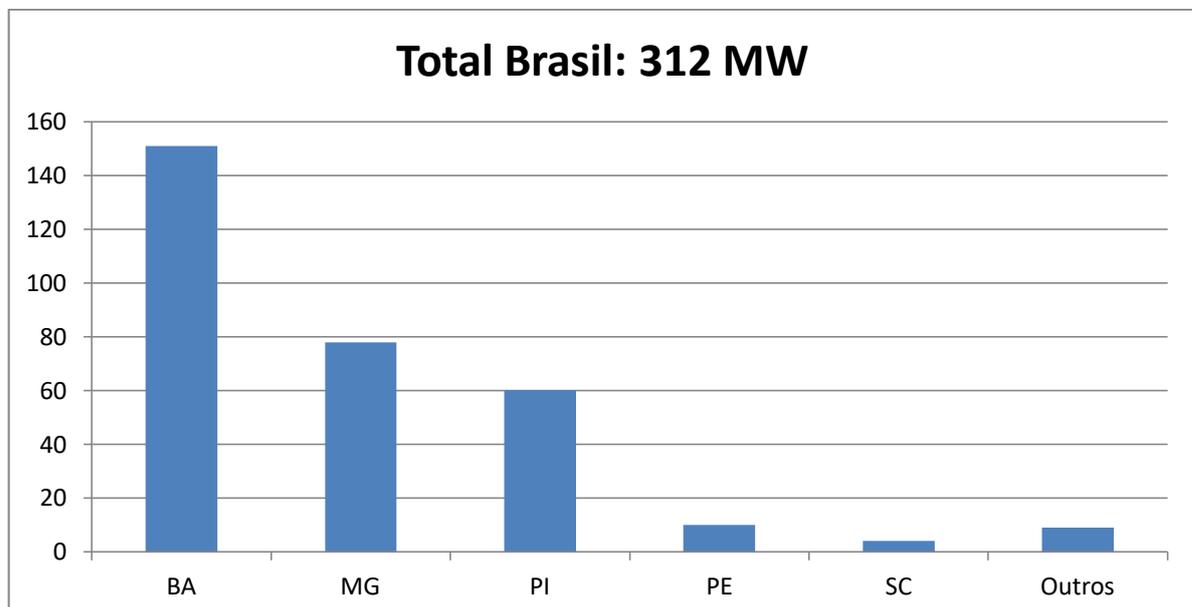
E as barreiras ideológicas: há um modelo de distribuição de energia enraizado no pensamento das pessoas (MORAES, 2013), por isso, ainda é difícil a aceitação de novas formas de distribuição ou de geração de energia, pois para isso é necessário a reformulação dos conceitos existentes. Tais barreiras não se encontram somente em âmbito estadual, mas também em âmbito nacional.

O Estado do Piauí apresenta-se, hoje, no que diz respeito ao uso da tecnologia solar fotovoltaica, restrito basicamente à ação do Programa de Desenvolvimento dos Estados e Municípios (PRODEEM), muito embora existam no estado outras ações referentes à instalação de sistemas por Organizações Não Governamentais (ONGs) e iniciativas privadas, só que em proporções bem menores (MORAES e TRIGOSO, 2019).

Em 2017, foi construída no Piauí a maior usina de energia fotovoltaica da América Latina localizada em Ribeira do Piauí e foi estimada uma capacidade de 292 megawatts (MW). Estima-se que a capacidade chegará a 600 gigawatts-hora (GWh) anual e que será o suficiente para atender as necessidades de consumo de energia anual de 300.000 lares brasileiros, de acordo com a ABSOLAR (Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica).

De acordo com o MME (2017), o Piauí é o terceiro estado do Brasil com maior potência instalada, 60 MW, até 2017. Ficando atrás, somente, da Bahia, primeira no ranking com 151 MW, e de Minas Gerais, com 78 MW.

**Figura 7 - Potência Instalada Solar Centralizada, por UF (MW)**



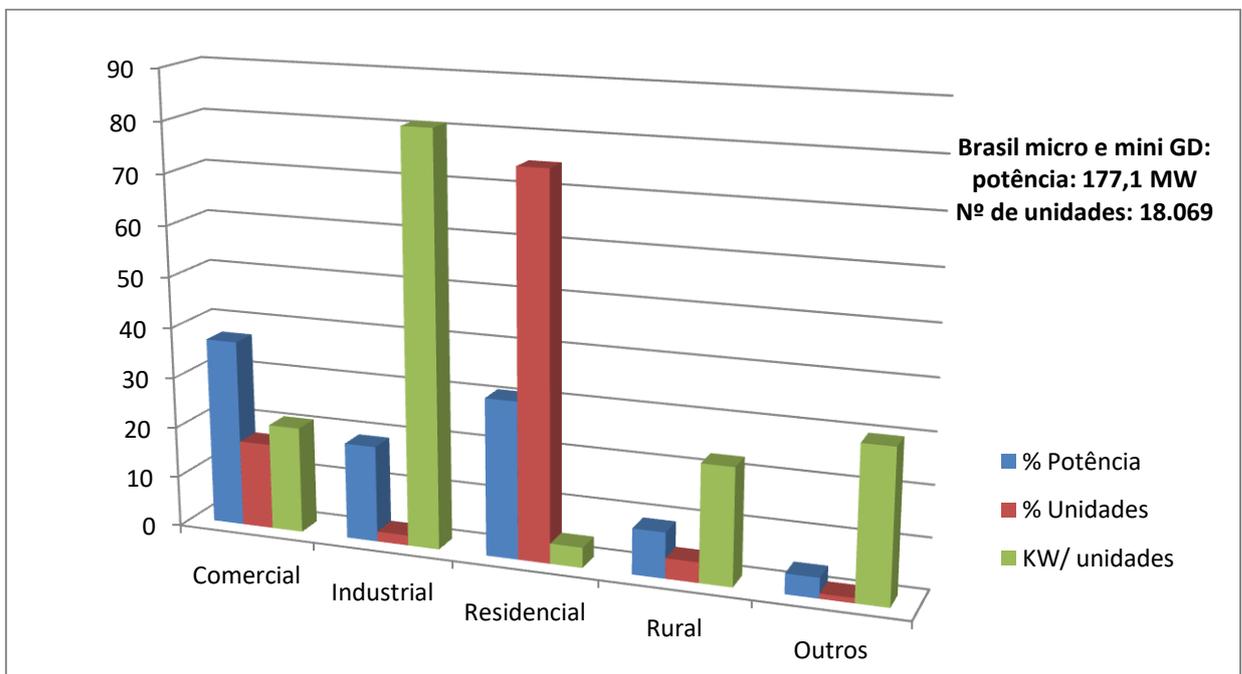
Fonte: Adaptado, Ministério de Minas e Energia (2017).

Para gerar energia solar fotovoltaica não é obrigatória a existência de uma usina solar. Ela pode ser gerada nos telhados dos imóveis através de Geração Distribuída (GD). Isso acontece porque diferentemente da Geração Centralizada a distribuída é gerada próxima ao local que será consumida e deve estar ligada à rede de distribuição (SHAYANI, 2010).

Há ainda a micro geração com potência até 75 kilowatts (KW) e a mini geração com potência superior a 75 KW e inferior a 5 MW, de acordo com o Portal Solar (2018). A figura 6 mostra a potência instalada desses dois tipos de Geração Distribuída.

Segundo o MME (2017), com relação aos setores e considerando todas as fontes de micro e mini GD, o setor comercial detém a maior participação em potência (37%), pois demandam maior quantidade de energia para produzir. E o setor residencial detém a maior participação em número de usuários (75%),

**Figura 8 - Potência Instalada Micro e Mini Geração Distribuída, por setor (MW)**

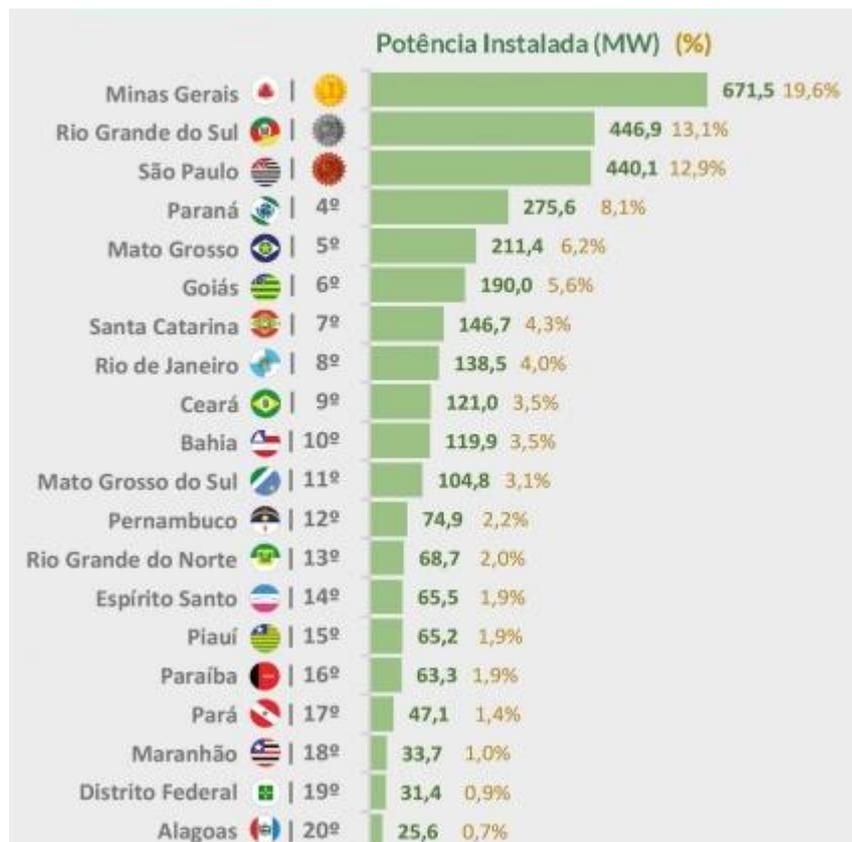


Fonte: Adaptado, Ministério de Minas e Energia (2017).

A produção de energia solar vem crescendo ao longo do tempo em todo o território brasileiro (MME, 2017). Em alguns estados cresce mais do que em outros, isso está muito relacionado com o quanto é investido em tecnologia, pesquisa e em construção de usinas nas áreas com maiores irradiações solares.

Apesar dos grandes avanços que o Piauí teve com relação a essa produção, ele ainda se encontra em 15º no ranking estadual de Geração Distribuída como mostra os dados da ABSOLAR (2020). Mas tem um grande potencial de produção já sendo construído e a construir. Empresas de energia solar tem se instalado no estado a fim de explorar suas potencialidades aumentando assim as expectativas para essa área dentro do estado, mais especificamente no Litoral do Piauí.

**Figura 9 - Ranking Estadual de Potência Instalada de Geração Distribuída**



Fonte: ABSOLAR (2020).

O Brasil está entre os países que tem potencial para a produção dessa energia e por isso também está investindo nessa área, embora esse investimento ainda seja pouco quando comparado com o investimento de outros países. Os estados do Brasil já dispõem de usinas de energia solar e os maiores produtores estão na região Sul e Sudeste.

A região Nordeste do Brasil é uma das regiões com maior incidência de radiação solar no país e por esse motivo tem-se investido muito nessa área, tanto que em 2017, como mencionado anteriormente, foi construído no Piauí a maior usina de energia solar da América Latina.

Essa construção tão grande beneficia o estado de várias formas, como por exemplo: gera emprego e conseqüentemente também gera renda para a população, aumenta a renda *per capita* do estado e traz benefícios sociais ao melhorar a qualidade da energia e ao reduzir os custos para os que já optaram por utilizá-la (PORTAL SOLAR, 2019).

Sendo assim, a produção de energia solar tem sido importante para o desenvolvimento do Piauí e o investimento nessa área só tende a aumentar, considerando que esse estado é uma grande fonte para a produção dessa energia.

#### **2.4 Benefícios da Energia Solar para o consumo residencial e comercial**

As residências podem utilizar a energia solar para garantir a redução do valor da conta de luz. Para isso os painéis solares residenciais costumam ser fixados no telhado das casas, voltados para o Norte. Quando comparados, os consumidores residenciais são os que mais saem ganhando ao adotar esse sistema, pois são eles que pagam os maiores valores na energia elétrica que recebem da distribuidora (PORTAL SOLAR, 2019).

Outro grande beneficiado é quem mora em localidades com altos índices de radiação solar, pois o gerador solar irá produzir mais energia e, conseqüentemente, mais crédito energético, que poderá ser descontado no valor usado diretamente da distribuidora (PORTAL SOLAR, 2019). Durante a noite, é utilizada a energia da rede, pois não há produção de energia nesse horário pelas placas.

Sendo assim, se no imóvel os aparelhos eletrônicos usam menos energia do que é produzida pelos painéis solares, a energia extra é injetada na rede pública (PORTAL SOLAR, 2019). Portanto, na medição da energia usada na casa, será verificado o valor da energia elétrica consumida e o da injetada. O valor dessa energia injetada é transformado em crédito energético e o proprietário da residência poderá usar esse crédito para abater o valor a ser pago pela energia consumida diretamente da rede.

Além desses incentivos há ainda a isenção de impostos cobrados pelo estado pela energia que é gerada e a redução do IPTU (Imposto Predial e Territorial Urbano) que é gerido pelo Código Tributário do Município de Teresina – Lei Complementar nº 4.974 de 26 de dezembro de 2016 e no seu regulamento, Decreto nº 16.759, de 29 de março de 2017. em alguns municípios. Ou seja, o uso da energia solar não só reduz o valor da energia como também o valor dos impostos a serem cobrados.

Considerando a região litorânea do Piauí que é composta por catorze municípios, com uma população de aproximadamente 320.438 pessoas, de acordo com o censo de 2010, com Índice de Desenvolvimento Humano - IDH igual a 0,646 e uma área territorial de 9.658 km<sup>2</sup>, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2020), foram montadas duas tabelas, a primeira com destaque para a potência instaladas nas residências e a segunda, que será vista no tópico 3.2, voltada para a potência instalada nas empresas ou comércios dessas cidades.

**Tabela 1 - Residências com Sistema Fotovoltaico Instalado**

<b>Municípios</b>	<b>Quantidade de UCs residenciais</b>	<b>Quant. UCs que recebem os créditos</b>	<b>Potência Instalada (KW)</b>
<b>Parnaíba</b>	79	99	600,86
<b>Luis Correia</b>	8	14	55,82
<b>Piracuruca</b>	4	6	24,38
<b>Cocal</b>	4	7	34,00
<b>Buriti dos Lopes</b>	1	1	2,00
<b>São José do Divino</b>	1	1	3,10

Fonte: Adaptado, Agência Nacional de Energia Elétrica (2020).

NOTA

UCs = Unidades Consumidoras.

A tabela 1 apresenta as cidades do Litoral do Piauí que têm residências com sistema fotovoltaico instalado. Aqui, é possível notar que, a cidade de Parnaíba é a que tem maior potência instalada, em segundo e terceiro estão Luis Correia e Cocal, respectivamente.

Para entender melhor como funcionam os benefícios proporcionados pela energia solar, é preciso conhecer e entender o ROI – Retorno sobre o investimento que mensura o valor do retorno do investimento em dinheiro e em porcentagem e o Payback que calcula o tempo de retorno.

Para explicar como isso funciona, será considerado que uma pessoa decidiu investir R\$ 28.350,00 em um sistema que gera 650 KWh/mês - Quilowatt-hora por mês, com uma tarifa energética mensal no valor de 0,83 R\$/KWh. Para definir o valor do ROI serão multiplicados os KWh, a tarifa e os doze meses do ano, em seguida divide-se o resultado pelo valor investido. Obtendo assim o valor de R\$ 6.474,00 ou 22,8%.

Para calcular o Payback o valor investido deve ser dividido pelo resultado da multiplicação dos KWh, a tarifa e os doze meses do ano. Chegando ao resultado de que serão necessários quatro anos para o investimento retornar.

Portanto, o valor economizado durante o ano é de R\$ 6.474,00, ou seja, 22,8%. E o tempo para o retorno do investimento é de 4 anos. Considerando que o tempo médio de vida útil do sistema é de 25 anos, a pessoa terá 21 anos de lucro. Podendo estender esse tempo ao adotar cuidados periódicos com a limpeza e manutenção dos aparelhos.

O sistema de energia solar fotovoltaico apresenta vários benefícios (custos decrescentes, concessões generosas e incentivos fiscais) para as empresas que a utilizam, independentes da sua área de atuação. O governo federal investe em incentivos fiscais para atrair a adoção do processo de coleta e utilização da energia solar por parte das empresas (PORTAL SOLAR, 2020).

Os incentivos se apresentam como taxa de juros baixa para facilitar o pagamento do equipamento e, também há a opção de reverter a venda da energia extra, que é gerada, em créditos que poderão ser utilizados mais tarde pela empresa. Em suma as vantagens ao longo prazo são as mais desejáveis.

A forma como as empresas se beneficiam desse sistema, pode variar. Por exemplo: as indústrias sofrem com o fornecimento elétrico precário e com os altos custos da conta de luz. Como alternativa há a energia solar que fornece maior liberdade de produção independente do fornecimento padrão, que pode ser financiado pelos bancos federais e que tem retorno garantido em alguns anos.

No setor agrícola, devido à maior precariedade do sistema de energia padrão utilizado, a energia solar proporciona uma garantia de que as coisas irão funcionar normalmente. E quando se trata de estabelecimentos comerciais, como um todo, o fato de haver a instalação do equipamento de geração de energia solar fotovoltaico garante o aumento do valor do imóvel, além dos demais benefícios já citados.

A tabela 2 mostra a quantidade de Unidades Consumidoras, por município, disponibilizadas pela ANEEL até o mês de março de 2020. As demais cidades litorâneas como Ilha grande e Cajueiro da Praia não são citadas nas tabelas 1 e 2 por que ela não são citadas no relatório da ANEEL. Das cidades do Litoral do Piauí, Parnaíba é a que mais

desenvolveu em potência instalada, seguida das cidades de Piracuruca e Cocal, respectivamente.

**Tabela 2 - Empresas com Sistema Fotovoltaico Instalado**

<b>Municípios</b>	<b>Quantidade de UCs comerciais</b>	<b>Quant. UCs que recebem os créditos</b>	<b>Potência Instalada (KW)</b>
<b>Parnaíba</b>	17	30	704,52
<b>Luís Correia</b>	2	3	16,52
<b>Piracuruca</b>	4	4	172,80
<b>Cocal</b>	1	2	25,00
<b>Cocal dos Alves</b>	1	1	8,20
<b>São José do Divino</b>	1	2	8,20

Fonte: Adaptado, Agencia Nacional de Energia Elétrica (2020).

NOTA

UCs = Unidades Consumidoras.

Ao comparar as tabelas 1 e 2 é possível notar que apesar de ter menos unidades consumidoras comerciais, a potência instalada para o comércio é superior à potência instalada nas residências. Usando Parnaíba como exemplo é possível notar que 17 unidades consumidoras comerciais têm uma potência instalada de 704,52 KW, enquanto 79 unidades consumidoras residenciais têm uma potência instalada de 600,86 KW. Isso acontece porque, segundo a Solarprime (2018), o comércio demanda uma maior quantidade energética.

#### **2.4 Sistema de autofinanciamento e infraestrutura de Geração**

O custo, relativamente alto, para instalar um sistema de energia solar fotovoltaico pode ser um empecilho para que sua instalação seja considerada viável, mesmo gerando muita economia na hora de pagar a conta de energia. Para Colaferro (2020), o sistema fotovoltaico deve ser visto como um investimento com retornos de longo prazo.

Antes de decidir optar pelo financiar, é necessário escolher entre o sistema fotovoltaico on grid que capta a energia solar e converte em energia elétrica, enviando-a para a rede elétrica. Gerando assim os créditos energéticos. E o off grid que gera energia sem se conectar a rede elétrica e usa baterias solares para armazenar energia para os momentos em que não há produção (PORTAL SOLAR, 2020).

Considerando o sistema on grid, os principais equipamentos do kit solar são painéis solares fotovoltaicos, inversor solar, cabeamento e controlador de carga. A primeira coisa que deve ser calculada é a quantidade de painéis solares que serão utilizados. Para isso multiplicam-se Potência, Tempo e Rendimento.

Tendo como base um módulo fotovoltaico com potência de 265 w, voltado para o Norte, tempo médio de irradiação no Nordeste e o rendimento de 20%, considerando as perdas totais da potência nominal. A energia gerada será igual a 1,04 KWh/dia por módulo. E a geração desse módulo em um mês é igual a 31,20 KWh/mês.

Agora para saber a quantidade de painéis necessária para uma residência ou empresa que consome em média 650 KWh/mês, basta dividir esse valor pela quantidade produzida por mês em um módulo e constatar que serão necessários 21 módulos solares que produzem 31,20 KWh/ mês. Com esses dados é possível saber aproximadamente o valor do sistema completo.

Ao decidir instalar o sistema de energia solar fotovoltaico é preciso escolher como financiar esse sistema, se será necessário recorrer aos financiamentos disponibilizados por bancos ou se tentará o autofinanciamento. Ao optar pelo autofinanciamento é aconselhável atentar para alguns detalhes. O primeiro é o valor de entrada para o pagamento e como será feito o parcelamento do valor restante. Usando ainda o exemplo do item 2.1, o sistema custa em torno de R\$ 28.350,00. Considerando que o interessado tenha R\$ 9.580,00 para dar como entrada, então restarão R\$ 18.770,00.

Como o valor mensal a ser economizado na conta de luz é de R\$ 539,50, esse dinheiro será usado para pagar os R\$ 18.770,00 restantes no período de 36 meses. Ou seja, o sistema estará pago em três anos com a economia que ele mesmo gerou na conta de luz mensal.

Além de ter essa economia, a pessoa ainda estará livre da tarifa que tende a aumentar todos os anos. E ainda conseguirá o retorno do valor total investido dentro do prazo de cinco anos. Considerando esses dados a tabela 3, com dados ilustrativos, foi gerada o seguinte fluxo de caixa.

**Tabela 3 - Retorno do Investimento (continua)**

<b>Mês</b>	<b>Energia Gerada</b>	<b>Tarifa da Energia</b>	<b>Economia Mensal</b>	<b>Pagamento do Financiamento</b>	<b>Pagamento da entrada em 1 mês</b>	<b>Resultado da operação</b>
<b>1</b>	650KWh	-	-	-R\$ 539,50	R\$9.580,00	- R\$ 10.119,50
<b>2</b>	650KWh	R\$ 0,83	R\$ 539,50	-R\$ 539,50	-	- R\$ 10.119,50
<b>3</b>	650KWh	R\$ 0,83	R\$ 539,50	-R\$ 539,50	-	- R\$ 10.119,50
<b>4</b>	650KWh	R\$ 0,83	R\$ 539,50	-R\$ 539,50	-	- R\$ 10.119,50
<b>5</b>	650KWh	R\$ 0,83	R\$ 539,50	-R\$ 539,50	-	- R\$ 10.119,50
<b>6</b>	650KWh	R\$ 0,83	R\$ 539,50	-R\$ 539,50	-	- R\$ 10.119,50
<b>7</b>	650KWh	R\$ 0,83	R\$ 539,50	-R\$ 539,50	-	- R\$ 10.119,50
<b>8</b>	650KWh	R\$ 0,83	R\$ 539,50	-R\$ 539,50	-	- R\$ 10.119,50
<b>9</b>	650KWh	R\$ 0,83	R\$ 539,50	-R\$ 539,50	-	- R\$ 10.119,50
<b>10</b>	650KWh	R\$ 0,83	R\$ 539,50	-R\$ 539,50	-	- R\$ 10.119,50
<b>11</b>	650KWh	R\$ 0,83	R\$ 539,50	-R\$ 539,50	-	- R\$ 10.119,50
<b>12</b>	650KWh	R\$ 0,83	R\$ 539,50	-R\$ 539,50	-	- R\$ 10.119,50
<b>13</b>	650KWh	R\$ 0,88	R\$ 572,00	-R\$ 539,50	-	- R\$ 10.086,50
<b>14</b>	650KWh	R\$ 0,88	R\$ 572,00	-R\$ 539,50	-	- R\$ 10.054,00
<b>15</b>	650KWh	R\$ 0,88	R\$ 572,00	-R\$ 539,50	-	- R\$ 10.021,50
<b>16</b>	650KWh	R\$ 0,88	R\$ 572,00	-R\$ 539,50	-	- R\$ 9.989,00
<b>17</b>	650KWh	R\$ 0,88	R\$ 572,00	-R\$ 539,50	-	- R\$ 9.956,50
<b>18</b>	650KWh	R\$ 0,88	R\$ 572,00	-R\$ 539,50	-	- R\$ 9.924,00
<b>19</b>	650KWh	R\$ 0,88	R\$ 572,00	-R\$ 539,50	-	- R\$ 9.891,50
<b>20</b>	650KWh	R\$ 0,88	R\$ 572,00	-R\$ 539,50	-	- R\$ 9.859,00
<b>21</b>	650KWh	R\$ 0,88	R\$ 572,00	-R\$ 539,50	-	- R\$ 9.826,50
<b>22</b>	650KWh	R\$ 0,88	R\$ 572,00	-R\$ 539,50	-	- R\$ 9.794,00
<b>23</b>	650KWh	R\$ 0,88	R\$ 572,00	-R\$ 539,50	-	- R\$ 9.761,50
<b>24</b>	650KWh	R\$ 0,88	R\$ 572,00	-R\$ 539,50	-	- R\$ 9.729,00
<b>25</b>	650KWh	R\$ 0,94	R\$ 611,00	-R\$ 539,50	-	- R\$ 9.657,50
<b>26</b>	650KWh	R\$ 0,94	R\$ 611,00	-R\$ 539,50	-	- R\$ 9.586,00
<b>27</b>	650KWh	R\$ 0,94	R\$ 611,00	-R\$ 539,50	-	- R\$ 9.514,50
<b>28</b>	650KWh	R\$ 0,94	R\$ 611,00	-R\$ 539,50	-	- R\$ 9.443,00
<b>29</b>	650KWh	R\$ 0,94	R\$ 611,00	-R\$ 539,50	-	- R\$ 9.371,50

**Tabela 3 - Retorno do Investimento (conclusão)**

<b>Mês</b>	<b>Energia Gerada</b>	<b>Tarifa da Energia</b>	<b>Economia Mensal</b>	<b>Pagamento do Financiamento</b>	<b>Pagamento da entrada em 1 mês</b>	<b>Resultado da operação</b>
<b>30</b>	650KWh	R\$ 0,94	R\$ 611,00	-R\$ 539,50	-	- R\$ 9.300,00
<b>31</b>	650KWh	R\$ 0,94	R\$ 611,00	-R\$ 539,50	-	- R\$ 9.228,50
<b>32</b>	650KWh	R\$ 0,94	R\$ 611,00	-R\$ 539,50	-	- R\$ 9.157,00
<b>33</b>	650KWh	R\$ 0,94	R\$ 611,00	-R\$ 539,50	-	- R\$ 9.085,50
<b>34</b>	650KWh	R\$ 0,94	R\$ 611,00	-R\$ 539,50	-	- R\$ 9.014,00
<b>35</b>	650KWh	R\$ 0,94	R\$ 611,00	-R\$ 539,50	-	- R\$ 8.942,50
<b>36</b>	650KWh	R\$ 0,94	R\$ 611,00	-R\$ 539,50	-	- R\$ 8.871,00
<b>37</b>	650KWh	R\$ 1,00	R\$ 650,00	-	-	- R\$ 8.221,00
<b>38</b>	650KWh	R\$ 1,00	R\$ 650,00	-	-	- R\$ 7.571,00
<b>39</b>	650KWh	R\$ 1,00	R\$ 650,00	-	-	- R\$ 6.921,00
<b>40</b>	650KWh	R\$ 1,00	R\$ 650,00	-	-	- R\$ 6.221,00
<b>41</b>	650KWh	R\$ 1,00	R\$ 650,00	-	-	- R\$ 5.621,00
<b>42</b>	650KWh	R\$ 1,00	R\$ 650,00	-	-	- R\$ 4.971,00
<b>43</b>	650KWh	R\$ 1,00	R\$ 650,00	-	-	- R\$ 4.321,00
<b>44</b>	650KWh	R\$ 1,00	R\$ 650,00	-	-	- R\$ 3.671,00
<b>45</b>	650KWh	R\$ 1,00	R\$ 650,00	-	-	- R\$ 3.021,00
<b>46</b>	650KWh	R\$ 1,00	R\$ 650,00	-	-	- R\$ 2.371,00
<b>47</b>	650KWh	R\$ 1,00	R\$ 650,00	-	-	- R\$ 1.721,00
<b>48</b>	650KWh	R\$ 1,00	R\$ 650,00	-	-	- R\$ 1.071,00
<b>49</b>	650KWh	R\$ 1,07	R\$ 695,50	-	-	- R\$ 375,50
<b>50</b>	650KWh	R\$ 1,07	R\$ 695,50	-	-	R\$ 320,00
<b>51</b>	650KWh	R\$ 1,07	R\$ 695,50	-	-	R\$ 1.015,50
<b>52</b>	650KWh	R\$ 1,07	R\$ 695,50	-	-	R\$ 1.711,00
<b>53</b>	650KWh	R\$ 1,07	R\$ 695,50	-	-	R\$ 2.406,50
<b>54</b>	650KWh	R\$ 1,07	R\$ 695,50	-	-	R\$ 3.102,00

Fonte: a autora (2021).

Nota

Premissas utilizadas para a criação da tabela:

Valor investido: R\$ 28.350,00;

Potência do sistema: 4,3KWp.

A tarifa energética segue um padrão de crescimento de 7% ao ano. Com isso vemos que quando a tarifa aumenta o valor economizado também tende a aumentar já que o valor de cada parcela continuará sendo o mesmo.

No primeiro mês as colunas de tarifa energética e economia mensal estão em branco porque nesse período o imóvel ainda está conectado com a rede e o sistema estará sendo instalado, ou seja, ainda não foi gerado energia através do sistema fotovoltaico. Portanto, não há energia gerada o suficiente para a demanda necessária do imóvel.

A tabela também mostra que no trigésimo sexto mês não há mais desembolso por parte do proprietário, ou seja, o sistema está se pagando sozinho. A partir do quarto ano ele estará cem por cento pago e começará a dar lucros.

Em suma, ao decidir instalar um sistema solar fotovoltaico é possível financiá-lo através do valor economizado e ainda obter lucros crescentes ao longo da vida útil do equipamento.

### **3 POTENCIALIDADES DE ENERGIA SOLAR NO LITORAL DO PIAUÍ**

#### **3.1 A capacidade instalada de geração de Energia Solar para empresas e residências**

O Piauí tem muitas empresas e as cidades do seu litoral não são diferentes. Além de muitos estabelecimentos para as matrizes, há também os estabelecimentos para as suas filiais. Com isso o potencial para a geração de energia nesta região é muito superior ao desenvolvido atualmente.

Para calcular a capacidade de geração de energia será considerado a média das potências instaladas pelas empresas, apresentadas na tabela 2 na página 30.

$$\text{Média} = \frac{704,52 + 16,52 + 172,80 + 25,00 + 8,20 + 8,20}{6} = 155,87 \text{ KW (1)}$$

A tabela 4 mostra que há mais de quinze mil estabelecimentos comerciais só nas catorze cidades do litoral e esses estabelecimentos serão considerados nesse trabalho como potenciais geradores de energia.

**Tabela 4 - Quantidades de Empresas do Litoral do Piauí**

<b>Cidade</b>	<b>Total de empresas por CNAE (matriz)</b>	<b>Total de estabelecimentos por CNAE (matriz e filial)</b>
<b>Bom Princípio do Piauí</b>	81	91
<b>Buriti dos Lopes</b>	497	534
<b>Cajueiro da Praia</b>	317	344
<b>Caraúbas do Piauí</b>	95	134
<b>Caxingó</b>	96	102
<b>Cocal</b>	861	913
<b>Cocal dos Alves</b>	126	133
<b>Ilha Grande</b>	216	227
<b>Luís Correia</b>	896	982
<b>Murici dos Portelas</b>	222	229
<b>Parnaíba</b>	9.290	9.944
<b>Piracuruca</b>	1.272	1.351
<b>São João da Fronteira</b>	141	150
<b>São José do Divino</b>	160	171
<b>Total</b>	<b>14.270</b>	<b>15.305</b>

Fonte: Adaptado, DataSebrae (2021).

Nota

CNAE = Classificação Nacional de Atividades Econômicas.

Considerando a média de 155,87 KW produzidos pelas empresas a capacidade de geração de energia por parte das empresas com o total de 15.305 estabelecimentos é de aproximadamente 2.385.590,35 KW.

$$\text{Capacidade de geração} = 155,87 \times 15.305 = 2.385.590,35 \text{ KW (2)}$$

O procedimento para calcular a capacidade de geração de energia por parte das residências será o mesmo para saber a capacidade das empresas. Sendo assim, será considerada a média da potência instalada das residências apresentadas na tabela 1 na página 28.

$$\text{Média} = \frac{600,86 + 55,82 + 24,38 + 34,00 + 2,00 + 3,10}{6} = 120,03 \text{ KW (3)}$$

**Tabela 5** - Quantidade de Domicílios do Litoral do Piauí

<b>Cidade</b>	<b>Quantidade de domicílios por cidade</b>	<b>Quantidade de domicílios com renda acima de 5 salários mínimos</b>
<b>Bom Princípio do Piauí</b>	1.345	57
<b>Buriti dos Lopes</b>	4.850	246
<b>Cajueiro da Praia</b>	1.821	73
<b>Caraúbas do Piauí</b>	1.461	15
<b>Caxingó</b>	1.267	39
<b>Cocal</b>	6.717	230
<b>Cocal dos Alves</b>	1.552	40
<b>Ilha Grande</b>	2.194	80
<b>Luís Correia</b>	7.024	328
<b>Murici dos Portelas</b>	2.064	42
<b>Parnaíba</b>	38.675	6.263
<b>Piracuruca</b>	7.720	500
<b>São João da Fronteira</b>	1.512	39
<b>São José do Divino</b>	1.386	50
<b>Total</b>	<b>79.588</b>	<b>8.002</b>

Fonte: Adaptado, IBGE (2021).

Apenas 10,05% dos domicílios tem um rendimento acima de cinco salários mínimos, ou seja, somente 10,05% tem a capacidade financeira, considerada nesse trabalho, de começar a gerar sua própria energia. A renda de cinco salários mínimos foi considerada por se supor que domicílios com rendas mais altas gastam mais energia e conseqüentemente tem maiores condições financeiras para gerar sua própria energia.

Com uma média de 120,03 KW produzidos pelos domicílios e como a quantidade de domicílios com potencial financeiro para a produção de energia solar fotovoltaica é de 8.002, então a capacidade de geração de energia por parte das residências é de aproximadamente 960.480,06 KW.

$$\text{Capacidade de geração} = 120,03 \times 8.002 = 960.480,06 \text{ KW (4)}$$

### **3.2 Estimativa do volume de energia gerado por empresas e residências**

O volume mensal de energia que poderá ser gerado pelas empresas será de aproximadamente 71.567.710,50 KWh/mês.

$$\text{Volume empresarial} = 2.385.590,35 \times 30 = 71.567.710,50 \text{ KWh/mês (5)}$$

E o volume que poderá ser gerado pelas residências será de aproximadamente 28.814.401,80 KWh/mês.

$$\text{Volume residencial} = 960.480,06 \times 30 = 28.814.401,80 \text{ KWh/mês (6)}$$

Esse volume só pode ser alcançado se todos os estabelecimentos comerciais e residenciais instalarem e usarem todo o potencial que pode ser produzido.

### **3.3 O volume de energia atual e estimativas de geração de energia solar pelo sistema elétrico público**

Ao somar o volume das empresas com o das residências a produção poderá ser de 100.382.112,30 KW.

$$\text{Volume total} = \text{Volume das empresas} + \text{Volume das residências (7)}$$

$$\text{Volume total} = 71.567.710,50 + 28.814.401,80 = 100.382.112,30 \text{ KW}$$

Sistema elétrico público disponibiliza atualmente 2.138.060 KW. A diferença entre o volume de energia que poderia ser gerado e o volume de energia disponível é de 98.244.052,30 KW. Portanto a produção pública que engloba energia térmica, hidrelétrica, fotovoltaica e eólica equivale a 2,13% do volume que poderia ser produzido através da geração distribuída.

O valor a ser economizado varia de acordo com o consumo no mês, assim como o valor a ser produzido mensalmente, pois este depende de alguns fatores como, por exemplo, o clima. Sendo assim, será considerado o volume total de 100.382.112,30 KW e uma

porcentagem de 80% para o volume a ser economizado e 20%<sup>1</sup> para o volume a ser adicionado à rede.

$$\text{Volume economizado} = 0,8 \times 100.382.112,30 = 80.305.689,84 \text{ KW (8)}$$

$$\text{Volume adicionado} = 0,2 \times 100.382.112,30 = 20.076.422,46 \text{ KW (9)}$$

Portanto o volume a ser economizado será de aproximadamente 80.305.689,84 KW e o volume a ser adicionado à rede será de 20.076.422,46 KW.

### **3.4 Economia no consumo e geração de renda a partir das empresas e residências geradoras de energia solar**

Segundo o portal solar a economia pode variar entre 50% e 95%. E para saber quanto será economizado por todos esses estabelecimentos será levado em consideração o valor da tarifa energética cobrada no Piauí que é de R\$0,58.

- Valor a ser cobrado sem o sistema instalado

$$\text{Valor empresarial} = 0,58 \times 71.567.710,50 = 41.509.272,09 \text{ reais (10)}$$

$$\text{Valor residencial} = 0,58 \times 28.814.401,80 = 16.712.353,044 \text{ reais (11)}$$

- Variação média da economia gerada pelas empresas

$$\text{Economia} = 0,50 \times 41.509.272,09 = 20.754.636,045 \text{ reais (12)}$$

$$\text{Economia} = 0,95 \times 41.509.272,09 = 39.433.808,48 \text{ reais (13)}$$

$$\text{Média} = \frac{20.754.636,045 + 39.433.808,48}{2} = 30.094.222,26 \text{ reais (14)}$$

- Variação média da economia gerada pelas residências

$$\text{Economia} = 0,50 \times 16.712.353,044 = 8.356.176,52 \text{ reais (15)}$$

$$\text{Economia} = 0,95 \times 16.712.353,044 = 15.876.735,39 \text{ reais (16)}$$

---

<sup>1</sup> Essa porcentagem foi escolhida para fins didáticos, visto que ela tende a mudar de acordo com a variação do consumo.

$$\text{Média} = \frac{8.356.176,52 + 15.876.735,39}{2} = 12.116.455,95 \text{ reais (17)}$$

Assim sendo, temos que o valor que poderá ser economizado pelas empresas será de R\$ 30.094.222,2625. E o valor que poderá ser economizado pelas residências será de R\$ 15.876.735,3918.

A estimativa da renda que poderá ser gerada se refere aos valores que serão obtidos ao subtrair o valor economizado do valor que seria pago se não houvesse o sistema solar fotovoltaico instalado.

Renda economizada = o valor que seria pago sem o sistema - valor economizado

- Renda que poderá ser gerada pelas empresas

$$\text{Renda empresarial} = 41.509.272,09 - 30.094.222,2625 = 11.415.049,82 \text{ reais (18)}$$

- Renda que poderá ser gerada pelas residências

$$\text{Renda residencial} = 16.712.353,044 - 12.116.455,9569 = 4.595.897,08 \text{ reais (19)}$$

Ao dividir esses valores pelas quantidades de estabelecimentos comerciais e domicílios será obtido o seguinte resultado:

- Renda média por estabelecimentos comerciais

$$\text{Renda média} = \frac{11.415.049,8275}{15.305} = 745,84 \text{ reais (20)}$$

- Renda média por domicílios

$$\text{Renda média} = \frac{4.595.897,0871}{8.002} = 574,34 \text{ reais (21)}$$

O valor médio que será economizado pelas empresas é de R\$ 745,84 e o valor médio que será economizado pelos domicílios será de R\$ 574,34.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Após analisar o potencial de produção de energia solar fotovoltaica no Litoral do Piauí, chegou-se a conclusão de que apenas 0,039% desse potencial são aproveitados pelas

empresas e que somente 0,074% são aproveitados pelas residências. Com isso podemos ver que ainda há muito a ser alcançado pela Geração Distribuída.

A diferença entre o volume que pode ser gerado e o volume que é disponibilizado pela rede pública atualmente é bastante considerável, mas muitas vezes não se é aproveitada devido à falta de divulgação de orientação e informação. Além disso, a energia que poderia ser injetada na rede pública superaria radicalmente a quantidade disponibilizada pelo sistema público.

A economia que isso geraria tanto para os empresários quanto para a população considerada, poderia ser aplicada na geração de mais empregos e melhorias nas instalações, ou seja, um desenvolvimento mais sustentável e uma renda que seria resultado da produção do sistema ao longo de sua vida útil que varia de vinte e cinco a trinta anos.

A capacidade geral da produção e do consumo da energia solar no Litoral do Piauí. Descrevendo o desenvolvimento da energia solar, investigando as potencialidades da energia solar no Litoral do Piauí, identificando a qualidade e quantidade do consumo da Energia Solar em empresas e residências no Litoral do Piauí e descrevendo sistemas de autofinanciamento.

O objetivo geral de investigar a capacidade geral da produção e do consumo da energia solar no Litoral do Piauí constatou que o estado, bem como o seu litoral, tem uma grande capacidade de geração e de produção que só precisa ser mais explorada para alcançar o seu potencial.

O Piauí é o décimo quinto estado do Brasil com maior potência instalada através da Geração Distribuída. Se mostrando muito propício para a produção e demonstrado que está interessado em subir nesse ranking, investindo cada vez mais nessa fonte renovável. Além de ter a maior usina de energia solar instalada em seu território.

O presente trabalho não pôde explorar todas as áreas importantes sobre o assunto e, por isso, deixa como possíveis assuntos para futuras pesquisas as potencialidades da energia solar para o agronegócio no Piauí ou na área rural do estado, as disponibilidades de financiamentos para a energia solar, analisar a possibilidade de a Geração Distribuída superar a Geração Centralizada, entre vários outros temas que podem ser abordados para ampliar o leque de estudos nessa área.

## REFERÊNCIAS

ABSOLAR. **Deixe o sol entrar**. Disponível em: <http://www.absolar.org.br/noticia/noticias-externas/deixe-o-sol-entrar-.html>. Acesso em: 21 mai. 2019.

ABSOLAR. **Infográfico ABSOLAR**. Disponível em: <http://www.absolar.org.br/infografico-absolar.html>. Acesso em: 10 dez. 2020.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Eólica**. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656877/15142444/E%C3%B3licas/17da6e32-b389-00bf-2d81-432b10cb9f6a?version=1.1>. Acesso em: 27 ago. 2019.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Glossário**. Resolução Normativa n. 418, de 23 de novembro de 2010 (Diário Oficial de 01 de dez. 2010, seção 1, p. 76) Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010418.pdf8> . Acesso em: 27 ago. 2019.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Hidrelétrica**. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656877/15142444/Hidrel%C3%A9tricas/93127788-7319-44ff-6f06-07f84656d6e7?version=1.1>. Acesso em: 25 ago. 2019.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Termelétricas - Biomassa**. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656877/15142444/Termel%C3%A9tricas+-+Biomassa/a5ca0637-aa0e-db0f-77fe-bd7d3f94c0dc?version=1.1>. Acesso em: 25 ago. 2019.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Energia solar**. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia\\_Solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf). Acesso em: 24 set. 2019.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Geração distribuída**. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/gd\\_estadual\\_detalhe.asp?uf=PI&pagina=1](http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/gd_estadual_detalhe.asp?uf=PI&pagina=1). Acesso em: 04 abr. 2020.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Usina nuclear**. Resolução Normativa n. 674, de 11 de agosto de 2015 (Diário Oficial, de 18 ago. 2015, seção 1, p. 82).

Disponível em:

[https://www.aneel.gov.br/busca?p\\_p\\_id=101&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=maximized&p\\_p\\_mode=view&\\_101\\_struts\\_action=%2Fasset\\_publisher%2Fview\\_content&\\_101\\_returnToFullPageURL=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fbusca%3Fp\\_auth%3DwGCZPA3x%26p\\_p\\_id%3D3%26p\\_p\\_lifecycle%3D1%26p\\_p\\_state%3Dnormal%26p\\_p\\_state\\_rcv%3D1&\\_101\\_assetEntryId=15863190&\\_101\\_type=content&\\_101\\_groupId=656835&\\_101\\_urlTitle=usina-nuclear&inheritRedirect=true](https://www.aneel.gov.br/busca?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fbusca%3Fp_auth%3DwGCZPA3x%26p_p_id%3D3%26p_p_lifecycle%3D1%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_state_rcv%3D1&_101_assetEntryId=15863190&_101_type=content&_101_groupId=656835&_101_urlTitle=usina-nuclear&inheritRedirect=true). Acesso em 21 dez 2020.

BLUE SOLAR. **Energia Solar Residencial: Por que Você Deveria Pensar em Utilizar**.

Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/energia-solar-residencial-uma-otima-opcao/>. Acesso em: 3 abr. 2020.

BLUESOL. **Entendendo as vantagens e desvantagens da energia solar**. Disponível em:

<https://blog.bluesol.com.br/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar/>. Acesso em: 30 set. 2019.

BLUESOL. **Financiamento de energia solar**. Disponível em:

<https://blog.bluesol.com.br/financiamento-de-energia-solar/>. Acesso em: 10 dez. 2020.

CIÊNCIAS. **Energia elétrica e eletricidade**. Disponível em: <http://www.almirjr.com/wp-content/uploads/2015/09/Geração-de-Energia.pdf>. Acesso em: 27 set. 2019.

COLAFERRO, José Renato. **Financiamento de Energia Solar: As 9 Melhores Linhas Para Você Obter o Melhor Retorno Financeiro Com o Seu Sistema**. 16 mar. 2020. Disponível em:

<https://blog.bluesol.com.br/financiamento-de-energia-solar/>. Acesso em: 19 dez. 2020.

DATASEBRAE. **Total de empresas**: painel interativo. Disponível em:

<https://datasebrae.com.br/pi/>. Acesso em: 12 jan. 2021.

ECO.A. **Vantagens e desvantagens da energia solar**. Disponível em:

<https://ecoa.org.br/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar/>. Acesso em: 30 set. 2019.

ENERGIA HELIOTÉRMICA. **O que é energia heliotérmica.** Disponível em:  
<http://energiaheliotermica.gov.br/pt-br/energia-heliotermica/o-que-e-energia-heliotermica>.  
Acesso em: 27 set. 2019.

ESTUDO PRÁTICO. **Energia solar no Brasil.** Disponível em:  
<https://www.estudopratico.com.br/energia-solar-no-brasil/>. Acesso em: 17 mai. 2019.

HADDAD, Jamil. **Energia elétrica: CONCEITOS, QUALIDADE E TARIFAÇÃO.** 1. ed. Rio de Janeiro: Procel Indústria, 2004.

HIDROENERGIA. **Geração de energia.** Disponível em: <http://www.hidroenergia.com.br/as-5-maiores-fontes-de-energia-eletrica-no-brasil/>. Acesso em: 26 ago. 2019.

IBGE. **Censo** – domicílios por cidade. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 21 jan.2021.

MME. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Energia solar no Brasil.** Disponível em:  
<http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/17+-+Energia+Solar+-+Brasil+e+Mundo+-+ano+ref.+2015+%28PDF%29/4b03ff2d-1452-4476-907d-d9301226d26c;jsessionid=41E8065CA95D1FABA7C8B26BB66878C9.srv154>. Acesso em: 30 mai. 2019.

MME. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Resenha energética brasileira. Disponível em:  
<http://www.mme.gov.br/documents/36208/948169/Resenha+Energ%C3%A9tica+Brasileira+-+edi%C3%A7%C3%A3o+2020/ab9143cc-b702-3700-d83a-65e76dc87a9e>. acesso em: 21 dez 2020.

MORAES, Albemerc Moura de; Trigos, Frederico B. Morante. **A tecnologia solar fotovoltaica no semi-árido piauiense:** estudo de caso, São Paulo, 24 maio 2019. E-book. Disponível em: <https://www.osti.gov/etdweb/servlets/purl/21379924>. acesso em: 18 ago. 2019.

MORAES, Albemerc Moura de. **Energia Solar fotovoltaica no Piauí: barreiras e potencialidades**. Teresina: EDUFPI, 2013. E-book. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/311962984\\_Energia\\_Solar\\_fotovoltaica\\_no\\_Piaui\\_barreiras\\_e\\_potencialidades](https://www.researchgate.net/publication/311962984_Energia_Solar_fotovoltaica_no_Piaui_barreiras_e_potencialidades). acesso em: 15 ago.2019.

MULTITECH ECOSYSTEMS. **Como a energia solar pode trazer resultados financeiros para as empresas?**. Disponível em: <https://multitechecosystems.com.br/como-energia-solar-traz-resultados-financeiros-para-empresas/>. Acesso em: 3 abr. 2020.

NEOSOLAR. **Energia solar térmica** . Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/energia-solar-termica>. Acesso em: 27 set. 2019.  
 PORTAL ENERGIA . **Vantagens e desvantagens da energia solar**. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar/>. Acesso em: 17 mai. 2019.

PIAUI. Governo do Estado. **Piauí chega a marca de 100 plantas de geração de energia**. Disponível em: <https://www.pi.gov.br/noticias/piaui-chega-a-marca-de-100-plantas-de-geracao-de-energia/#:~:text=o%20piaui%20ad%20alcan%20a7ou%20a%20marca,%20mais%201.110.530%20kw>. Acesso em:12 jan. 2021.

REIS, Pedro. Portal energia. **Fontes energia renováveis e não renováveis. Portal energia** . Disponível em: <https://www.portal-energia.com/fontes-de-energia/>. Acesso em: 17 mai. 2019.

PORTAL SOLAR. **Energia fotovoltaica**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/energia-fotovoltaica.html>. Acesso em: 28 set. 2019.

PORTAL SOLAR. **Energia solar no Brasil**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-no-brasil.html>. Acesso em: 17 mai. 2019.

PORTAL SOLAR. **Energia Solar**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/o-que-e-energia-solar-.html>. Acesso em: 27 ago. 2019.

PORTAL SOLAR. **História e origem da Energia Solar**. Disponível em:  
<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/historia-origem-da-energia-solar.html>. Acesso em: 31 ago. 2019.

PORTAL SOLAR. **Tipos de energia solar**. Disponível em:  
<https://www.portalsolar.com.br/tipos-de-energia-solar.html>. Acesso em: 17 mai. 2019.

PORTAL SOLAR. **Vantagens e desvantagens da energia solar**. Disponível em:  
<https://www.portalsolar.com.br/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar.html>. Acesso em: 30 set. 2019.

Praxedes, Gilmar; Jacques, Vinicius. **O princípio de conservação da energia: a convergência dos diferentes sentidos**. 2009. VIIEnpec, Nov,2009. Disponível em:  
<http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/viienpec/VII%20ENPEC%20-%202009/www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/1445.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2019.

REIS, Lineu Belico dos. **Geração de energia elétrica**. 2. Ed. São Paulo: Manole, 2011.

SHAYANI, Rafael Amaral. **Método para determinação do limite de penetração da geração distribuída fotovoltaica em redes radiais de distribuição**. 2010. Tese (doutorado em engenharia elétrica) – Universidade de Brasília, Brasília, 2010.