



**Universidade de Brasília**

**MARIANA CORTOPASSI SALES DIAS**

A VIABILIDADE DO APORTE DE CAPITAL EM USINAS SOLARES  
FOTOVOLTAICAS COMO ALTERNATIVA DE INVESTIMENTO.

Trabalho de Curso (TC)  
apresentado para a conclusão do  
curso de Administração da UnB –  
Universidade de Brasília

Orientador: José Carneiro

Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Economia

Brasília

2019

## **Resumo**

Quanto mais o tempo passa, mais energia é necessária para a sobrevivência humana. Sabe-se que, com o advento de carros elétricos, por exemplo, a energia disponível ficará mais escassa. Nesse sentido, tornam-se necessárias novas formas de geração de energia. Com a existência de eventos como o aquecimento global agravado por certos processos de geração de energia elétrica, torna-se necessária uma solução renovável. Surge a energia solar fotovoltaica como uma forma descentralizada de diversificação da matriz energética. A partir disto, percebe-se que o investimento em auto geração de energia gera economia tornando-se, assim, atrativo a longo prazo. O presente trabalho tem como objetivo analisar, a partir do cálculo do custo de capital e do fluxo de caixa descontado, a viabilidade do aporte de capital em usinas solares fotovoltaicas como forma alternativa de investimento de uma usina de 408,7 kilo-Watt-pico de potência.

**Palavras-chave:** Energia solar fotovoltaica, diversificação da matriz energética, investimento financeiro.

## **Abstract**

As time passes, more energy is necessary for human survival. It is known, that with electric car advances for example, the available energy will become more sparse. In this regard, new ways of energy generation become necessary. With the existence of events such as global warming aggravated by certain processes of energy generation, a new renewable solution becomes necessary. The photovoltaic solar energy arises as a decentralized way of energetic matrix diversification. With that in mind, it becomes noticeable that the investment in auto generation of energy stimulates the economy and is then seen as a long term appeal. The present work has as a goal, to analyse, starting from the calculation of capital cost e from the deducted cash flow, the viability of the capital contribution in photovoltaic solar power plants as an alternative way of investment from a 408,7 kilo-Watt-power peak power plant.

**Key-words:** Photovoltaic solar energy, diversification of the energy matrix, financial investment.

## Sumário

1.	Introdução.....	8
2.	Objetivos.....	9
2.1.	Objetivo Geral.....	9
2.2.	Objetivos Específicos.....	9
3.	Referencial Teórico.....	10
3.1.	Matriz Energética Brasileira.....	10
3.2.	Energias Não Renováveis.....	10
3.2.1	Energia Termelétrica.....	10
3.2.1.2	Biocombustíveis: Etanol e Biodiesel.....	12
3.2.2.	Energia Nuclear.....	13
3.3.	Energias Renováveis.....	17
3.3.1.	Energia Hidrelétrica.....	18
3.3.2.	Energia Eólica.....	21
3.3.3.	Energia Solar Fotovoltaica.....	22
4.	Metodologia.....	32
4.1.	Junção de clientes reais para a criação de um consórcio de 408,70 kWp (quilowatts pico), cálculo da potência estimada e quantidade de módulos solares fotovoltaicos .....	32
4.2.	<i>Capital Asset Pricing Model (CAPM)</i> .....	34
5.	Conclusão.....	39
6.	Sugestões para futuras pesquisas.....	39
7.	Referências.....	40

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura I- modelo de reator .....	14
Figura II: Radiação Solar Global Horizontal Média Anual .....	23
Figura III- Etapas de reciclagem dos componentes solares fotovoltaicos.....	29
Figura IV- Horas de Sol Pleno de Brasília.....	33

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

Gráfico I- Oferta Interna de Energia Elétrica, por fonte (%).....	10
Gráfico II- Potencial na redução percentual da emissão de GEE pelo uso de biocombustíveis.....	13
Gráfico III- Oferta de energia primária por fonte no Brasil.....	18
Gráfico IV- Comparação da matriz energética (%) brasileira com a matriz energética (%) no mundo no ano de 2016 em ktep (kilo toneladas equivalentes de petróleo) e gWh (gigawatts/hora).....	20
Gráfico V- Preços dos painéis solares fotovoltaicos por ano no mundo.....	30

## **ÍNDICE DE TABELAS**

Tabela I- Combustíveis e Potências de Usinas Termoeletricas no Brasil.....	12
Tabela II- Comparação entre orçamentos da mesma empresa fornecedora de sistemas solares fotovoltaicos em um intervalo de 408 (quatrocentos e oito) dias.....	31
Tabela III- Clientes reais e suas especificações.....	32
Tabela IV – Resultados .....	37

## **ÍNDICE DE QUADROS**

Quadro I- Opções de destinação dos componentes solares fotovoltaicos.....	29
---	----

## 1. INTRODUÇÃO

Em 2016, o MME divulgou que a matriz energética brasileira é composta por mais de 40% de fontes renováveis, enquanto a média mundial é de 21,7%. Apesar disso, até o ano de 2018, a energia solar representava apenas 0,5% da matriz brasileira. Apesar de o Brasil possuir a Bacia Amazônica, considerada a rede hidrográfica mais extensa do mundo (Governo do Brasil, 2009), não se pode desconsiderar o fato do potencial de aproveitamento da energia solar no Brasil ser muito grande. Levando em consideração que a radiação solar de Santa Catarina, estado brasileiro com a menor taxa de insolação, é quatro vezes maior que a taxa da Alemanha, país líder no aproveitamento de energia solar, percebem-se grandes oportunidades de investimentos visando a diversificação a matriz energética (BANDEIRA, 2012).

Todas as formas de geração geram algum impacto, logo uma forma de evitar fortes impactos de uma só fonte de energia seria a diversificação da matriz energética aproveitando a complementaridade entre as fontes de energia, um exemplo seria que nos períodos de menor oferta pluviométrica, a energia solar fotovoltaica pode ser ideal para manter o fluxo de energia da matriz. Com a chegada de carros elétricos ao mercado automobilístico, acredita-se que haverá um aumento da demanda tornando necessária uma produção maior de energia (Assad, 2019).

Segundo Assad (2019), existem diversos processos para a geração de energia elétrica, sendo todos baseados na conversão de formas de energia. Neste trabalho foram abordadas vantagens desvantagens e aspectos da utilização no Brasil de cinco processos: termelétrico, nuclear, hidrelétrico, eólico e solar fotovoltaico.

A partir da junção de empresas reais, foi criada e analisada uma usina hipotética com potência de 408,7 (quatrocentos e oito ponto sete) kilo-Watt-pico. A partir dos valores para investimento em uma usina deste porte, calculou-se o custo de capital a ser remunerado na usina e, a partir dos cálculos de Fluxo de Caixa Descontado, o investimento em um consórcio de energia solar fotovoltaica mostrou-se rentável.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral do presente trabalho é analisar a estrutura econômico-financeira de consórcios solares fotovoltaicos, como forma alternativa de investimento.

### **2.2 Objetivos específicos**

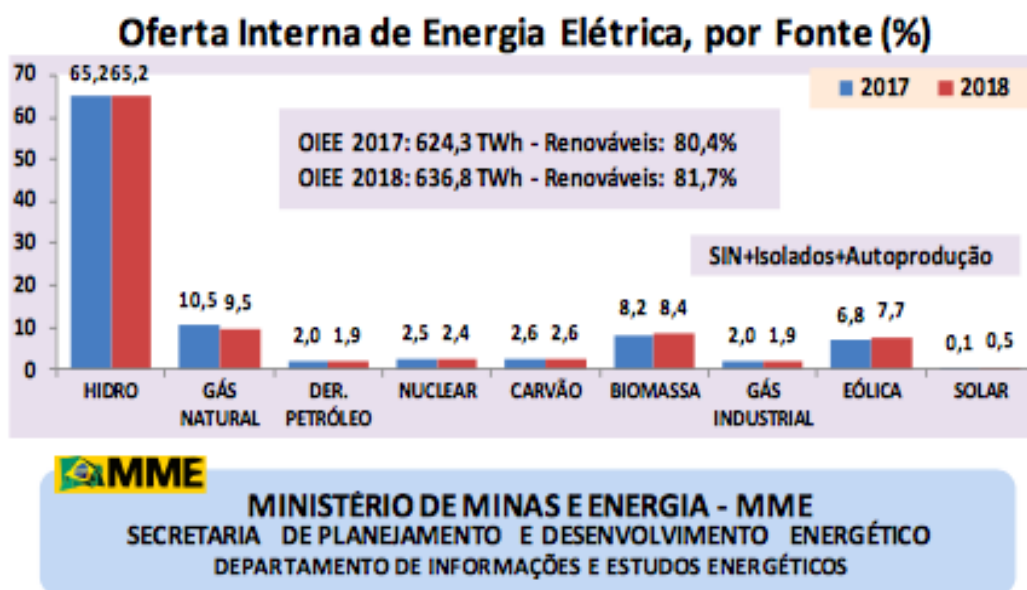
- Apresentar clientes reais e suas contas de energia visando chegar a 408 kWp;
- Apresentar o preço total de uma usina solar fotovoltaica da potência necessária;
- Estimar, por meio do CAPM, o custo de oportunidade do capital.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Matriz Energética Brasileira

Segundo Vichi e Mansor (2009), entende-se por matriz energética uma descrição de toda a produção e consumo de energia de determinado país evidenciando suas fontes de produção. O Ministério de Minas e Energia (MME) publica boletins mensais de energia, os denominados BME's, onde são descritas as porcentagens aproximadas de energia elétrica ofertadas por cada matriz fazendo uma comparação com os meses anteriores. A imagem abaixo demonstra a oferta interna de Energia Elétrica por fonte (%) durante o mês de Julho (2018).

Gráfico I- Oferta Interna de Energia Elétrica, por fonte (%)



Boletim mensal de energia – Julho de 2018 – Ministério de Minas e Energia

A seguir, apresentar-se-à um resumo sobre as diferentes formas de energia utilizadas no Brasil segmentadas a partir de sua matéria prima.

#### 3.2 Energias não-renováveis

##### 3.2.1 Energia Termelétrica

Segundo Lima; Souza (2015), uma usina se caracteriza como termelétrica quando tem sua produção de energia elétrica a partir da queima de combustíveis fósseis ou outras fontes de calor. O calor aquece uma caldeira cheia d'água gerando vapor em alta pressão e temperatura que é responsável por movimentar a turbina do gerador a partir de sua expansão produzindo a energia elétrica que será transportada a partir de linhas de alta tensão. Ao final do processo, o vapor d'água

é enviado a um condensador transformando-se em água no estado líquido sendo, assim, reenviada à caldeira e iniciando um novo ciclo.

De acordo com os mesmos autores, a principal vantagem de tal tipo de energia se dá pelo fato de a energia ser produzida sem interrupções independente das forças da natureza. Outras vantagens citadas pelos autores são: a rápida construção e baixo custo de implantação, grande disponibilidade de combustíveis e facilidade na transmissão já que as mesmas podem ser construídas próximas aos centros urbanos, ou seja, a energia perdida nas linhas de transmissão se torna menor. Silva, Shayani e Oliveira (2018) citam a vantagem de as usinas ocuparem áreas relativamente pequenas e possuírem uma flexibilidade operacional.

A energia advinda da queima de combustíveis é uma grande contribuinte do efeito estufa e de chuvas ácidas pelo fato de os gases serem soltos na atmosfera. Outra desvantagem é que apesar de o custo de implantação de uma usina termelétrica ser baixo, o custo final da energia elétrica é fortemente elevado devido aos altos preços dos combustíveis fósseis utilizados. Há também a questão da baixa eficiência na conversão: menos de 50% da energia térmica colocada na usina é convertida em energia elétrica (LIMA; SOUZA; 2015 apud. Ambiente Brasil). Segundo Silva, Shayani e Oliveira (2018), o consumo de água da usina em questão se torna muito elevado pelo fato de as mesmas serem dotadas de tecnologias de resfriamento.

A energia termelétrica brasileira é utilizada de forma estratégica funcionando como uma matriz energética complementar à hidrelétrica. Sabendo de todas as desvantagens deste método de transformação de energia mas entendendo sua importância, a central brasileira dispõe de uma chaminé de grande altura e alguns precipitadores responsáveis pela retenção de resíduos advindos da combustão (LIMA; SOUZA; 2015 apud. Ambiente Brasil).

Tendo em vista o fato da energia advinda das usinas termelétricas ser a segunda mais abundante no Brasil (vide tabela 1) sendo os combustíveis mais utilizados em ordem: gás natural, biomassa, carvão e nuclear. Silva, Shayani e Oliveira (2018) afirmam que o carvão tem se tornado uma importante opção no sistema elétrico nacional pelo fato de estar disponível em abundância além de ter preços razoáveis no sul do Brasil. Na tabela a seguir, tem-se os combustíveis e suas respectivas potências fiscalizadas, ou seja, a potência considerada a partir da

operação comercial da primeira unidade geradora, no Brasil no ano de 2017 (ANEEL, 2017).

**Tabela I- Combustíveis e Potências de Usinas Termelétricas no Brasil**

<b>Usinas Termelétricas no Brasil</b>		
<b>Combustível</b>	<b>Potência Fiscalizada (kW)</b>	<b>Porcentagem</b>
Bagaço de cana de Açúcar	11.042.010	27,0%
Biogás	124.305	0,3%
Calor de Processo	211.700	0,5%
Capim Elefante	65.700	0,2%
Carvão Mineral	3.317.465	8,1%
Carvão Vegetal	41.197	0,1%
Casca de Arroz	45.333	0,1%
Gás de Alto Forno - Biomassa	114.265	0,3%
Gás de Alto Forno - CM	390.130	1,0%
Gás de Refinaria	315.560	0,8%
Gás Natural	12.977.729	31,7%
Lenha	14.650	0,04%
Licor Negro	2.261.136	5,5%
Óleo Combustível	4.057.993	9,9%
Óleo Diesel	4.692.838	11,5%
Óleos vegetais	4.350	0,01%
Outros Energéticos de Petróleo	980.328	2,4%
Resíduos Florestais	386.100	0,9%
<b>Totais</b>	<b>41.042.790</b>	<b>100%</b>

Fonte: Silva, Shayani e Oliveira (2018)

As termelétricas a gás natural, fontes menos agressivas ao meio ambiente, são as mais utilizadas atualmente, seguido do bagaço da cana de açúcar, que vem sendo utilizado nas usinas de etanol e açúcar para cogeração de energia elétrica e calor (Silva; Shayani; Oliveira, 2018).

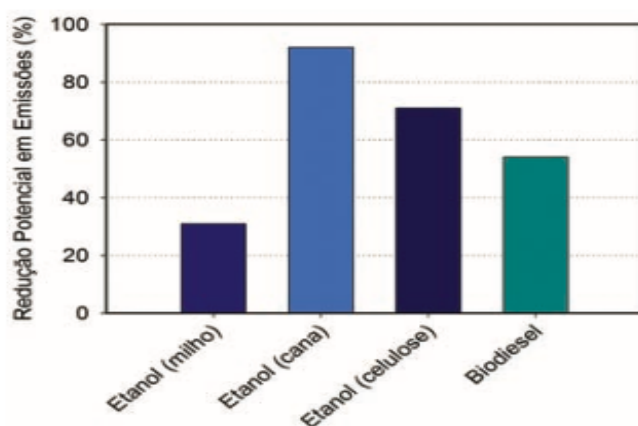
### **3.2.1.2 Biocombustíveis: Etanol e Biodiesel**

Biocombustíveis nada mais são do que combustíveis renováveis produzidos a partir de matérias primas biológicas como etanol, biodiesel e biogás. A matéria prima mais utilizada pelo Brasil é o Etanol, no qual o país está entre os maiores produtores mundiais principalmente o etanol produzido a partir da cana de açúcar que se torna mais viável economicamente do que o etanol produzido a partir do milho, especialidade dos Estados Unidos, pelo fato de não precisar passar pela etapa da transformação do amido em açúcar. O segundo biocombustível muito utilizado no Brasil é o biodiesel o qual tem forte crescimento no mundo tendo como vantagem o desenvolvimento da agricultura pelo fato de sua produção ser feita a

partir do óleo vegetal, animal ou até mesmo a partir da reutilização do óleo (Vichi e Mansor, 2009).

A utilização dos biocombustíveis pode levar a uma drástica redução dos gases responsáveis pelo efeito estufa (GEE) mas ainda questionam-se os possíveis danos ambientais pelo fato de um aumento na produção dos biocombustíveis ocasionar alterações nos padrões de uso dos solos. Um estudo demonstrou que um aumento de 75% na produção de etanol derivado do milho nos Estados Unidos levaria a uma transição de 12,8 milhões de hectares (ha) de outras lavouras para a produção do milho.

**Gráfico II- Potencial na redução percentual da emissão de GEE pelo uso de biocombustíveis**



*Vichi e Mansor (2009)*

Pelo fato de causar alterações nos padrões de uso dos solos, os ecossistemas podem ser altamente prejudicados tendo em vista o fato de uma grande parte das lavouras em questão estarem situadas em pontos de alta biodiversidade como por exemplo a Soja e a Cana-de-açúcar no Cerrado. Ademais, existe o potencial de elevação no preço dos alimentos devido ao desvio, por exemplo, do milho para a produção de etanol ou no caso da cana que passa a utilizar áreas cultivadas anteriormente com alimentos (VICH E MANSOR; 2009).

### **3.2.2 Energia nuclear**

A geração de energia elétrica, uma das principais utilizações da energia nuclear, se dá a partir do gás Urânio enriquecido cerca de 3,5% e em forma de pastilhas colocada em cilindros metálicos os quais formam os elementos combustíveis do núcleo reator. A energia nesse sistema é produzida a partir do

calor gerado pela fissão dos átomos de urânio dentro do reator. Tal calor é responsável por movimentar o vapor de água que, por sua vez, movimenta a turbina produzindo, assim, eletricidade. A imagem abaixo retrata o processo (GONÇALVES, ALMEIDA; 2018).

Figura I- modelo de reator

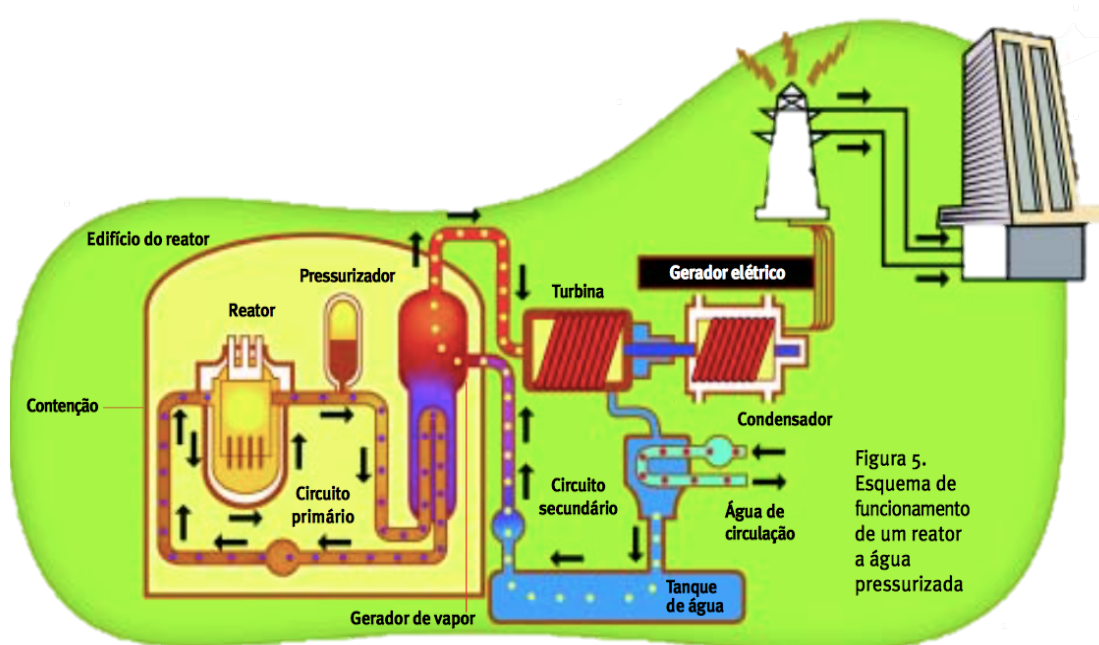


Figura 5.  
Esquema de funcionamento de um reator a água pressurizada

Fonte: Gonçalves, Almeida; 2018)

A autora Cravens (2007) afirma que houveram dois motivos para que começasse a considerar a energia nuclear uma ótima alternativa para fornecimento de energia elétrica. A mesma denominou esses motivos de:

- *“base load”*: carga de base em tradução livre, refere-se ao fato de a energia nuclear não necessitar de um fator específico de clima para funcionar. Sendo assim, a autora conclui que *“faça chuva ou faça sol”*, a quantidade acordada de energia sempre será entregue aos clientes.
- *“footprint”*: pegada em tradução livre, consiste na afirmação de que uma usina nuclear de mil megawatts necessita de menos de 1 km<sup>2</sup>, ou seja, o espaço necessário para que energia seja gerada é insignificante perto das outras formas de energia.

Segundo Carvalho (2012), a emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera é pequena pois o funcionamento da usina em si não emite o referido gás poluente, a emissão do mesmo para este tipo de energia se dá nas etapas do ciclo do combustível nuclear sendo, assim, pouco poluente.

O mesmo autor afirma que a energia nuclear vem de finitas reservas de minérios nucleares além de sua exploração ser dependente de combustíveis derivados do Petróleo. Outro impacto ambiental considerado é o de que os rejeitos nucleares permanecem no sítio da usina trinta anos após serem retirados do reator. Após esse tempo eles emitem cerca de 6% da radiação que emitiam porém os mesmos não têm uma logística reversa eficiente colocando, assim, a vida humana em risco. Veiga (2018) afirma que os rejeitos radioativos podem ser classificados como:

- Baixa atividade: os quais podem ser manipulados sem necessidade de blindagem;
- Média atividade: exigem blindagem para a proteção dos operadores;
- Alta atividade: além de blindagem, requerem resfriamento por longos períodos.

As usinas têm um programa de proteção contra terroristas porém não é impossível dos mesmos tomarem controle colocando, assim, a população em grande perigo de ameaças de dispersão aos produtos de fissão extremamente ativos e tóxicos ali existentes (CARVALHO, 2012).

Desde o início da implantação de diversas usinas nucleares no mundo ocorreram dois principais incidentes os quais fizeram com que a confiança na utilização de tal energia como forma alternativa de geração de energia elétrica ficasse fortemente abalada. O primeiro imprevisto, segundo Merçon e Quadrat (2015) ocorreu nos Estados Unidos em Three-Mile Island, Pensilvânia, no ano de 1979 onde um problema na refrigeração do sistema fez com que um reator fundisse liberando, assim, uma pequena quantidade de radioatividade na atmosfera. Felizmente não houveram vítimas fatais pois as pessoas ao redor da usina foram evacuadas a tempo. Sete anos após tal desastre, em Chernobyl (Ucrânia) ocorre o que, segundo Xavier et al. (2007), pode ser considerado o mais grave acidente nuclear da história. O acidente ocorreu a partir da explosão de um dos quatro reatores da usina nuclear soviética gerando uma reação em cadeia incontrolável liberando na atmosfera o que Goldemberg (2011) afirma ser igual a 400 vezes a radioatividade liberada em Hiroshima expondo, assim, aproximadamente 8.400.000 pessoas à radiação. As chamas foram extintas a partir da mistura de areia, argila, dolomita, boro e chumbo jogadas por helicópteros e, após isso, a unidade do setor foi selada com aço e concreto. Foram distribuídos comprimidos de iodeto de potássio visando diminuir a presença da radioatividade

principalmente na tireoide dos atingidos, porém até hoje há consequências como a radioatividade ainda presente nas chuvas e os altos índices de câncer de tireoide da população em questão.

Segundo Carvalho (2012), a história da utilização da energia nuclear no Brasil começou em 1930 quando professores europeus foram contratados para lecionar na recém fundada Universidade de São Paulo. Em 1956 alguns físicos da seção de Física da Faculdade de Sociologia e engenheiros da Escola Politécnica foram transferidos para o IEA (Instituto de Energia Atômica) que, em 1979 passou a se chamar Ipen (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares). Entre as décadas de 1940 e 1960, no Rio de Janeiro, o governo federal criou o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, o Conselho Nacional de Pesquisas, a Comissão Nacional de Energia Nuclear, o Instituto de Radioproteção e Dosimetria e o Instituto de Energia Nuclear

Atualmente, a energia advinda das usinas nucleares é responsável por 17% do abastecimento energético mundial assim como a energia advinda de hidrelétricas e por gás. Os países que atualmente tem a sua maior reserva de energia advinda do urânio são a França (78%) e a Bélgica (57%). Atualmente o Brasil domina todo o processo de fabricação de combustível para usinas nucleares porém comercialmente a conversão e o enriquecimento ainda são realizados no exterior (GONÇALVES; ALMEIDA, 2018).

Segundo Carvalho (2012; 1987), a decisão de implantar uma central nuclear no Brasil foi tomada em 1971, criando-se, assim, a Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear a qual, em 1975, foi extinta dando lugar à Nuclebras, responsável pelas negociações que deram origem ao acordo nuclear com a Alemanha. Tal acordo promoveu, a partir das tecnologias alemãs, o desenvolvimento da energia nuclear no Brasil coordenando a importação de equipamentos e treinamento de pessoal para as usinas de Angra dos Reis e a criação de uma fábrica de componentes pesados em Itaguaí – Rio de Janeiro.

A primeira usina nuclear brasileira em funcionamento foi a denominada Angra I: localizada no município de Angra dos Reis no estado do Rio de Janeiro gerando energia desde o ano 1985 com uma potência de 657 megawatts e autorização para operar por trinta anos. No ano 2000 entrou em funcionamento a usina Angra II com uma potência de 1350 megawatts e autorização para funcionar durante 40 anos. Em 2001 as duas usinas juntas geraram 14.352 gigawatt-hora evitando, assim, emissões entre 7 e 14 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> na atmosfera.



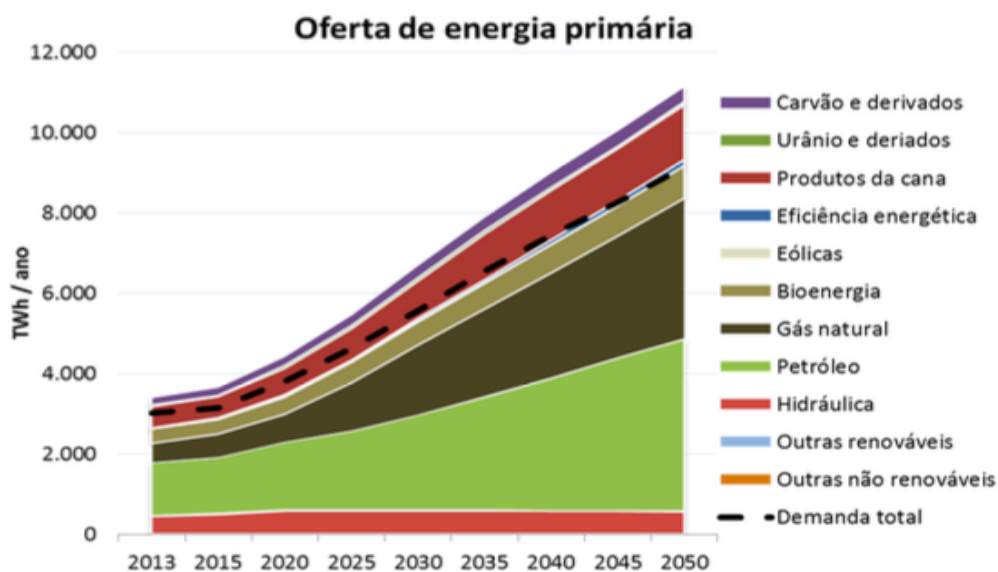
Hoje há uma terceira usina: Angra III em construção com uma potência ainda maior (VEIGA; 2018).

A segurança operacional das usinas de Angra dos Reis é tida como fator de principal importância. Segundo Veiga (2018), existem três preocupações fundamentais: a possibilidade de liberação de radioatividade o que levou à construção de barreiras de 70 cm de concreto em volta do prédio do reator e internamente uma capa esférica de aço com 3 cm de espessura. As usinas em questão contam com um grande reservatório de água borada a qual absorve nêutrons visando desligar e resfriar o reator em casos de perda de controle gerando uma reação superaquecida podendo resultar até em uma explosão. A terceira preocupação está ligada ao descarte dos rejeitos radioativos após tratamento sendo ele de acordo com a categoria em que o lixo atômico se enquadra. Se for de baixa ou média atividade, os mesmos ficam em tambores estocados em depósitos até que se inaugure o repositório definitivo prometido para 2026. Já os rejeitos de alta atividade ainda não tem uma solução definitiva para o problema de logística reversa desses equipamentos.

### **3.3 Energias Renováveis**

Segundo Jardim (2007), são consideradas renováveis aquelas energias cujas fontes não se esgotam sendo consideradas “energias alternativas” à matriz atual pela disponibilidade futura garantida e pelo menor impacto ambiental. As energias denominadas “limpas” não são totalmente limpas pois todas geram impactos econômicos ambientais e sociais em menores níveis. A integração de fontes de energia renováveis na matriz energética nacional se tornou inevitável devido à mudança climática e à necessidade de redução da emissão de gases do efeito estufa visando um crescimento seguro, econômico e em conformidade com as leis ambientais. A imagem a seguir retrata a oferta de energia primária prevista para os próximos trinta anos retratando o grande aumento no fornecimento de energia principalmente de energias renováveis (SILVA, SHAYANI E OLIVEIRA; 2018).

Gráfico III- Oferta de energia primária por fonte no Brasil



Fonte: Silva, Shayani e Oliveira (2018)

### 3.3.1 Energia Hidrelétrica

A quantidade de produção de energia mecânica em uma usina hidrelétrica (UHE) varia de acordo com a vazão turbinável, ou seja, a vazão de água utilizada para acionar a turbina hidráulica que, a partir da movimentação do Rotor e das interações eletromagnéticas que ocorrem no gerador, produz a energia elétrica. Ao final do ciclo, segundo o Portal Biossistemas Brasil (2019), a energia é levada aos consumidores a partir das linhas de transmissão e a água volta ao meio ambiente da mesma forma que estavam no início do processo. Ressalta-se que o sistema hidrelétrico é composto por demais componentes como as barragens, cuja função principal é represar a água e aumentar o nível da mesma, as casas de força responsáveis por acomodar e garantir a segurança dos equipamentos elétricos, turbinas, canal, duto, gerador e linhas de transmissão (BELICO, 2011).

As usinas hidrelétricas podem ser classificadas de acordo com diversos quesitos. A classificação, a partir do uso das vazões naturais, pode ser de usina fio d'água, as quais não regularizam a vazão, como a usina de Itaipu; usina com reservatório de acumulação, as quais tem uma vazão firme maior do que a mínima natural; ou usina reversível as quais geram energia para satisfazer a carga máxima e bombeiam para um reservatório a montante para posterior utilização. A classificação quanto à potência classifica em micro (potência menor ou igual a 100 kW), mini (potência maior que 100 kW até 1000 kW), pequena (potência maior que 1000 kW até 30.000 kW), média (potência maior que 10.000 kW até 100.000 kW)

ou grande (potência maior ou igual a 100.000 kW). A divisão básica das usinas hidrelétricas se dá por três grupos dependendo de seu porte: as grandes UHEs, médias UHEs e pequenas centrais hidrelétricas (PCHs). Ressalta-se uma característica muito importante deste tipo de sistema: a recapacitação de usinas próximas ou após a sua data limite de funcionamento (BELICO, 2011).

As principais vantagens das hidrelétricas se dão pelo fato da produção de energia a partir da água, classificada como uma fonte renovável de energia pois se renova pelo ciclo hidrológico e pode ser reutilizada, não poluir o ar, não gerar produtos tóxicos e, segundo estudos recentes, terem a capacidade de absorver gases do efeito estufa. As hidrelétricas também têm vantagens econômicas levando em consideração sua ótima relação custo/benefício, baixo custo do megawatt e por se classificarem como um investimento a longo prazo com seu funcionamento de até cem anos, segundo a Eletrobrás (2019). Segundo Vichi e Mansor (2009), algumas outras vantagens da energia hidráulica são que a mesma apresenta importantes benefícios econômicos como os baixos custos operacionais e a independência das flutuações dos preços do petróleo.

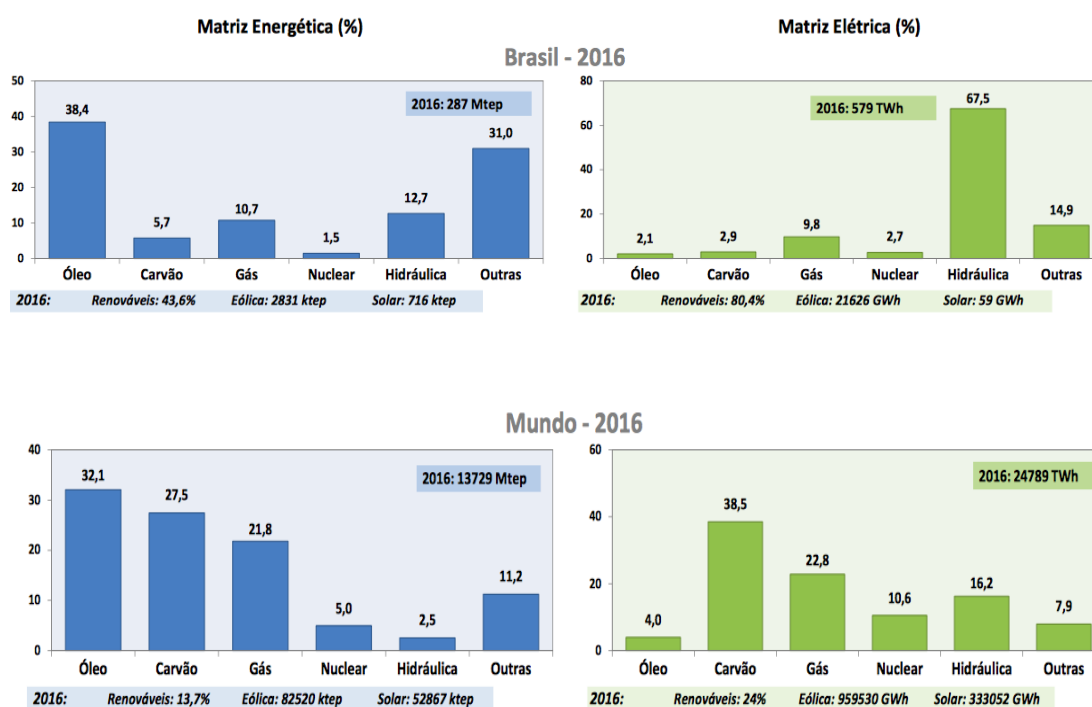
Segundo Filippim, E. S. et al. (2013), os impactos ambientais da construção de usinas hidrelétricas são o alagamento de áreas próximas ao sistema e o aumento do nível dos rios. Além dos impactos anteriormente citados, um impacto muito importante a ser ressaltado são os conflitos socioambientais decorrentes da implantação de um sistema de usina hidrelétrica inundando florestas e obrigando povos a se deslocar e mudar a forma como vivem como no caso da UHE Balbina localizada no rio Uatumã na Amazônia Central, além do perigo de desabamento das barragens (RODRIGUES; FEARNSIDE, 2014). Segundo Itaipu (2019), outros impactos são perdas de vegetação e da fauna terrestres, interferência na migração dos peixes e alterações na fauna do rio. Vichi e Mansor (2009) afirmam que o custo de implementação desta matriz de energia elétrica se torna muito alto ao se comparar com outras formas de geração. Outras desvantagens citadas pelos autores seriam o tempo moderadamente longo entre a concessão e a operação das usinas e a dependência de um regime regular de precipitações.

Segundo a Universidade de São Paulo (2018), com 12% da água doce superficial do planeta e 12 bacias hidrográficas, o Brasil é considerado um dos países com a maior rede fluvial. Existem numerosas usinas hidrelétricas instaladas no país responsáveis por aproximadamente 70% da energia disponível para consumo no Brasil sendo, em ordem decrescente as usinas que mais geram

energia: Usina Hidrelétrica de Itaipu (Paraná) , Usina Hidrelétrica de Belo Monte (Pará), Usina Hidrelétrica São Luiz do Tapajós (Pará), Usina Hidrelétrica de Tucuruí (Pará) e Usina Hidrelétrica de Santo Antônio (Rondônia). Apesar de 40,5% do potencial hidrelétrico brasileiro estar localizado na Bacia Hidrográfica do Amazonas, a usina com maior potência está localizada nas cidades de Foz do Iguaçu (Paraná) e Cidade del Est (Paraguai): a renomada Itaipu Binacional construída durante 10 anos com 27 bilhões de recursos e com duração prevista de, no mínimo, 200 anos, gerando 14 mil megawatts de potência. “É a maior geradora de energia limpa e renovável do planeta, tendo produzido mais de 2,5 bilhões de MWh desde o início de sua operação até o final do ano de 2016”- site da usina, responsável por 15% da energia utilizada no Brasil e 86% da energia utilizada no Paraguai.

O Brasil é considerado uma referência internacional por ter tal fonte renovável como principal matriz de energia elétrica enquanto a energia mais utilizada no mundo é a energia a partir do combustível fóssil não renovável: o carvão. Segue tabelas de comparação da matriz energética (%) brasileira com a matriz energética (%) mundial no ano de 2016 (Brasil, 2017).

**Gráfico IV- Comparação da matriz energética (%) brasileira com a matriz energética (%) no mundo no ano de 2016 em ktep (kilo toneladas equivalentes de petróleo) e gWh (gigawatts/hora).**



Fonte: Brasil (2017, págs. 4 e 5).

### 3.3.2 Energia Eólica

A energia eólica vem se destacando como uma fonte renovável e ilimitada, pois depende de uma fonte inesgotável da natureza: o vento. Segundo Aquila (2015), se destaca das demais com seu crescimento apontado em países desenvolvidos e em países emergentes. Uma grande vantagem deste tipo de fonte está relacionada ao fato de sua geração elétrica ser contínua e instantânea, tendo em vista que a quantidade de energia produzida está diretamente relacionada à densidade do ar, área coberta, rotação das pás e densidade do vento (Aneel, 2005). Outro ponto importante a ser mencionado é o fato de haver sistemas para ser colocados em domicílio, ajudando na descentralização da energia (IEA, 2007).

Os sistemas eólicos têm um impacto direto sobre a fauna quando instalados nas rotas de migração de pássaros, fazendo com que os mesmos colidam contra as turbinas levando-os à morte. Apresentam alta poluição sonora, a partir dos ruídos de origem mecânica ou aerodinâmica, apesar dos níveis deste já terem diminuído consideravelmente e modificam a circulação padrão do ar, podendo afetar o clima do local (INATOMI; UDAETA, 2005).

Uma desvantagem amplamente divulgada da instalação de usinas eólicas é o grande impacto visual que as mesmas causam, a partir da obstrução de paisagens e formação de sombras, sendo esse um problema que deve ser calculado principalmente nas fazendas eólicas perto de áreas habitadas. Também deve-se atentar ao fato das turbinas refletirem ondas eletromagnéticas que interferem em sistemas de comunicação como transmissões televisivas. (INATOMI; UDAETA, 2005)

Além dos pontos apresentados anteriormente, sabe-se que a tecnologia eólica ainda tem um custo relativamente elevado e um aproveitamento relativamente baixo, porém estes fatores podem ser superados a partir do desenvolvimento da tecnologia em questão (AQUILA, 2015).

Desde o início da década de 90, a energia eólica vem sendo utilizada como complementar à geração elétrica convencional em países altamente desenvolvidos economicamente, principalmente, a partir de subsídios governamentais. No Brasil, a instalação do sistema em questão é proporcionada principalmente pela iniciativa privada (GONÇALVES, ALMEIDA; 2018). Segundo o Banco de Informações de Geração da Agência Nacional de Energia Elétrica atualizado em 13/03/2019, existem 604 empreendimentos eólicos em operação no Brasil somando um total de

14.832.793 de potencia instalada o que corresponde a 9,06% da matriz energética brasileira.

### **3.2.3 Energia Solar Fotovoltaica**

No ano de 1839, Edmond Becquerel relatou o efeito fotovoltaico ao imergir eletrodos em um líquido condutor fazendo com que os elétrons gerados sejam transferidos entre bandas de valência diferentes causando uma tensão elétrica entre os mesmos. A partir de tal efeito, os módulos, ou painéis, solares fotovoltaicos, que são constituídos de materiais semicondutores, convergem diretamente a radiação solar em eletricidade a partir da interação solar com o material semicondutor criando, assim, uma movimentação de elétrons e, conseqüentemente, uma diferença de potencial (ABINEE,2012).

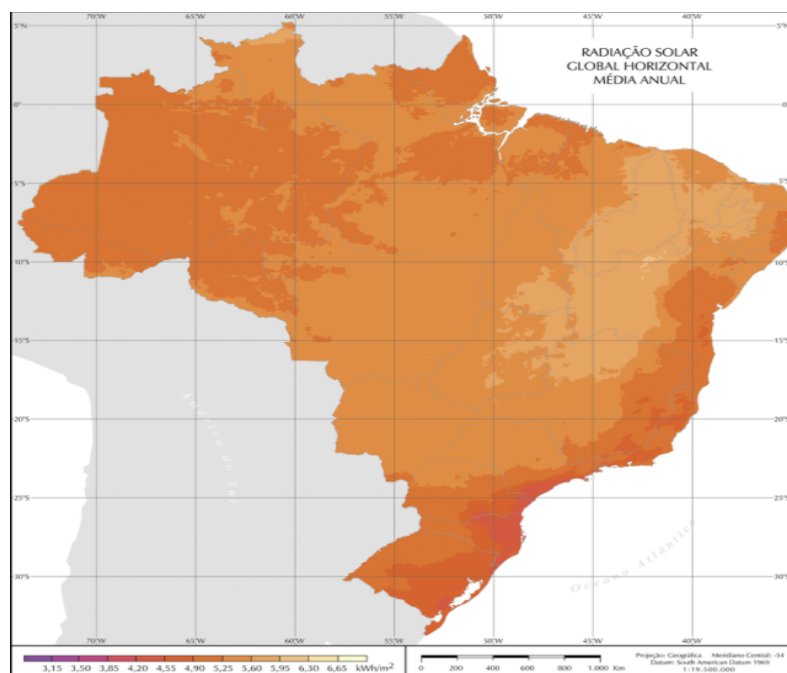
EPE (2016), afirma que o fato do Brasil estar localizado em uma área na qual os raios solares incidem verticalmente fazendo com que os níveis de irradiação no país sejam elevados é uma vantagem para a geração da energia solar fotovoltaica no país. Segundo o Atlas Solarimétrico do Brasil (2000), o Nordeste, tem valores de radiação diária comparáveis às melhores regiões do mundo como Dongola no deserto do Sudão. O mesmo afirma que a radiação solar no Brasil varia entre 8 a 22 MJ/M<sup>2</sup>/dia (mega-joules por metro-quadrado por dia).

Segundo o Ambiente Energia (2019), apesar da alta incidência solar e grande período de seca do Distrito Federal, o mesmo se encontra em 15º lugar do ranking das unidades federativas que investem no setor de energia solar fotovoltaica, fator resultante do alto custo do sistema e da falta de subsídios e financiamentos. Hoje, o Distrito Federal conta com 771 consumidores gerando a própria energia e uma potência instalada de 10,18 mw, o que representa 2% da energia instalada em território brasileiro. Um estudo realizado pela Universidade de Brasília em parceria com a WWF e Absolar indica que, se apenas 12% dos imóveis da capital fossem cobertos de painéis solares fotovoltaicos, a cidade inteira seria abastecida de energia. Rütther (apud TORRES, 2012), afirma que seriam necessários apenas 0,045% da área total do Brasil em painéis fotovoltaicos para gerar a energia consumida no Brasil em 2010.

Projeções apresentadas pela EPE (2015) apontam que no ano em que o artigo foi escrito a energia proveniente do sol em território brasileiro totalizaria 137 MW. Segundo os mesmos, tal projeção cresceria aproximadamente 10% até o ano

2050. Segundo a WWF (2016), o DF possui uma média de irradiação anual de 5,8kWh/m<sup>2</sup> acima da média nacional.

**Figura II: Radiação Solar Global Horizontal Média Anual**



Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar (2006)

A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, visando o debate dos dispositivos legais que tratam da conexão da geração distribuída de porte na rede de distribuição, promoveu em 2010 uma Consulta Pública, número 15/2010, e em 2011 uma Audiência Pública, número 42/2011. No dia 17 de Abril de 2012, publicou-se a Resolução Normativa número 482 visando estabelecer as condições gerais para o acesso de microgeração distribuída (potência instalada menor ou igual a 75 kW) e minigeração distribuída (potência instalada entre 75 kW e 5 MW) aos sistemas de distribuição e de compensação de energia elétrica tornando, assim, possível que o consumidor brasileiro gere a sua própria energia.

No dia 24 de Novembro de 2015, após o acompanhamento da implantação da resolução mencionada previamente, a mesma Agência publicou uma segunda resolução normativa, número 687, com o objetivo de aprimorar a resolução número 482. Tais resoluções são de suma importância para o investidor da área de energia elétrica e suas principais contribuições serão citadas nesta parte do artigo.

Um consórcio, segundo a Associação Brasileira de Administradores de Consórcios (2019), é “a modalidade de compra baseada na união de pessoas –

físicas ou jurídicas – em grupos, com a finalidade de formar poupança para a aquisição de bens móveis, imóveis ou serviços” enquanto cooperativa, segundo a Central de Cooperativas e Empreendimentos Solidários (2019), é um “empreendimento econômico sem fins lucrativos, que visam a satisfação das necessidades econômicas dos trabalhadores, produtores ou consumidores, que são seus cooperados”.

A geração distribuída, segundo o Caderno Temático de Micro e Minigeração Distribuída – ANEEL – 2º Edição, se dá por um grupo de consumidores, em forma de cooperativa ou consórcio, detentor de unidade consumidora em local diferente das unidades onde a energia é produzida.

Ainda segundo a fonte, alguns benefícios da utilização da geração distribuída são a postergação de investimentos em outras fontes energéticas, o baixo impacto ambiental, a melhoria no nível de tensão da rede e a diversificação da matriz energética. Apontam-se algumas desvantagens como o aumento da complexidade de operação da rede e a dificuldade na cobrança pelo uso do sistema elétrico.

No Brasil, são regulamentados dois tipos de geração distribuída para a energia solar fotovoltaica: micro e mini. Ambas, segundo o Caderno Temático de Micro e Minigeração Distribuída – ANEEL – 2º Edição, são caracterizadas pela produção de energia elétrica a partir de pequenas centrais geradoras conectadas à rede da distribuidora estatal (a Concessionária de Energia de Brasília – CEB- no caso do Distrito Federal), por meio de instalações de unidades consumidoras.

O autoconsumo remoto, por outro lado, são unidades consumidoras de mesma titularidade, em forma de condomínio ou consumidores individuais, que possuem unidade consumidora dentro da mesma área de concessão. Se houver energia excedente, a mesma é compensada.

Foi regulamentado também um sistema de compensação de energia elétrica, conhecido universalmente como *net metering* que pode ser definido como um sistema no qual a energia produzida por unidades consumidoras de microgeração ou minigeração não utilizada pelas mesmas no momento da produção é injetada na rede elétrica da distribuidora local e cedida à distribuidora como empréstimo gratuito e pode ser utilizada pelo administrador da unidade consumidora como créditos da mesma quantidade de kWh em um prazo de sessenta meses. Nascimento (2014) explica a necessidade da compensação de



créditos quando afirma que a célula não armazena energia elétrica, o fluxo de elétrons se mantém apenas enquanto o sol incide sobre as placas. Sendo assim, a conta de energia mensal do cliente da Companhia Energética de Brasília, CEB, se daria pela subtração entre a energia utilizada da rede elétrica e a energia injetada na rede elétrica. Entende-se que a conta de energia mensal inclui encargos como o custo mínimo de disponibilidade e eventuais bandeiras, ou seja, mesmo que as placas produzissem exatamente a quantidade de energia elétrica que o ser humano em questão utilizasse, seria impossível, pelas leis em vigência no momento, que a sua conta de energia chegasse a zero.

O Sistema de Compensação é auxiliado por um Sistema de Medição Bidirecional: a medição é realizada por dois medidores unidirecionais nos quais um deles afere a energia elétrica consumida e o outro afere a energia elétrica gerada. No caso de microgeração distribuída, a distribuidora é responsável por adquirir, instalar, operar e dar as devidas manutenções ao sistema de medição enquanto no caso da minigeração distribuída, a distribuidora deve ser ressarcida de quaisquer gastos com o sistema em questão.

Os procedimentos para viabilização de acesso do sistema fotovoltaico à rede pública começam com um requerimento formulado pelo consumidor contendo o Formulário de Solicitação de Acesso para micro ou minigeração distribuída determinado em função da potência requisitada. Após o recebimento do requerimento, o prazo que a distribuidora tem para a emissão de um parecer de acesso informando as condições de acesso e os requisitos técnicos é de 15 dias para microgeração distribuída e de 30 dias para minigeração. No caso de um consumidor de um sistema de geração distribuída que aluga um terreno pagando em reais por unidade de energia elétrica, o mesmo não está apto a ser incluído no sistema de compensação. Ressalta-se que o custo de reforço dos sistemas de distribuição de microgeração distribuída é responsabilidade da distribuidora local, enquanto o mesmo custo, para microgeração compartilhada ou minigeração distribuída, é de responsabilidade do consumidor.

O pagamento mínimo de uma unidade consumidora integrante do sistema de compensação de energia elétrica à distribuidora se dá pelo custo de disponibilidade para os consumidores de baixa tensão ou a demanda contratada para os consumidores de alta tensão. O titular da unidade consumidora onde se encontra instalada a microgeração ou minigeração distribuída deve definir o percentual da energia que será destinado a cada unidade consumidora. Os

impostos pagos por indivíduos que produzem a sua própria energia a partir da fonte solar fotovoltaica são: ICMS E PIS/COFINS.

- O ICMS, Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços, desde o dia 22 de Abril de 2015, a partir da publicação, por parte do Conselho Nacional de Política Fazendária, CONFAZ, do Convênio ICMS 16, declarou-se que a alíquota do referido imposto incidirá apenas sobre a diferença entre a energia produzida e a energia consumida por mês. Ressalta-se que, por se tratar de um tributo Estadual, não foram todos os estados brasileiros que, assim como o Distrito Federal, aderiram ao Convênio.
- O PIS/COFINS, Programa de Integração Social e Contribuição para o Financiamento de Seguridade Social, é um imposto federal, ou seja, vale igualmente para todos os estados brasileiros. A partir da publicação da Lei número 13.169/2015 no dia 06 de Outubro de 2015, a incidência do imposto passou a ser, também, somente sobre a diferença positiva entre a energia gerada pela unidade consumidora e a utilizada.

Um sistema solar fotovoltaico, segundo Dassi et al. (2015 apud. Rosa, 2007), é formado por um conjunto de módulos fotovoltaicos que produzem tensão elétrica em seus terminais, um regulador de tensão, um sistema de armazenamento e um inversor responsável pela conversão de corrente contínua em corrente alternada.

Segundo Ghizoni (2016 apud Solar, 2016), os painéis solares fotovoltaicos são compostos por: moldura de alumínio, vidro temperado especial projetado para deixar o máximo de luz atravessá-lo, células fotovoltaicas juntamente com contatos elétricos que transmitem o fluxo de elétrons, dois encapsulantes entre as células visando protegê-las do envelhecimento, uma caixa de junção e um backsheet, que é a camada traseira da célula atuando como responsável pela proteção dos componentes internos e como isolante elétrico. O material semicondutor mais utilizado na produção dos módulos é o Silício pelo fato do alto domínio de sua tecnologia e sua abundância no planeta (CHIVELET, 2010).

Segundo Dantas; Pompermayer (2018), os Inversores de frequência são uns dos principais componentes do sistema e são responsáveis por transformar a corrente contínua gerada pelas placas solares fotovoltaicas em corrente alternada para que possa ser usada pelos aparelhos elétricos. Ainda segundo os autores, o quadro de proteção de corrente contínua dos sistemas é conhecido como *stringbox* e é responsável por protegê-los de eventuais distúrbios elétricos.

Apesar de haverem muitas dúvidas sobre a logística reversa dos sistemas solares, Silva, Shayani e Oliveira (2018 apud Desideri et. Al., 2012) afirmam que novas tecnologias menos agressivas de módulos fotovoltaicos estão sendo desenvolvidas podendo, em sua maior parte, ser reciclados resultando na redução dos impactos ambientais e nos custos de produção. As partes que, atualmente, já podem ser recicladas são: o vidro protetor, a estrutura de alumínio, o material semicondutor ativo e o metal dos eletrodos.

Segundo Santos (2009), a tecnologia fotovoltaica se apresenta como a tendência ideal para a geração de energia pelo fato de ser inesgotável, renovável não poluente e com possibilidade de geração distribuída. A energia solar fotovoltaica, assunto alvo do presente trabalho, destaca-se dentre as fontes de energia renováveis pelo fato de ter a possibilidade de ser produzida em domicílio, e de não utilizar combustíveis fósseis, reduzindo, assim, gases agentes do efeito estufa e auxiliando na preservação do meio ambiente. Rütther (2004) afirma, ainda, que a tecnologia em questão é obtida de maneira estática, silenciosa e necessita de manutenção mínima, como por exemplo a limpeza dos painéis.

Segundo Viana (2018), o investimento em geração fotovoltaica apresenta-se como lucrativo pois, apesar dos altos custos no Brasil, seus retornos a longo prazo podem ser superiores a aplicações financeiras. Uma vantagem dos consórcios, é que, segundo Dantas; Pompermayer (2018), o custo unitário de um sistema fotovoltaico por unidade de potência (watt-pico), fica mais barato à medida que a capacidade de geração aumenta. Em outras palavras, é mais vantajoso para diversas pessoas construírem juntas uma usina do que cada uma individualmente. De acordo com o estudo apresentado por Silva, Shayani e Oliveira (2018), apesar de todas as fontes de energia renováveis conhecidas atualmente causarem algum tipo de impacto no meio-ambiente, a causadora de menor impacto é a Solar Fotovoltaica. Os autores explicam que seus impactos ambientais negativos estão relacionados, em maior parte, à produção e descarte das células fotovoltaicas o que, atualmente, já tem tecnologias menos agressivas.

Uma vantagem dos consórcios, é que, segundo Dantas; Pompermayer (2018), o custo unitário de um sistema fotovoltaico por unidade de potência (watt-pico), fica menor à medida que a capacidade de geração aumenta. Em outras palavras, é mais vantajoso para diversas pessoas construírem juntas uma usina do que cada uma individualmente.

Ghizoni (2016 apud., Monier 2011) afirma que uma das maiores desvantagens da energia solar fotovoltaica tem a ver com a logística reversa dos sistemas. Se o descarte e o tratamento não forem adequados, pode ocasionar impactos negativos associados à lixiviação de chumbo e cádmio, e à perda de recursos convencionais, como vidro e alumínio, e metais raros, como prata e germânio.

O descarte inadequado pode causar graves danos à saúde humana pelo fato de a lixiviação do chumbo, metal presente em módulos fotovoltaicos de silício, em contato com o corpo humano pode causar impactos negativos no sistema nervoso, imunológico, reprodutor, cardiovascular e no funcionamento renal. Já em contato com o ecossistema, o metal pode causar perdas na biodiversidade, diminuição das taxas de reprodução em plantas e animais e efeitos neurológicos em vertebrados (GHIZONI, 206 apud. MONIER, 2011). Com relação ao alumínio e vidro, a maior problemática é a perda dos materiais.

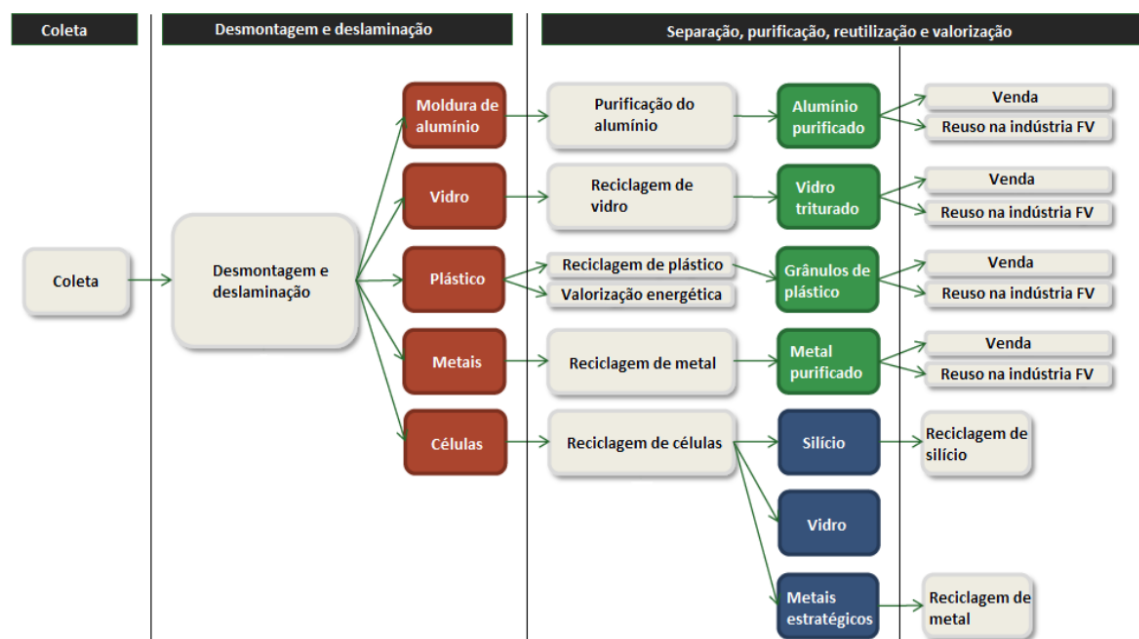
A União Europeia já tem medidas regulamentares para a gestão de resíduos de módulos fotovoltaicos classificando-os como Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos enquanto os outros países ainda classificam-no como resíduo geral ou resíduo industrial. Em 2014, a nova Diretiva REEE 2012/19/UE entrou em vigor e aderiu a gestão de resíduos de módulos fotovoltaicos fazendo com que todos os países da União Europeia sejam responsáveis por estabelecer um regime de coleta e tratamento para os módulos. A Diretiva estabelece metas de coleta, recuperação e reciclagem dos resíduos que sobem a cada ano (GHIZONI, 2016).

Visando evitar que tal solução energética vire um problema ambiental, Ghizoni (2016) propõe a reciclagem fazendo com que tais materiais funcionem como matéria prima na cadeia produtiva gerando economia e evitando o desperdício dos mesmos. A autora apresenta alguns fatores que podem viabilizar uma proposta de implantação de um sistema de tratamento para a gestão de resíduos de módulos fotovoltaicos no Brasil viabilizando a criação de novos negócios e a geração de empregos no Brasil. São eles:

- Localização: as fábricas de reciclagem devem estar próximas às usinas geradoras de energia solar fotovoltaica reduzindo custos de transporte;
- Viabilidade econômica: deve considerar a valorização econômica dos produtos reciclados.

- Existência de mão de obra qualificada: garante o aproveitamento adequado dos produtos;
  - Legislação: deve ser criada uma nova legislação classificando os resíduos fotovoltaicos como Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos.
- Ghizoni (2016) ainda faz uma análise de tecnologias de reciclagem, separação dos módulos em partes homogêneas e reutilizáveis dentre suas frações. Nas imagens abaixo, apresento as etapas de reciclagem dos componentes solares fotovoltaicos e algumas opções de destinações dos mesmos.

**Figura III- Etapas de reciclagem dos componentes solares fotovoltaicos**



Fonte: Ghizoni (2016, apud Bazin F.; Billard Y.; Lacroix O.; 2012)

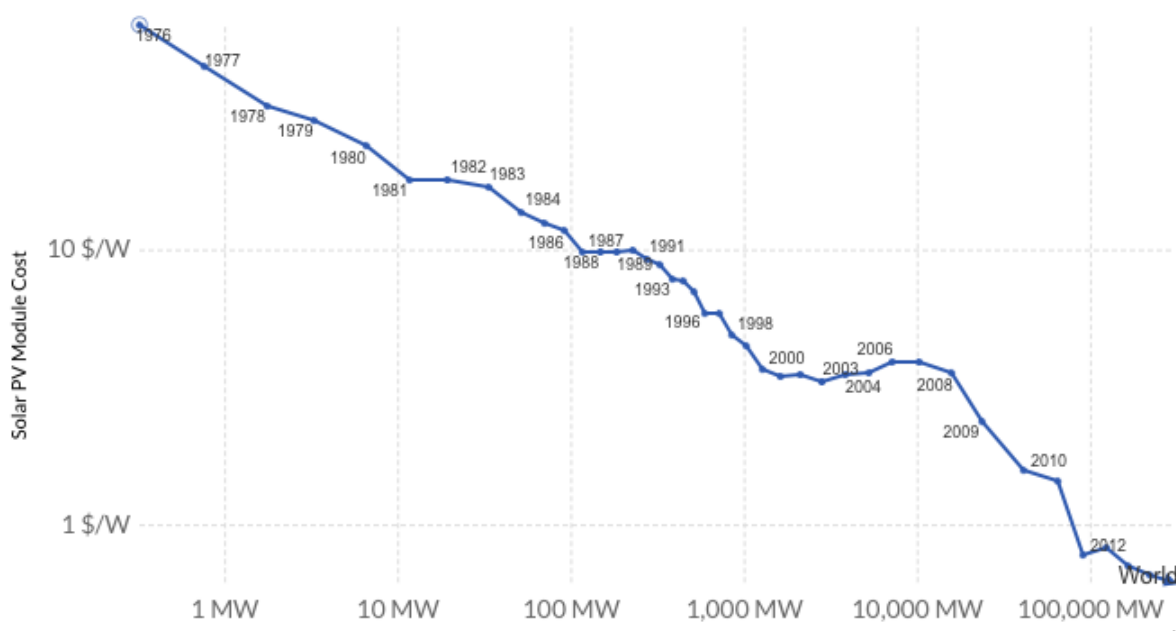
**Quadro I- Opções de destinação dos componentes solares fotovoltaicos**

Componente	Reciclagem e valorização
Vidro	Indústria de vidro/Indústria FV Indústria de lã de vidro Construção
EVA	Reutilização na indústria química Recuperação de energia da incineração
Semicondutor (1ª geração)	Wafer com eficiência suficiente para produção de células FV Reutilização na indústria FV como semicondutor Utilização como agregados para forno de fundição metalúrgica
Semicondutor (2ª geração)	Reutilização com seu nível de pureza original Fabricação de novas células FV
Metais estratégicos	Reutilização com seu nível de pureza original
Alumínio	Reutilização com seu nível de pureza original

Fonte: Ghizoni (2016, apud Bazin F.; Billard Y.; Lacroix O.; 2012)

Apesar de a energia advinda do Sol ser a mais abundante entre as renováveis, seus custos por kW, até o momento, são os mais altos devido principalmente ao custoso processo de fabricação do sistema em questão. Por outro lado, apesar de os preços de tal forma de geração de energia serem altos, Silveira (2017; apud Farmer; Lafond, 2017) afirma que os avanços tecnológicos recentes e o aumento da produção dos sistemas fizeram com que os preços dos sistemas solares fotovoltaicos no mundo venham caindo.

**Gráfico V- Preços dos painéis solares fotovoltaicos por ano no mundo**



Fonte: Lafond et al. (2017)

No Brasil, os preços vêm caindo significativamente, sendo um dos principais fatores para o crescimento do mercado fotovoltaico. No ano de 2015, a produção mundial chegou à marca de 230 GW, o que significa mais de 40 vezes a produção de 2006 (Schmela, 2016). Apresentam-se abaixo, dois orçamentos de potências semelhantes, de uma das maiores distribuidoras de sistemas solares fotovoltaicos, a ser denominada empresa 01. O primeiro foi recebido no dia 10 de Janeiro de 2018 com o preço total: R\$ 188.279,00 enquanto o segundo foi em 22/02/2019 custando 141.868,00. Em outras palavras, em apenas um ano e 43 dias, o preço abaixou em aproximadamente 20%.

**Tabela II- Comparação entre orçamentos da mesma empresa fornecedora de sistemas solares fotovoltaicos em um intervalo de 408 (quatrocentos e oito) dias.**

Potência: KIT 65.48 KWP - Geração Estimada: 0

QTDE	UNID.	DESCRIÇÃO DO PRODUTO	MARCA	VLR UNITARIO	VALOR TOTAL
205	UN	PAINEL 320W	GCL	R\$ 610,00	R\$ 125.050,00
205	UN	KIT ESTRUTURA FIXACAO P/ COBERT. CERAMICA/FIBROCIMEI	BALFAR	R\$ 85,00	R\$ 17.425,00
2	UN	INVERSOR KSG-32KW TRIFAS 220V 03 MPPT KSTAR		R\$ 18.000,00	R\$ 36.000,00
6	UN	STRING BOX BS-2/1 CC 32A BENY	BENY	R\$ 666,00	R\$ 3.996,00
32	UN	CONECTOR FEMEA MC4 SOLARPRO	SOLARPRO	R\$ 9,50	R\$ 304,00
32	UN	CONECTOR MACHO MC4 SOLARPRO	SOLARPRO	R\$ 9,50	R\$ 304,00
500	MT	CABO FLEX PRETO 06 MM ENERGY	ENERGY	R\$ 5,20	R\$ 2.600,00
500	MT	CABO FLEX VERMELHO 06 MM ENERGY	ENERGY	R\$ 5,20	R\$ 2.600,00

KIT 66.66 KWP			
PRODUTO	QTD	VL UNIT.	VALOR TOTAL
PAINEL SOLAR 330W IMPORTADO	198	R\$ 490,00	R\$ 97.020,00
INVERSOR 60K -380V- 03MPPT C/ WIFI	1	R\$ 23.150,00	R\$ 23.150,00
STRING BOX 4/1 CC 63A	3	R\$ 1.200,00	R\$ 3.600,00
CONJ. CONECTOR MC4	28	R\$ 20,00	R\$ 560,00
CABO SOLAR 6 MM 1000 V VERM	280	R\$ 4,80	R\$ 1.344,00
CABO SOLAR 6 MM 1000 V PTO	280	R\$ 4,80	R\$ 1.344,00
ESTRUTURA DE FIXAÇÃO PARA COBERTURA	198	R\$ 75,00	R\$ 14.850,00
		<b>Total</b>	<b>141.868,00</b>

Fonte: empresa 01.

Segundo Dutra et al. (2013), a energia advinda de fontes não renováveis era a mais utilizada na época, situação que se modifica nos dias atuais sendo confirmada no estudo apresentado pela *German Advisory Council on Global Change* o qual afirma que as energias não renováveis apresentam perspectivas decrescentes de utilização até o ano de 2050. Segundo Jardim (2007), uma fonte de energia é considerada renovável se a mesma se renovar constantemente garantindo a disponibilidade de energia para gerações futuras.

As organizações de energias renováveis vêm ganhando espaço no mercado devido à preocupação da sociedade em torno de questões ambientais, desenvolvimento social e econômico, aumento da competitividade diante da possibilidade de geração descentralizada de energia, volatilidade no preço do combustível fóssil e aumento da demanda energética (LODI, 2011).

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. Junção de clientes reais para a criação de um consórcio de 408,70 kWp (quilowatts pico) e cálculo da potência estimada e quantidade de módulos.

Tabela III- Clientes reais e suas especificações

	Condomínio	Restaurante	Padaria	Bar	Farmácia	Estoquista
Média de kWh/mês	9837	1981	24831	11918	111049	4881
Média de kWh/dia	327,9	66,03	827,7	397,26	3 368,30	162,7
Potência Estimada	62,33	12,55	157,36	75,52	70,01	30,93
Quantidade de módulos	184	46	463	222	206	91
Tarifa de Ilum. Pub.	R\$775,55	R\$40,97	RS\$ 1267,50	R\$40,97	R\$1.067,54	R\$334,20

Fonte: elaborado pelo autor

A média de kWh/mês é discriminada na conta de energia elétrica mensal enviada pela CEB, enquanto a média de kWh/dia foi calculada a partir da divisão da média mensal por trinta, que é o número médio de dias em um mês.

Segundo Figueira (2014), a potência mínima de um sistema solar fotovoltaico sem considerar perdas, é dada pelo consumo de energia diário médio em kWh/dia de um certo estabelecimento dividido pela constante de Horas de Sol Pleno, ou seja, número de horas equivalentes por dia em que a radiação solar permanece constante e igual a 1 kWh/m<sup>2</sup> em sua localidade.

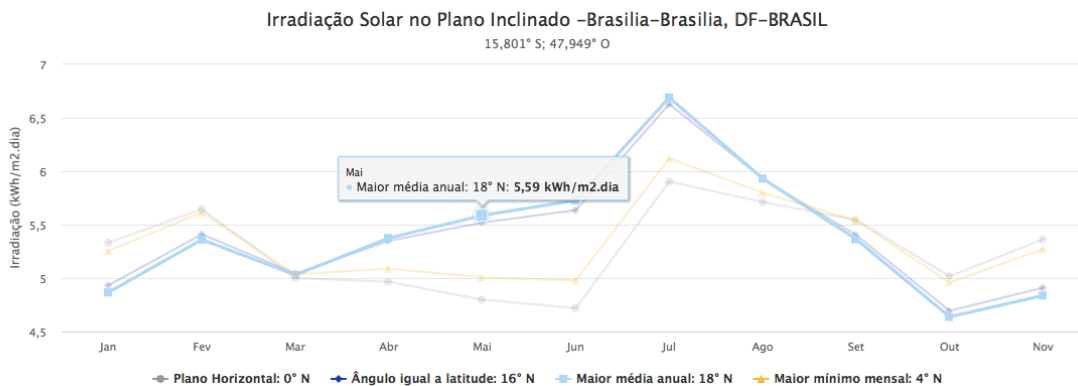
O banco de dados do Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito (2019) apresenta as Horas de Sol Pleno de determinados lugares a partir das suas coordenadas assim como os ângulos com maior incidência solar, ou seja, a melhor angulação para que as placas solares fotovoltaicas sejam posicionadas. O autor afirma que as Horas de Sol Pleno médias em Brasília no ângulo de 18° são de 5,48 kWh/m<sup>2</sup>.dia.



**Figura IV- Horas de Sol Pleno de Brasília**

Estação: Brasília  
Município: Brasília, DF - BRASIL  
Latitude: 15,801° S  
Longitude: 47,949° O  
Distância do ponto de ref. (15,7941° S; 47,8825° O): 7,2 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]													
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
✓	Plano Horizontal	0° N	5,33	5,64	5,00	4,97	4,80	4,72	5,02	5,90	5,71	5,55	5,02	5,36	5,25	1,18
✓	Ângulo igual a latitude	16° N	4,93	5,41	5,04	5,35	5,52	5,64	5,93	6,63	5,93	5,40	4,69	4,91	5,45	1,93
✓	Maior média anual	18° N	4,87	5,36	5,03	5,38	5,59	5,73	6,02	6,69	5,93	5,36	4,64	4,84	5,45	2,05
✓	Maior mínimo mensal	4° N	5,26	5,61	5,04	5,09	5,01	4,98	5,28	6,12	5,80	5,54	4,96	5,27	5,33	1,16



Fonte: Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito (2019)

Sendo assim, a potência necessária para gerar a quantidade de energia utilizada em cada estabelecimento foi calculada a partir da fórmula 01:

$$Potência = \frac{Média\ de\ kWh/dia}{Horas\ de\ Sol\ Pleno} \quad \dots(1)$$

As placas a serem utilizadas pelo sistema em questão serão de 340 watts de potência. Assim sendo, a quantidade de placas é calculada a partir da fórmula 02:

$$Número\ de\ módulos\ fotovoltaicos = \frac{Potência\ estimada\ do\ sistema \times 1.000}{Potência\ dos\ módulos} \quad \dots (2)$$

A multiplicação do numerador pela constante 1.000 (mil) se dá pelo fato da potência estimada do sistema ser em quilowatts e a constante dos módulos ser em watts. Sendo assim, a multiplicação permite que as constantes sejam as mesmas (Watts). Sendo assim, o sistema em questão precisaria de:  $\frac{408.700}{340}$  que, arredondado, seria igual a 1203 (mil duzentos e três) módulos fotovoltaicos.

A tarifa de iluminação pública a ser paga por cliente vem discriminada em suas contas de energia elétrica.

#### 4.2. Capital Asset Pricing Model (CAPM)

Segundo Fama (2007), no ano de 1959, Markowitz propôs um modelo de escolha de carteira admitindo que os investidores sejam avessos ao risco e que escolham carteiras eficientes em “média-variância”, ou seja, que minimizem a variância do retorno da carteira e maximizem o retorno esperado. O modelo propõe

uma previsão da relação entre risco e retorno esperado e identifica carteiras eficientes. Sharpe (1964) e Lintner (1965) acrescentam ao modelo a premissa da plena concordância, ou seja, os investidores concordam a respeito da distribuição dos rendimentos dos ativos dado o preço no qual o mercado fecha, distribuição essa que é usada para testar o modelo. Os autores acrescentam também a premissa de que há concessão de empréstimos à mesma taxa livre de risco para todos os investidores. Surge, então, o modelo CAPM que, segundo Tenani (2016), é “o modelo de referência para a precificação de ativos financeiros”.

A precificação dos ativos pode ser feita de acordo com a fórmula 03:

$$E(R) = R_f + \beta (R_m - R_f) \quad \dots (3)$$

Onde

E(R) – Custo de capital

R<sub>f</sub>- Taxa livre de risco

β- Coeficiente Beta

(R<sub>m</sub> - R<sub>f</sub>) - Prêmio pelo risco de mercado

As variáveis em questão serão explicadas nos próximos tópicos.

Custo de capital – E(R): Segundo Ross et Al. (2013), o custo de capital associado ao investimento é “a taxa de retorno mínima esperada que um investimento deve oferecer para ser atraente”. O custo de capital representa o ponto de equilíbrio entre o investimento e o retorno.

Ativo livre de risco: segundo Junior et. Al (2011), são os ativos com menores riscos de inadimplência pois têm uma exposição reduzida a fatores como inflação e incertezas de longo prazo. Um ativo livre de risco muito utilizado são os títulos governamentais de curto prazo indexados à inflação. Tais ativos são de suma importância para o presente trabalho pois a projeção de suas taxas torna possível a estimativa de retornos para participação de negócios com diferentes níveis de risco.

Taxa livre de risco (R<sub>f</sub>): segundo Junior et. Al (2011), como a taxa livre de risco não é passível de observação direta, a mesma é estimada a partir de diferentes abordagens que podem vir a ter sua “consistência teórico-empírica” questionada a partir do método utilizado pelos autores. A taxa utilizada para os cálculos do presente trabalho foi a taxa de 13,96% calculada por Junior et. Al (2011).

Prêmio pelo risco de mercado ( $R_m - R_f$ ) : Levando em consideração o fato de existirem diversos investimentos com riscos diferentes, o que estimula um investidor a tomar mais riscos é o fato de o risco no mercado ser premiado, ou seja, se uma pessoa aportar seu capital em um ativo de risco, ela almeja um retorno sob o investimento maior do que um ativo sem risco, ou seja, de variância zero. Sabendo que, segundo Ross et Al. (2013), “a razão entre retorno e risco deve ser a mesma para todos os ativos do mercado”, entende-se que quanto maior o risco do ativo, maiores serão os lucros esperados. Os autores afirmam que o prêmio pelo risco de mercado é “o retorno excedente exigido de um investimento em um ativo com risco em relação àquele exigido de um investimento sem risco”.

A taxa utilizada para os cálculos no presente trabalho foi a taxa de 3,35% estimada por Junior et. Al (2011) segundo a abordagem prevista pelo modelo CAPM. A estimativa foi realizada a partir da regressão de uma numerosa amostra das cotações diárias nominais de fechamento entre Janeiro de 1996 e Dezembro de 2008 de ativos com alta liquidez.

Risco não-sistemático: é o risco que afeta apenas um pequeno grupo de ativos, sendo ele exclusivo de ativos individuais (Ross et Al., 2013).

Risco sistemático: é aquele risco que influencia, em diferentes graus, um grande número de ativos tendo altos efeitos no mercado. O risco sistemático, também chamado de risco de mercado, é de suma importância para a determinação do retorno esperado de um ativo (Ross et Al., 2013).

Coefficiente Beta ( $\beta$ ): é o método para medir o nível do risco sistemático de um ativo em relação a um ativo médio que, por definição, tem um beta de 1,0. Como o prêmio pelo risco de um ativo depende apenas de seu risco sistemático, entende-se que quanto maior o beta de um ativo, maior seu risco sistemático e maior o prêmio pelo seu risco (Ross et Al., 2013).

Segundo a BTG Pactual (2017), o Beta de um ativo pode ser calculado a partir da fórmula 04:

$$\beta = \frac{Cov(\text{Retorno do ativo}, \text{Retorno do mercado})}{\sigma^2 \text{Retorno do mercado}} \quad \dots (4)$$

O Beta do presente trabalho será então calculado a partir da série nível

Índice de Energia Elétrica (IEE) e do Índice de Mercado (IBRX) entre Janeiro de 2014 até Março de 2019. Apresento a seguir os dados utilizados para o cálculo.

Os dados em questão foram obtidos a partir da transformação dos índices em questão em variação percentual, ou seja, a partir da fórmula 05:

$$\text{Variação percentual} = \frac{(\text{índice do mês em questão} - \text{índice do mês anterior}) \times 100\%}{\text{índice do mês anterior}} \dots (5)$$

Após encontradas as variações percentuais, subtraiu-se a variação percentual do CDI de ambas visando eliminar a variância do ativo livre de risco da variância do ativo. Após obter os dados, e fazer os cálculos previamente apresentados, estimou-se o Beta em: 0,867088083.

Pelo modelo CAPM, quando o beta é igual a um, o setor tem o mesmo risco que o risco do mercado e quando é menor do que um, os riscos são menores, logo o capital deveria ser remunerado abaixo do mercado.

Como é um investimento para investidores não diversificados, ou seja, supõe-se que o investidor não diversifica os investimentos em energia elétrica, o beta utilizado foi o beta não diversificado, ou seja, dividido pela raiz de R ao quadrado ajustado, variável que representa o quanto do risco do ativo é explicado pelo risco de mercado.

$$\beta \text{ não diversificado} = \frac{IBRX}{\sqrt{R^2}} \dots (6)$$

Logo, o Beta não diversificado utilizado no trabalho é: 1,068811067.

## 5. Resultados

Levando em consideração a fórmula 07:

$$\text{Custo de capital} = \text{Taxa livre de risco} + \text{Beta} \times \text{Premio pelo risco de mercado} \dots (7)$$

O custo de capital do investimento em uma usina solar fotovoltaica seria:

$$E (Ri) = 0,13965 + 1,068811067 * 0,0335$$

$$E (Ri) = 17,55\% \text{ ao ano}$$

A estimativa de custo de capital, indica uma remuneração mínima de 17,55% ao ano para que o projeto seja tido como viável economicamente.

**Tabela IV – Resultados**

Eficiência	Geração	Tarifa	Economia	Custo de capital	Operação e manutenção	Valor Presente da Economia
100%	813.569,33	R\$0,79	R\$642.719,77	R\$ 351.250,49	R\$94.520,76	R\$196.948,52
99,25%	807.467,56	R\$0,79	R\$637.899,37	R\$ 351.250,49	R\$94.520,76	R\$192.128,12
98,51%	801.447,15	R\$0,79	R\$633.143,25	R\$ 351.250,49	R\$94.520,76	R\$187.371,99
97,77%	795.426,73	R\$0,79	R\$628.387,12	R\$ 351.250,49	R\$94.520,76	R\$182.615,86
97,03%	789.406,32	R\$0,79	R\$623.630,99	R\$ 351.250,49	R\$94.520,76	R\$177.859,74
96,31%	783.548,62	R\$0,79	R\$619.003,41	R\$ 351.250,49	R\$94.520,76	R\$173.232,16
95,58%	777.609,56	R\$0,79	R\$614.311,56	R\$ 351.250,49	R\$94.520,76	R\$168.540,30
94,87%	771.833,22	R\$0,79	R\$609.748,25	R\$ 351.250,49	R\$94.520,76	R\$163.976,99
94,16%	766.056,88	R\$0,79	R\$605.184,94	R\$ 351.250,49	R\$94.520,76	R\$159.413,68
93,45%	760.280,54	R\$0,79	R\$600.621,62	R\$ 351.250,49	R\$94.520,76	R\$154.850,37
92,75%	754.585,55	R\$0,79	R\$596.122,59	R\$ 351.250,49	R\$94.520,76	R\$150.351,33
92,05%	748.890,57	R\$0,79	R\$591.623,55	R\$ 351.250,49	R\$94.520,76	R\$145.852,29
91,36%	743.276,94	R\$0,79	R\$587.188,78	R\$ 351.250,49	R\$94.520,76	R\$141.417,53
90,68%	737.744,67	R\$0,79	R\$582.818,29	R\$ 351.250,49	R\$94.520,76	R\$137.047,03
90,00%	732.212,40	R\$0,79	R\$578.447,79	R\$ 351.250,49	R\$94.520,76	R\$132.676,54
89,32%	726.680,12	R\$0,79	R\$574.077,30	R\$ 351.250,49	R\$94.520,76	R\$128.306,04
88,65%	721.229,21	R\$0,79	R\$569.771,08	R\$ 351.250,49	R\$94.520,76	R\$123.999,82
87,99%	715.859,65	R\$0,79	R\$565.529,13	R\$ 351.250,49	R\$94.520,76	R\$119.757,87
87,33%	710.490,09	R\$0,79	R\$561.287,17	R\$ 351.250,49	R\$94.520,76	R\$115.515,92
86,67%	705.120,54	R\$0,79	R\$557.045,22	R\$ 351.250,49	R\$94.520,76	R\$111.273,97
86,02%	699.832,34	R\$0,79	R\$552.867,55	R\$ 351.250,49	R\$94.520,76	R\$107.096,29
85,38%	694.625,49	R\$0,79	R\$548.754,14	R\$ 351.250,49	R\$94.520,76	R\$102.982,88
84,74%	689.418,65	R\$0,79	R\$544.640,73	R\$ 351.250,49	R\$94.520,76	R\$98.869,48
84,10%	684.211,81	R\$0,79	R\$540.527,33	R\$ 351.250,49	R\$94.520,76	R\$94.756,07
83,47%	679.086,32	R\$0,79	R\$536.478,19	R\$ 351.250,49	R\$94.520,76	R\$90.706,94
82,84%	673.960,83	R\$0,79	R\$532.429,06	R\$ 351.250,49	R\$94.520,76	R\$86.657,80

Fonte: o autor

Segundo Dantas; Pompermayer (2018), um sistema solar fotovoltaico pode durar mais do que 25 anos, perdendo aproximadamente 20% de sua eficiência inicial nesta data. Assim sendo, os cálculos foram feitos para uma usina em 25 anos com perda de eficiência na geração de 0,75% ao ano.

A geração da usina em questão pode ser calculada de acordo com suas placas. As placas de 340 Watts da Canadian, segundo a fabricante, têm uma eficiência de 17,49% e uma área de 1,96 metros quadrados. Ao se multiplicar os dados anteriores por 5,48 kWh/m<sup>2</sup>.dia, ou seja, Horas de Sol Pleno médias em

Brasília no ângulo que se pretende construir a usina, tem-se a produção de kWh por placa por dia. Ao se multiplicar o resultado obtido por 365, ou seja, quantidade de dias em um ano, e por 1.203, quantidade de módulos que pretende-se colocar, tem-se a geração anual da usina. A tarifa paga por kWh foi retirada da empresa CEB no mês Março/2019, e, assim como a operação e manutenção, não foi recalculada a fim de se obter o Valor Presente da economia.

A economia se dá pela geração do ano multiplicada pela tarifa do mês, enquanto o custo de capital foi calculado como sendo 17,55% do investimento inicial, que seria em torno de R\$2.001.427,32.

A operação e manutenção (O&M – fórmula 08) pode ser sumarizada pela contabilização de todos os custos anuais necessários à garantia de funcionamento adequado, assim como da prevenção da depreciação.

$$O\&M = (Soma\ das\ tarifas\ de\ iluminação\ pública + Imposto\ Territorial\ Rural + Alar\me\ Mensal + Aluguel\ Terreno + Manutenção) \times 12 \quad \dots (8)$$

O Valor Presente Líquido das economias realizadas segundo Souza (2003, p. 74), pode ser definido como "a diferença entre o valor presente das entradas líquidas de caixa associadas ao projeto e o investimento inicial". Em outras palavras, seria a diferença do valor presente das entradas subtraído do valor presente das despesas. Silva e Fontes (2005), afirmam que quanto maior o VPL, mais economicamente viável seria o projeto. O Valor Presente Líquido do atual trabalho indica a adequação econômica do modelo em questão. Os autores apresentam o cálculo 09 para a mensuração do VPL de um projeto:

$$VPL = \sum_{j=0}^n R_j (1 + i)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j (1 + i)^{-j} \quad \dots (9)$$

Onde:

R<sub>j</sub> = valor atual das receitas;

C<sub>j</sub> = valor atual dos custos;

i = taxa de juros;

j = período em que as receitas ou custos ocorrem;

n = número de períodos ou duração do projeto.

Após os cálculos, estima-se o Valor Presente Líquido da Economia do projeto em:

R\$ 3.644.205,54 após remunerar o capital investido anualmente em 17,55%.

## **5. CONCLUSÃO**

O presente estudo teve como objetivo analisar, a partir do método do Fluxo de Caixa Descontado a estrutura econômico-financeira de consórcios solares fotovoltaicos como forma alternativa de investimento. A partir da comparação entre diversas formas de geração de energia, a solar fotovoltaica mostrou-se a menos danosa ao meio ambiente e com um alto potencial no Brasil.

O consórcio, formação de poupança para obtenção de bens ou serviços, mostrou-se mais vantajoso pelo fato de o preço ser inversamente proporcional à potência adquirida, além de ser uma forma de produção regulamentada pela Agência Nacional de Energia Elétrica.

A economia foi calculada a partir do valor médio em kWh de energia a ser produzido na usina, multiplicado pela tarifa de R\$ 0,75/kWh que não foi reajustada visto que comparação do modelo de negócio é feita em valor presente.

Foram subtraídas as operações e manutenções e o custo mínimo de disponibilidade, que, como explicado na legislação, deve continuar sendo paga mesmo quando o indivíduo não utiliza a energia da concessionária. O método utilizado para comprovar a viabilidade do investimento foi o CAPM, modelo de precificação de ativos financeiros a partir de certas variáveis.

Foram encontradas evidências favoráveis ao aporte de capital em cooperativas solares considerada uma remuneração mínima de 17,55% sobre o capital investido.

## **6. SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS**

Aplicação da economia mensal da usina solar fotovoltaica em investimentos seguros como o Tesouro Direto e identificar o amonte total obtido após vinte e cinco anos, tempo em que a usina estaria produzindo até 75% de sua potência instalada no momento inicial.

## 7. REFERÊNCIAS

AQUILA, G. Análise do impacto dos programas de incentivos para viabilizar economicamente o uso de fontes de energia renovável. [Dissertação]. Itajubá: Universidade Federal de Itajubá, 2015.

ABINEE - Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira. [S.l.], p. 1-176, 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Energia Eólica**. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/energia\\_eolica/energia\\_eolica.htm](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/energia_eolica/energia_eolica.htm). Acesso em: 19 abr. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 687, DE 24 DE NOVEMBRO DE 2015**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>. Acesso em: 3 mai. 2019.

ALMEIDA, Odair Dias Gonçalves E Ivan Pedro Salati De. A energia nuclear e seus usos na sociedade. **Ciência Hoje**, [S.L.], v. 37, n. 220, p. 42-44, ago. 2018.

AMBIENTE ENERGIA. **Apesar de alta incidência solar, df produz pouca energia fotovoltaica e oferece boas oportunidades de negócios no setor**. Disponível em: <https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2019/04/alta-incidencia-solar-brasilia-df-produz-pouca-energia-fotovoltaica-oportunidades-trabalho-negocios/35755>>. Acesso em: 07 abr. 2019.

ANEEL, AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA –. **RESOLUÇÃO NORMATIVA No 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012**. **Aneel**, [S.L.], abr./mai. 2019.

ANEEL. **Big- banco de informações de geração**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 17 abr. 2019.



ANTONIOLLI, A. F. et al. Análise de serviço de energia solar fotovoltaica compartilhada no Brasil. **Revista empreender e inovar**, Unifebe, v. 1, n. 1, p. 104-116, 2./nov. 2018.

ASSAD, Leonor. Matriz energética diversificada é opção mais segura para o país. **Ciência e cultura**, São Paulo, v. 63, n. 2, Abr/2011. Disponível em: [http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0009-67252011000200003](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252011000200003)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ADMINISTRADORES DE CONSÓRCIOS. **página inicial**. Disponível em: <https://abac.org.br/>. Acesso em: 3 mai. 2019.

Atlas brasileiro de energia solar / Enio Bueno Pereira; Fernando Ramos Martins; Samuel Luna de Abreu e Ricardo Rütther. – São José dos Campos : INPE, 2006. il. 60p. ; (PAPEL)

Atlas Solarimétrico do Brasil : banco de dados solarimétricos / coordenador Chigueru Tiba... et al.- Recife : Ed. Universitária da UFPE, 2000. 111 p. : il., tab., mapas

AZHAR, S. et al. Building information modeling (BIM): A new paradigm for visual interactive modeling and simulation for construction projects. Proc., First International Conference on Construction in Developing Countries, p. 435–446, 2008. 3.1.1

BANDEIRA, F. De P. M. Aproveitamento da energia solar no Brasil: Aproveitamento e perspectivas.

BTG PACTUAL DIGITAL. **Coeficiente Beta: o que é, como calcular (fórmula) e como usar**. Disponível em: <https://www.btgpactualdigital.com/blog/investimentos/beta-como-calculat>. Acesso em: 14 mar. 2019.

CARVALHO, J. O espaço da energia nuclear no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 293-308, 1 jan. 2012.

CENTRAL DE COOPERATIVAS E EMPREENDIMENTOS SOLIDÁRIOS. **quem somos**. Disponível em: <http://www.unisolbrasil.org.br/>. Acesso em: 3 mai. 2019.

CENTRO DE REFERÊNCIAS PARA AS ENERGIAS SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE S. BRITO. **Potencial solar - sundata v 3.0**. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>. Acesso em: 03 mai. 2019.

COM CIÊNCIA. **A radioatividade e a história do tempo presente\***. Disponível em: <http://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=116&id=1394&tipo=1>. Acesso em: 29 ago. 2018.

CRAVENS, Gwyneth. **Power to save the world: The truth about nuclear energy**. Edição. [S.L.]: Alfred A. Knopf Incorporated, 2007. 439 p.

DANTAS, Stefano Giacomazzi; POMPERMAYER, Fabiano Mezadre. Viabilidade Econômica de Sistemas Fotovoltaicos no Brasil e Possíveis Efeitos no Setor Elétrico. **Instituto de Pesquisa Econômica aplicada**, Rio de Janeiro, mai./2005. Acesso em: 25/05/2019

DASSI, J. A. *et al.* Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica em uma Instituição de Ensino Superior do Sul do Brasil. **XXII Congresso Brasileiro de Custos**, Foz do Iguaçu, Número, 13/11/2015. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3445027/mod\\_resource/content/1/solar%20complemento.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3445027/mod_resource/content/1/solar%20complemento.pdf). Acesso em: 14/11/2018

DUTRA, J. C. D. N.; BOFF, V. Â.; SILVEIRA, J. S. T.; ÁVILA, L. V. Uma Análise do Panorama das Regiões Missões e Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul sob o Prisma da Energia Eólica e Solar Fotovoltaica como Fontes Alternativas de Energia. *Revista Paranaense de Desenvolvimento-RPD*, v. 34, n. 124, p. 225-243, 2013.

DUTRA, R. M. Capítulo 3: Energia Eólica. In: TOLMASQUIM, M. T. (Org.). Alternativas Energéticas Sustentáveis no Brasil. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2004. p.179- 266.

Elétrica pública no Brasil. 1. ed. Florianópolis: UFSC/LABSOLAR, 2004.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Análise de conjuntura dos biocombustíveis ano 2017**. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/publicacoesarquivos/publicacao-167/analise\\_de\\_conjuntura\\_dos\\_biocombustiveis-ano\\_2017.pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/publicacoesarquivos/publicacao-167/analise_de_conjuntura_dos_biocombustiveis-ano_2017.pdf)>. Acesso em: 30 out. 2018.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Potencial dos Recursos Energéticos no Horizonte 2050**. Disponível em: [http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-416/NT04%20PR\\_RecursosEnergeticos%202050.pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-416/NT04%20PR_RecursosEnergeticos%202050.pdf). Acesso em: 7 mai. 2019.

FAMA, Eugene F.; FRENCH, Kenneth R.. O MODELO DE PRECIFICAÇÃO DE ATIVOS DE CAPITAL: TEORIA E EVIDÊNCIAS. **scielo**, Local, v. 47, n. 2, p. 103-118, jun/2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rae/v47n2/v47n2a15.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2019.

Figueira, F. F., 2014. Dimensionamento de um sistema fotovoltaico conectado à rede para alimentar a sala de computação da Escola Municipal Tenente Antônio João. 2014. 54f. Projeto de Graduação em Engenharia Elétrica. UFRJ, Rio de Janeiro.

FILIPPIM, E. S. et al. As perspectivas de atingidos por hidrelétricas: o caso da construção da usina de garibaldi. **Pensamento & Realidade**, [S.L], v. 28, n. 3, p. 47-66, set. 2013.

GALDINO, M. A. E. et al., “O Contexto das Energias Renováveis no Brasil”, In: Revista da DIRENG, pp.17-25, Nov. 2000

GHIZONI, Joana Pauli. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS: ESTUDO SOBRE RECICLAGEM E LOGÍSTICA REVERSA PARA O BRASIL. **Repositório Institucional UFSC** , Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL (GWEC). Annual Market Update 2017. Global Wind Report. Disponível em: <http://www.gwec.net/>. Acesso em: 27/11/2018.

GOLDEMBERG, J. O FUTURO DA ENERGIA NUCLEAR. **Revista USP**, n. 91, p. 6-15, 30 nov. 2011.

GOVERNO DO BRASIL. **Rios e bacias do Brasil formam uma das maiores redes fluviais do mundo**. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/noticias/meio-ambiente/2009/10/rios-e-bacias-do-brasil-formam-uma-das-maiores-redes-fluviais-do-mundo>. Acesso em: 10 out. 2018.  
[http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/9008/aproveitamento\\_energia\\_bandeira.pdf?s](http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/9008/aproveitamento_energia_bandeira.pdf?s) Acesso em: 10 de Novembro de 2018.

IEA. Contribution of Renewables to Energy Security. OECD/IEA, abril, 2007.  
INATOMI, T. A. H.; UDAETA, M. E. M. Análise dos impactos ambientais na produção de energia dentro do planejamento integrado de recursos. USP, São Paulo, Brasil, 2005. Citado 4 vezes nas páginas 12, 16, 17 e 27.

ITAIPU BINACIONAL. **Perguntas frequentes**. Disponível em: <<https://www.itaipu.gov.br/sala-de-imprensa/perguntas-frequentes>>. Acesso em: 06 set. 2018.

JARDIM, C. S. A inserção da geração solar fotovoltaica em alimentadores urbanos enfocando a redução do pico de demanda diurno. 2007. 148 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

JUNIOR, W. G. *et al.* Estimando o Prêmio de Mercado Brasileiro : subtítulo do artigo. **RAC**: Curitiba, v. 15, n. 5, p. 931-954, out/2011. Disponível em: [http://www.anpad.org.br/periodicos/arq\\_pdf/a\\_1237.pdf](http://www.anpad.org.br/periodicos/arq_pdf/a_1237.pdf). Acesso em: 29 mai. 2019.

LIMA, ANDRÉ. PROGRAMA BRASÍLIA SOLAR. **SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE DO DISTRITO FEDERAL**, Brasília, jan. 2016. Disponível em: <<http://www.sema.df.gov.br/wp-conteudo/uploads/2017/09/Minuta-Bras%C3%ADlia-Solar-2016.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

LIMA, Maria Thereza Da Silva Lopes; SOUZA, Marina Corrêa De. Discorrendo Sobre o Uso das Termelétricas no Brasil. **Ciência e natureza**, Universidade Federal de Santa Maria, v. 17, n. 2, p. 17-23, 2015.

LINTNER, John. The Review of Economics and Statistics. **JSTOR**, v. 47, n. 1, p. 13-37, Fev., 1965. Disponível em: [https://www.jstor.org/stable/1924119?seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/1924119?seq=1#page_scan_tab_contents). Acesso em: 21 mai. 2019.

Lodi, Cristiane. Perspectivas para a Geração de Energia Elétrica no Brasil  
MASSOLI, Elma Coelho; BORGES, Fabricio Quadros. Análise das externalidades geradas pela Usina Hidrelétrica de Estreito (MA) e o processo de desenvolvimento. **Desenvolvimento em Questão**, [S.L], v. 12, n. 28, p. 251-278, out./dez. 2014.

Matriz Elétrica do Brasil. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>. Acesso em: 25/10/2018.

MERÇON, Fábio; QUADRAT, Samantha Viz. A Radioatividade e a História do Tempo Presente. **Química Nova na Escola**, n. 19, p. 27-30, abr./2004. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc19/a08.pdf>. Acesso em: 12 set. 2018.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Boletim mensal de energia julho 2018**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/1138787/72198330/07+-+boletim+mensal+de+energia+-+julho+2018+%28pdf%29.pdf/e54d829e-a25b-4959-aebc-5e29586a4ace?version=1.0>. Acesso em: 30 out. 2018.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Renováveis devem manter participação de 43% na matriz energética em 2017**. Disponível em: [http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset\\_publisher/32hlrozmkwwb/content/renovaveis-devemmanter-participacao-de-43-na-matriz-energetica-em-2017](http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hlrozmkwwb/content/renovaveis-devemmanter-participacao-de-43-na-matriz-energetica-em-2017). Acesso em: 30 out. 2018.

NA TRILHA DA ENERGIA. **Vantagens das hidrelétricas**. Disponível em: <http://www.eletrobras.com/elb/natrilhadaenergia/meio-ambiente-e->

energia/services/eletrobras/trilhaenergia/pdfs/vantagens-das-hidreletricas.pdf>.

Acesso em: 05 set. 2018.

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

OWR WORLD IN DATA. **Energy production & changing energy sources.**

Disponível em: <[https://ourworldindata.org/energy-production-and-changing-energy-](https://ourworldindata.org/energy-production-and-changing-energy-sources?utm_campaign=tech%20blog&utm_source=hs_email&utm_medium=email&utm_content=57125259&_hsenc=p2anqtz-8lkupc5lgu0xf518qbxoelwfskxqmf8gs2lfzswy6o6alohtwdkzjfnvws6a3smogsspt9hoqgpmnkyebjv2voysjsq&_hsmi=57125259)

[sources?utm\\_campaign=tech%20blog&utm\\_source=hs\\_email&utm\\_medium=email&utm\\_content=57125259&\\_hsenc=p2anqtz-](https://ourworldindata.org/energy-production-and-changing-energy-sources?utm_campaign=tech%20blog&utm_source=hs_email&utm_medium=email&utm_content=57125259&_hsenc=p2anqtz-8lkupc5lgu0xf518qbxoelwfskxqmf8gs2lfzswy6o6alohtwdkzjfnvws6a3smogsspt9hoqgpmnkyebjv2voysjsq&_hsmi=57125259)

[8lkupc5lgu0xf518qbxoelwfskxqmf8gs2lfzswy6o6alohtwdkzjfnvws6a3smogsspt9hoqgpmnkyebjv2voysjsq&\\_hsmi=57125259](https://ourworldindata.org/energy-production-and-changing-energy-sources?utm_campaign=tech%20blog&utm_source=hs_email&utm_medium=email&utm_content=57125259&_hsenc=p2anqtz-8lkupc5lgu0xf518qbxoelwfskxqmf8gs2lfzswy6o6alohtwdkzjfnvws6a3smogsspt9hoqgpmnkyebjv2voysjsq&_hsmi=57125259)>. Acesso em: 07 mai. 2019.

PORTAL BIODIVERSIDADE BRASIL. **O potencial hidrelétrico brasileiro e a maior usina geradora de energia do mundo.** Disponível em:

<<http://www.usp.br/portalbiodiversidade/?p=7865>>. Acesso em: 05 set. 2018.

PORTAL FGV. **Revisitando o capm.** Disponível em:

<[https://eesp.fgv.br/sites/eesp.fgv.br/files/gvinvest\\_short\\_studies\\_series\\_03.pdf](https://eesp.fgv.br/sites/eesp.fgv.br/files/gvinvest_short_studies_series_03.pdf)>.

Acesso em: 10 abr. 2019.

Programa de Incentivo às Fontes Alternativas. 27/11/2015. Disponível em:

<http://www.aneel.gov.br/proinfa>. Acesso em: 28/11/2018

REIS, Lineu Belico dos. Geração de Energia Elétrica. 2ª Edição. São Paulo: Editora Manole Ltda. 2011.

REIS, Lineu Belico dos. Matrizes Energéticas Conceitos e Usos em Gestão e Planejamento. 1ª Edição. São Paulo: Editora Manole Ltda. 2011.

RODRIGUES, Renan Albuquerque; -, P. M. F. Índios Waimiri-Atroari impactados por tutela privada na Amazônia Central. **Periódicos UFPA: Novos Cadernos NAEA**, Universidade Federal do Pará, v. 17, n. 1, p. 47-73, dez./2005. Disponível em:

[http://philip.inpa.gov.br/publ\\_livres/2014/Rodrigues\\_&\\_Fearnside\\_2014\\_%C3%8Dndios%20Wamiri-Atroari%20impactados%20por%20tutela%20privada.pdf](http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/2014/Rodrigues_&_Fearnside_2014_%C3%8Dndios%20Wamiri-Atroari%20impactados%20por%20tutela%20privada.pdf). Acesso em: 19 out. 2018.

ROSS, S. A. *et al.* **Fundamentos de Administração Financeira**. 9. ed. Porto Alegre: AMGH Editora LTDA, 2013. p. 1-773.

RÜTHER, R. **Edifícios Solares Fotovoltaicos**. 1 ed. Florianópolis: Diretora UFSC, 2004. Disponível em: <https://fotovoltaica.ufsc.br/sistemas/livros/livro-edificios-solares-fotovoltaicos.pdf>

SÁNCHEZ, Marisa; ZUNTINI, Juana I.. Organizational readiness for the digital transformation: a case study research. **Revista Gestão & Tecnologia**, [S.L], v. 18, n. 2, p. 70-92, mai./ago. 2018.

SANTOS, Í. P. D. INTEGRAÇÃO DE PAINÉIS SOLARES FOTOVOLTAICOS EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS E SUA CONTRIBUIÇÃO EM UM ALIMENTADOR DE ENERGIA DE ZONA URBANA MISTA. **UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**, Florianópolis, fev./2009. Disponível em: <https://fotovoltaica.ufsc.br/Dissertacoes/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20final-lsis.pdf>.

SCHMELA, M. Global market outlook for solar power: 2016-2020. Brussels: SolarPower. Europe, 2016. Disponível em: [http://www.solarpowereurope.org/fileadmin/user\\_upload/](http://www.solarpowereurope.org/fileadmin/user_upload/)

SCIELO. **Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: valor presente líquido (vpl), valor anual equivalente (vae) e valor esperado da terra (vet)1**. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0d/rarv/v29n6/a12v29n6.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2019.

SEBRAE. **Cooperativa: o que é, para que serve, como funciona**. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/sites/portalsebrae/bis/cooperativa-o-que-e-para-que-serve-como-funciona,7e519bda15617410vgnvcm2000003c74010arcrd>. Acesso em: 10 abr. 2019.

SHARPE, William F.. CAPITAL ASSET PRICES: A THEORY OF MARKET EQUILIBRIUM UNDER CONDITIONS OF RISK. **wiley online library**, v. 19, n. 3, p. 425-442, September 1964. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1540-6261.1964.tb02865.x>. Acesso em: 21 mai. 2019.

SILVA, L. R. D. J. R; SHAYANI, Rafael Amaral; OLIVEIRA., M. A. G. D. ANÁLISE COMPARATIVA DAS FONTES DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA, HIDRELÉTRICA E TERMELÉTRICA, COM LEVANTAMENTO DE CUSTOS AMBIENTAIS, APLICADA AO DISTRITO FEDERAL. **Congresso Brasileiro de Energia Solar**, Universidade de Brasília, v. 1, n. 1, p. 1-10, dez./2005. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/527>. Acesso em: 6 mar. 2019.

SILVEIRA, L. F. T. D. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS RESIDENCIAIS CONECTADOS À REDE: COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES ABORDAGENS DE DIMENSIONAMENTO. **Universidade Federal do Rio de Janeiro**: Escola Politécnica, Rio de Janeiro, Setembro de 2017. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10021382.pdf>. Acesso em: 13/03/19.

TENANI, Paulo. Revisitando o CAPM: Uma derivação simples do modelo fundamental para precificação de ativos. **GV INVEST**: Short Studies Series, Fundação Getúlio Vargas, Novembro de 2016. Disponível em: [https://eesp.fgv.br/sites/eesp.fgv.br/files/gvinvest\\_short\\_studies\\_series\\_03.pdf](https://eesp.fgv.br/sites/eesp.fgv.br/files/gvinvest_short_studies_series_03.pdf). Acesso em: 25 mai. 2019.

TORRES, Regina Célia. Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais. **Universidade de São Paulo**, São Paulo, 2012. Disponível em: <https://docplayer.com.br/33881871-Regina-celia-torres-energia-solar-fotovoltaica-como-fonte-alternativa-de-geracao-de-energia-eletrica-em-edificacoes-residenciais.html>



UFRGS LUME DIGITAL. **Geração descentralizada de energia através de fonte alternativa**. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/33088>>. Acesso em: 21 mar. 2019.

UNISOL BRASIL. **O que é uma cooperativa?**. Disponível em: <<http://www.unisolbrasil.org.br/o-que-e-uma-cooperativa/>>. Acesso em: 06 mar. 2019.

Utilizando a Tecnologia Solar Térmica Concentrada – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2011.

VEIGA, José Eli Da. **Energia nuclear: do anátema ao diálogo**. [S.L.]: Senac, 2018. 132 p.

VIANA, Rafael Rios. Estudo de Viabilidade Econômica de Micro Geração de Energia Elétrica Fotovoltaica em Brasília: Estudo Multicaso. **Centro Universitário de Brasília**, Brasília, jun./2018.

VICHI, Flavio Maron; MANSOR, M. T. C. Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, abr./2009. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422009000300019](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000300019). Acesso em: 21 mar. 2019.

WWF. **WWF-Brasil e UNB divulgam Potencial de Energia Solar em telhados de Brasília**. Disponível em: [https://www.wwf.org.br/informacoes/noticias\\_meio\\_ambiente\\_e\\_natureza/?55102](https://www.wwf.org.br/informacoes/noticias_meio_ambiente_e_natureza/?55102). Acesso em: 27 mar. 2019.

XAVIER, A. et al. MARCOS DA HISTÓRIA DA RADIOATIVIDADE E TENDÊNCIAS ATUAIS. **Química Nova**, Universidade Estadual de Campinas, v. 30, n. 1, p. 83-90, 30./set. 2018.